



BETTER SHIPS, BLUE OCEANS

Technologieverkenning ondiepe duurzame scheepvaart

Waddenveren voor de toekomst

Rapportnr. : 32951-1-SHIPS
Datum : februari 2021
Versie : 2.0
Definitief rapport

Technologieverkenning ondiepe duurzame scheepvaart

Waddenveren voor de toekomst

MARIN projectnummer : 32959.300
MARIN Project Manager : Ir. J.H. de Jong

Aantal pagina's : 87

Opdrachtgever : Programma naar een Rijke Waddenzee
Ministerie van Landbouw, Natuur en Voedselkwaliteit
Postbus 20401
2500 EK DEN HAAG

Opdracht : Offerteaanvraag, registratienummer INK007084
Reference : PSG-DB / 20173210

Auteurs : A. de Jager, J.H. de Jong en E. Rotteveel

Versie	Datum	Omschrijving
1.0	december 2020	Concept rapport
2.0	februari 2021	Definitief rapport

INHOUDSOPGAVE	PAGINA
1 INLEIDING	1
2 DOEL EN OPZET	2
3 SAMENVATTING, CONCLUSIES EN AANBEVELINGEN	3
3.1 Samenvatting concepten en benodigde innovaties	4
3.2 Conclusies en aanbevelingen	8
4 EXPERT SESSIE VOORBEREIDINGEN	10
4.1 Aandachtspunten	10
4.2 De huidige verbindingen	11
4.3 De bestaande schepen	11
4.4 De toekomstige duurzaamheidseis	12
4.5 De toekomstige bevaarbaarheidseis	13
4.6 De toekomstige ontwerpaspecten	15
5 ROMP HYDRODYNAMICA OVERWEGINGEN	16
6 SUMMARY VAN ONTWERPERS VOORSTELLEN EN INNOVATIES	27
6.1 C-JOB presentatie toekomstige Waddenveren concepten	27
6.2 CONOSHIP-presentatie toekomstige Waddenveren concepten	35
6.3 DAMEN presentatie toekomstige Waddenveren concepten	51
6.4 Van OOSSANEN presentatie toekomstige Waddenveren concepten	60
Bijlage 1: Programma rijke wadden sessie duurzame mobiliteit, donderdag 26 november 2020	74
Bijlage 2: Informatie Projectdeelnemers	75
Bijlage 3 Overzicht bestaande, relevante wadden veren	76

1 INLEIDING

MARIN heeft op 29 juli 2020 opdracht gekregen voor een verkenning van innovatieve scheepvaartoplossingen voor het toekomstig vervoer naar de Waddeneilanden.

Deze opdracht, nr. 14000111033, is verstrekt in het kader van het Programma naar een Rijke Waddenzee. <https://rijkewaddenzee.nl/> Het programma is gevraagd een transitiechets opstellen die laat zien hoe het proces voor de bereikbaarheid er op de lange termijn (2050) uit kan zien. Deze verkenning beoogt bij te dragen aan deze transitiechets.

Het onderwerp van deze verkenning betreft primair de Nederlandse Waddenveren met de ambitie hun invloed op het ecosysteem Waddenzee te minimaliseren (emissieloos en impact-arm). Deze wens staat niet op zich maar volgt uit een integrale visie op de toekomst van het Waddengebied (o.a. Agenda voor de Wadden 2050). Mobiliteit staat ten dienste van de leefbaarheid op de eilanden en daarmee is de uitdaging dus niet uitsluitend technologisch, maar omvat juist een breed samenstel van sociaal maatschappelijke, economische en technologische afwegingen.

In deze verkenning focussen we ons op de technologische uitdaging.

Twee duurzaamheidsaspecten zijn daarbij van groot belang; emissiereducties en vergaande reductie van het baggerbezwaar. De gezochte oplossingsrichtingen binnen deze duurzaamheid en operationele kaders vereisen mogelijke nieuwe concepten waar ook innovatie-opgaven aan (kunnen) zijn verbonden.

In haar offerte heeft MARIN in overleg met de opdrachtgever er voor gekozen deze verkenning in de vorm van een verkenning samen met de industrie uit te voeren in een eendaagse gezamenlijke sessie met ook ruimte voor discussie en aanscherping van de concepten en de daarbij behorende innovaties.

2 DOEL EN OPZET

Doel

Het doel van deze verkenning is bij te dragen aan de 'transitieschets' door inzicht te geven in de mogelijke innovatierichting(en)/-opgave(n) richting overheid en marktpartijen (o.a. concessieverlener en concessiehouders). En daardoor te inspireren, de 'innovatie-mindset' aan te jagen en partijen uit te dagen hierover verder het gesprek aan te gaan en met de innovatiekansen aan de slag te gaan.

De verkenning brengt de mogelijkheden in beeld die door experts intuïtief worden gezien om tot scheepvaartoplossingen te komen die maximaal duurzaam (emissieloos) zijn en de momenteel noodzakelijke baggeractiviteiten (fors) doen verminderen (verminderde impact op de ecologie).

De verkenning leidt niet tot een fysiek ontwerp, ontwerpeisen of iets dergelijks, maar brengt wel een realistische bandbreedte in beeld van (conceptuele) mogelijkheden voor innovatie.

De gepresenteerde onderliggende innovatiegedachten zijn dan ook meer gebaseerd op technische intuïtie vanuit een systemisch perspectief. Dit betekent ook dat de vrijheid is genomen hier in brede zin vormend over na te denken. De verkenning omvat niet de verdere discussie of afweging van maatschappelijke (on)wenselijkheid van (deel)keuzes en beschouwing van economische haalbaarheid. Een nader vervolgproces en onderzoek is hiervoor logischerwijs noodzakelijk.

Opzet

De kern van de opdracht is de verkenning met experts in twee dagdelen van mogelijke concepten en de daarbij behorende innovatieopgaven. Beide dagdelen zijn voorbereid door zowel de MARIN experts als door de genodigde experts. Voor het dagprogramma zie bijlage 1.

De voorbereiding bestaat voor de MARIN experts uit het vooraf opstellen van een aantal (minimaal twee) generieke logistieke concepten passend bij de beoogde veerverbindingen en de inbedding in de verwachte omgevings- en duurzaamheidsontwikkelingen. Tezamen vormen deze ontwikkelingen de ruwe kaders waarbinnen de mobiliteitsconcepten zijn beschouwd. De kaders zijn gebaseerd op de door de opdrachtgever beschikbaar gestelde gegevens en zijn met de opdrachtgever afgestemd. Het resultaat van de voorbereiding is in hoofdstuk 4 samengevat en deels weergegeven in bijlage 2.

Deze ruwe kaders zijn nu zowel door de MARIN experts als door de externe experts gebruikt om meerdere mobiliteitsconcepten in te brengen. De externe experts hebben deze kaders vooraf ontvangen en zijn gebruikt om de concepten te focussen en hierop naar eigen inzicht verder te gaan. Door de experts zijn in teamverband verschillende ideeën ontwikkeld en uitwerkingen gemaakt, waarin soms ook eigen uitgangspunten zijn gekozen die naar hun oordeel bij (kunnen) dragen aan de geformuleerde doelstellingen. In bijlage 2 zijn de contactpersonen en -gegevens opgenomen.

De resultaten van deze concept studies zijn in de genoemde dagsessie gepresenteerd en besproken. De presentaties van de ontwerp bureaus zijn opgenomen in hoofdstuk 6. De MARIN presentatie van hydro-concepten zijn in hoofdstuk 5 weergegeven. Hoofdstuk 3 geeft de samenvatting en conclusies/aanbevelingen.

De besprekingsresultaten zijn opgenomen bij de presentaties waar ook de innovatie vereisten per mobiliteitsconcept apart zijn vermeld.

3 SAMENVATTING, CONCLUSIES EN AANBEVELINGEN

In de voorbereiding is gebleken dat scenario's met betrekking tot de leefbaarheid op de eilanden en het faciliterende vervoer van de inwoners en toeristen en goederentransport (auto's, vracht) van en naar de eilanden nodig zijn.

Het is daarom dat we onderstaande veelal technische conclusies, gevolgd door aanbevelingen in paragraaf 3.2 gerubriceerd hebben onder de kopjes; socio-cultureel, logistiek-economisch en technisch. Waarbij nadrukkelijk gesteld dat opstellers alleen de technische conclusies en aanbevelingen gefundeerd voor hun rekening kunnen nemen.

In onderstaande paragraaf zijn allereerst de gepresenteerde concepten en bijbehorende innovaties/ontwikkelingen kort per indienende partij geschetst. In de hoofdtekst is ook een kort verslag van de discussie van de concepten weergegeven.

3.1 Samenvatting concepten en benodigde innovaties



C-Job presenteert twee concepten: een gewoon deplacementschip en een catamaran in een Surface Effect Ship uitvoering (SES, kruising tussen Catamaran en Hovercraft) of een als draagvleugelboot (Hydrofoil).

AS2-1 Het deplacementschip

Het betreft een schip met vergelijkbare hoofdafmetingen als de Veren naar Ameland maar met zeer geringe diepgang (1.10) en veel onderwatervolume. Gewichtsbesparing maakt getijdeonafhankelijke personenvervoer mogelijk. Autovervoer is getijde afhankelijk. Weinig afvaart beperkingen. Snelheid 10 kn. Basisoplossing voorstuwing is batterij-elektrisch.

Innovatie vereisten

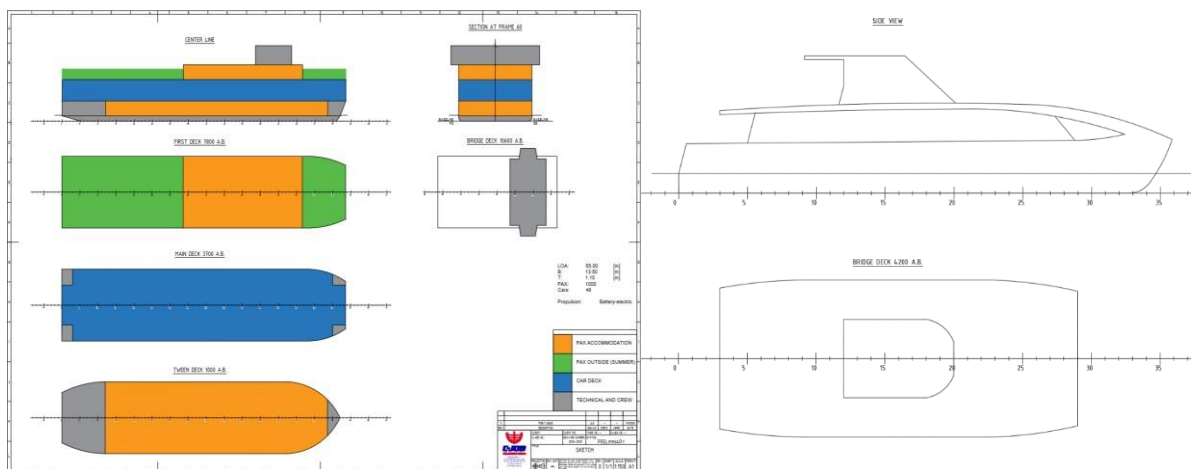
- Gewichtsbesparing van ca. 30 %
- Zuiging en Wash issues

AS2-2 Catamaran (SES of Hydrofoil)

Dit dubbelrompschip is relatief klein met beperkte diepgang (1.00) maar kan energie efficiënt ingezet worden door de snelheid van de bezetting (capaciteitsvraag) af te laten hangen. Max. snelheid 25 kn. Autovervoer kan alleen getijdeafhankelijk op een normaal deplacementschip bv in combinatie met AS2-1. Basisoplossing is batterij elektrisch.

Innovatie vereisten

- Autovervoer afhankelijk van getij.
- Gewichtsreductie
- Geluid en trillingen SES concept



Concept 1

Concept 2



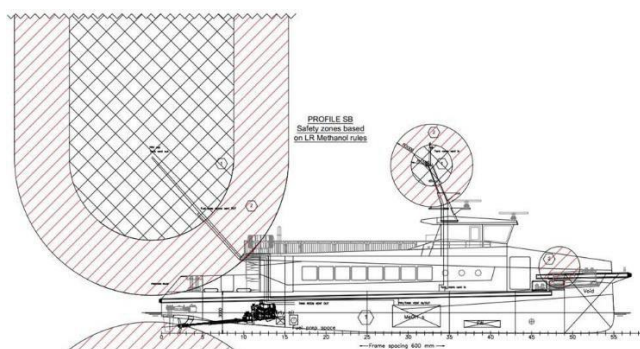
CONOSHIP presenteert een passagiers op TIJD en auto's op TIJ concept. Conoship kiest voor 2029 (beoogde datum nieuwe concessieverlening) ook voor een catamaran met beperkte diepgang en methanol als brandstof voor personenvervoer (en een beetje vracht). Het auto- en vrachtvervoer met een 'normale' double-ended ferry (diepgang 1.60 m) die wel op het tij vaart. Deze ferry is volledig elektrisch voortgestuwd.

In het 2050 voorziet men een volledig zero emissie concept en met een diepgang kleiner dan 1.0 m. Toeristen laten hun auto's dan thuis. Het passagiersvervoer wordt opnieuw een foiling catamaran concept (diepgang 0.9 m) en volledig batterij-elektrisch. Het (beperkter) auto en vrachtvervoer opnieuw met een double-ended ferry met een diepgang van nu slechts 1.20 m.

Daarnaast kan worden gedacht aan de combinatie van de laatste oplossing met de inzet van komberging voorbij de afmeerlocatie in Holwerd om zo de vaargeul door natuurlijke stroming op diepte te houden.

Innovatie vereisten

- Shallow catamaran:
- Foiling/airing
- Accu gewicht
- Groene methanol
- Prijs, rendement en levensduur waterstof



Catamaran op TIJD concept (2029&2050)



Double-ended ferry op TIJ concept (2029&2050) ten behoeve van auto's en vracht.

DAMEN

Damen presenteert drie vervoersconcepten de Waddenshuttle met twee varianten (foiling en Hovercraft), de Waddenbeleving (een deels wind aangedreven) en de Waddentaxi (foiling/flying). Het eerste concept gebruikt intrekbare vleugels onder water (foils) en kan derhalve op zeer ondiep water opereren met grote snelheid (25+kn). Elektrische voortstuwing gevoed door waterstof/methanol. Het alternatief is een stille Hovercraft.

Het tweede concept is een relatief groot, zeilend en deels met kleine roerpropellers aangedreven op tij varend schip, meer geënt op belevingstransport. Opnieuw bedoeld voor passagiers met een beperkte hoeveelheid vracht. Diepgang 1 m.

De Waddentaxi is het derde (foiling) concept en is mede vanwege de volledige automatisering geënt op individueel personenvervoer (max. 12 personen) met fietsen en bagage. Snelheid 30+ kn en volledig elektrisch. Diepgang max. 1 m. Het maakt deels gebruik van concept 1 technologie.

Innovatievereisten

Concept 1&3

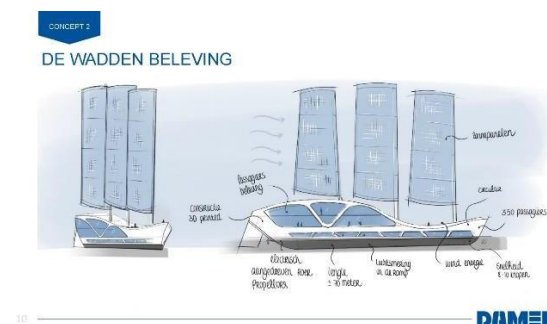
- Intrekbare draagvleugels
- Onderwater straalmotor
- Waterstof energieopslag, alt. Methanol
- Lichtere constructies met biomimicry en 3D printen
- Noise cancelling Hovercraft

Concept 2

- Toepassen windenergie
- Propeller om tegen wind in te varen
- Als er geen wind is, elektrisch
- Gebruik van getij, smart routing



Concept 1



Concept 2&3

Van Oossanen presenteert twee concepten een shallow draft trimaran en een tandem wing-in-ground craft. Beide zijn zero-emissie concepten. Het shallow draft vervoert zowel passagiers als een beperkt aantal auto's (26) en heeft twee kruissnelheden (30/60 km/uur). De hoge snelheid is voor het hoogseizoen. Het wing-in-ground concept paart hoge snelheid aan relatief laag energie verbruik. Het transportmiddel wordt aangemerkt als schip. Door 'varen' net boven water is een directe route mogelijk en baggeren overbodig. Uiteraard kunnen ook makkelijker grotere afstanden overbrugd worden. Het betreft vervoer van personen.

Innovatievereisten

Trimaran Concept Required technologies and innovations

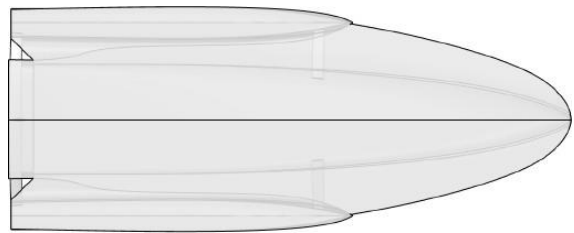
- Further research into optimal hull shape & outrigger positions in combination with adjustable outrigger positions or bow foils,
- Land based hydrogen filling stations,
- Fuel cell technology to be further advanced > lighter and larger capacity,
- On board hydrogen storage.

Wing-in-Ground Effect Required technologies and innovations

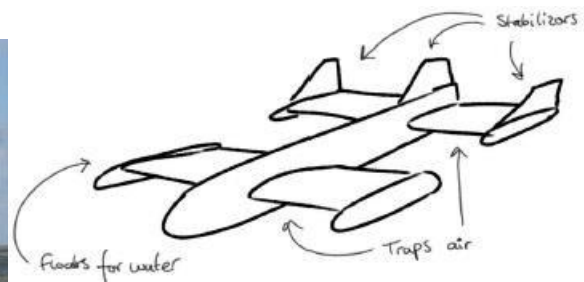
- Land based hydrogen filling stations,
- Fuel cell technology to be further advanced > lighter and larger capacity,
- On board hydrogen storage,
- Rules for high speed travel over the Wadden,
- Take-off and landing facility to further improve efficiency,
- Additional routes if desired.



Concept 1 Trimaran



Concept 2 Wing-in-Ground



3.2 Conclusies en aanbevelingen

Socio-cultureel

- Deze verkenning voor de komende generaties Waddenveren biedt voldoende perspectieven om de gevraagde keuzes op weg naar de **verduurzaming vervoersconcept technisch te kunnen maken**. De deelnemers hebben zich goed ingeleefd en de oplossingsruimte voldoende breed gekozen.
- Dit veronderstelt ook dat belangrijke stappen nodig zijn op weg naar ook een **duurzame context** voor toerisme en forenzen om de duurzame vervoersconcepten te kunnen realiseren. Dit kan door varen als een beleving op te vatten, het (deels) varen op het getij als deel van de natuurlijke identiteit van de Waddenzee en de eilanden te accepteren en toeristen te vragen geen eigen auto mee te nemen.
- Bovenstaande is keuzes maken in welke **waarden** in dit gebied moeten prevaleren (niet alles kan) en welke consequenties dit met zich meebrengt.

Logistiek-economisch

- De gemiddeld lage bezettingsgraad is een belangrijke factor in het relatief hoog gemiddeld energieverbruik van de huidige veren. Het verkleinen van de transportbehoefte (b.v. auto's) en de keuze om **personenvervoer te scheiden van vracht- en autovervoer** creëert ruimte voor concepten die dit sterk verbeteren en emissieloze toepassingen binnen bereik brengen.
- De keuze voor (het deels) **varen op het getij** voor toeristen in piekperioden evenals het vervoeren van vracht op tij creëert eveneens ruimte voor nieuwe concepten die een effectieve inzet van deze (modulaire) schepen het gehele jaar door mogelijk maken.
- Sommige van de voorgestelde concepten vereisen **infrastructurele investeringen** die blijvend waarde toevoegen aan de gestelde ambities.

Technisch

- De aangedragen concepten **voorzien in schone lucht emissies** veelal gebaseerd op bestaande technische ontwikkelingen tussen nu en 2030, tegelijk veronderstellen ze de **beschikbaarheid van de schone brandstoffen en/of elektriciteit** (energiedragers) en de bijbehorende **infrastructuur**. Belangrijke technische ontwikkelingen betreffen brandstofcel en batterij technologie evenals waterstof opslag aan boord, naast de feitelijke beschikbaarheid van de nieuwe energiedragers.
- Ten aanzien van de overige emissies (geluid, trillingen, wash) en de logistiek, nautische inpassing (havens, vaarwegen, hoge snelheid verkeersregels, autonomie) zijn nog belangrijke innovatie stappen te maken. De studies die de kaders hiervoor vastleggen, denk aan acceptabel baggerbezwaar (geuldimensionering), haven- en vaarweggebruik, toelaatbaar geluidsniveau en wash-hinder, dienen als eerste beschikbaar te zijn. Door elektrisch te varen kan het geluid en trillingsniveau (sterk) worden verbeterd.
- **Gewichtsreductie** is bijna in alle concepten een kritieke ontwerpparameter, niet in de laatste plaats vanwege de afhankelijkheid van (batterij)electriciteit in veel oplossingen. Waar waterstof wordt voorgesteld zal de opslag van waterstof of een gewicht of een volume uitdaging veroorzaken, of beide. Verkennende studies zijn noodzakelijk naar zowel de verwachte batterij/waterstof technologieontwikkelingen als naar nieuwe materialen/constructies specifiek voor deze toepassingen.
- Onderzoek naar de haalbaarheid van **hydro/aero foil vormen voor ondiep water**, met intrekbare foils, voorzien van wind en onderwaterstraalaandrijving en voorafgegaan door ondiep water, bi-of trimaranrompvormoptimalisaties is noodzakelijk.

- Aangaande het ingebrachte (MARIN) **outrigger-concept**¹ moet bepaald worden of – ondanks de ongunstige performance – wel of geen betere year-round performance bereikbaar is: bij hoge vraag zijn er géén extra schepen nodig, maar worden bestaande schepen “vergroot”. Dit kan netto een energie- en kostenbesparing opleveren.
- Voor alle ontwerpen geldt dat er rekening gehouden moet worden met de typische **hydrodynamische ondiep water effecten**, en of een schip sub- of superkritisch vaart. Voor welk ontwerp dan ook dient de dynamische trim goed benaderd te worden omdat die verantwoordelijk is voor de uiteindelijke kielspeling tijdens het varen in ondiep water.
- De **integratie van bovengenoemde veelal nieuwe componenten** vereist voor meerdere concepten een geheel nieuw ontwerpproces naast het oplossen van onverwachte integratie opgaven.
- I.v.m. de grote verschillen in bezettingsgraad over het jaar, is verder onderzoek naar een **modulaire uitbreiding van de romp** van een veerboot nodig.

Algemeen

- De bovenstaande noodzakelijke studies naar innovaties en haalbaarheidsontwerpen lijken niet goed te passen bij de huidige vorm van aanbesteding van dergelijke concessies. Temeer daar sommige concepten grote investeringen vereisen die langjarige concessies vragen met daarnaast consequenties voor de nautische zowel als energie infrastructuur.
- Om de verwachte ambities te kunnen bereiken, lijkt een tussenstap nodig waarbij de concessiegever zijn ambities op een realistische en betrouwbare manier kan vormgeven door vooraf meerdere mobiliteitsconcepten tot voorontwerpen te brengen, die de haalbaarheid aantonen, de infrastructurele consequenties beziet, deze publiek maakt, besluit aangaande infrastructuur en daarna op basis van een geselecteerd ontwerp een uitvraag doet.
- De daarvoor uit te voeren studies rondom de noodzakelijke innovaties van verschillende aard dienen deels vooraf uitgevoerd te worden, deels rand voorwaardelijk ingevuld te worden of een onderdeel te zijn van het voorontwerp.

Wageningen, februari 2021
MARITIME RESEARCH INSTITUTE NETHERLANDS

Ir. G. Gaillarde
Head Ships Business Unit

¹ Zie hoofdstuk 5 ad.4.

4 EXPERT SESSIE VOORBEREIDINGEN

In de voorbereidingsfase is het mobiliteitskader ten behoeve van deze verkenning in hoofdlijnen geschetst. Dit is deels gedaan op basis van informatie uit het lopende Programma naar een Rijke Waddenzee. En dit is aangevuld met informatie rondom de huidige veerverbindingen, de fysieke- en sociale omgevingscontext en de (te verwachten) vervoerstromen.

De toekomstige ontwikkelingen van de fysieke- en sociale context zowel als de vervoerstromen zijn moeilijk in te schatten en geen deel van deze studie. Toch zullen de nieuwe vervoersconcepten passend moeten zijn in deze toekomstige veranderende omgeving en inspelen op de gevraagde vervoerstromen. In de onderstaande paragrafen is daarom het ruwe kader deels ingevuld en deels vrijgelaten. Het betreft:

- Definitie van duurzaamheid
- Verwachte baggerscenario's (morfologie)
- Verbindingen
- Afvaart regimes (tij afhankelijk)
- Aard en groei van vervoer
- Reikwijdte vervoersconcept

Deze voorbereidende fase is afgesloten met een gesprek met de opdrachtgever.

4.1 Aandachtspunten

In de gevraagde verkenningen zijn er twee hoofdpunten van aandacht:

1. Het voorkomen van (te veel) baggerwerkzaamheden t.b.v. de doorvaart.
2. Duurzaam transport van en naar de eilanden.

Ad 1: Het baggerwerk neemt de laatste jaren toe en dus ook de daarmee gepaard gaande aantasting van het aquatisch milieu, de luchtkwaliteit en kosten. De uitdaging is dit op termijn sterk te verminderen dan wel helemaal te voorkomen.

Ad 2: De schone energie-inzet vergt andere scheepsontwerpen (of vervoersmodaliteiten) ten behoeve van het milieu. Duurzaam is hier ook op te vatten als reductie van geluid, trillingen en wash².

Alhoewel er verschillende manieren te bedenken zijn om de eilanden te bereiken, zoals per kabelbaan, tunnel, brug of over het wad etc., gaan we voor deze verkenning uit van varende oplossingen, maar zonder de creativiteit te willen beperken. Deze vaartuigen moeten wel operationeel kunnen blijven bij geringe vaardiepte.

De vervoersvraag is gebaseerd op de huidige cijfers rondom vervoer van personen en personenauto's uitgaande van een licht groeiscenario op jaarbasis, maar geen of nauwelijks groei van de piekvervoeraantallen. Ten aanzien van vracht zijn geen exacte gegevens openbaar beschikbaar.

² Wash is hier het veroorzaken van heftige waterbewegingen ten gevolge van de beperkt vaarwater waardoor naastgelegen oevers en zandplaten onderlopen

4.2 De huidige verbindingen

De bestaande verbindingen tussen het vaste land en de eilanden staan in onderstaand kaartje weergegeven.



Voor de verbinding Den Helder- Texel geldt niet het baggerprobleem. Duurzame energie-inzet voor deze verbinding kan afgeleid worden van al lopende ontwikkelingen en houden we daarmee buiten deze verkenning. De Veerhaven op Texel verzandt wel enigszins, maar dit geeft geen diepgangsbepering tijdens de overtocht en heeft als zodanig geen invloed op het scheepsontwerp. De overige verbindingen ondervinden wel last van ondieptes ten gevolge van het trendmatig stijgen van de bodem en het natuurlijk verloop van de diepte in de slenken waarvan de verbindingen gebruik maken. Over deze laatste verbindingen gaat dit onderzoek. Deze verbindingen stellen nieuwe eisen, zowel vanwege de duurzaamheidseis als vanwege de vaardieptebeperkingseis.

4.3 De bestaande schepen

Iedere verbinding heeft eigen schepen waarvan het ontwerp (min of meer) is toegespitst op de betreffende vaarroute. Hieronder enige kenmerken van de betreffende schepen weergegeven per verbinding (zie ook de powerpoint presentatie in bijlage 2):

Lauwersoog–Schiermonnikoog:

2 x double ended - mono hull	LxBxT=58.0x13.8x1.7 m	20 km/u, 1000 pax, 48 cars	45 min.
1 x fast ferry - mono hull	LxBxT=22.0x6.1x1.1 m	40 km/u, 48 pax	20 min.

Vervoerde in 2018: 328.000 toeristen, 28.000 eilanders, 4.800 eilanderauto's. Er is sprake van een toenemende vraag, ca. +1.8%/jaar

Holwerd–Ameland

2 x double ended - mono hull	LxBxT=73.2x15.9x1.7 m	19 km/u, 1200 pax, 72 cars	50 min.
1 x fast ferry - catamaran hull	LxBxT=18.5x 7.0x1.25 m	40 km/u, 48 pax	20 min.

Vervoerde in 2018: 635.000 toeristen, 78.000 eilanders, 74.000 toeristenauto's, 18.000 eilanderauto's Gemiddelde bezettingsgraad is ca. 10%. Er is sprake van een toenemende vraag, ca. +1.6%/jaar

Harlingen - Terschelling

1 x mono hull	LxBxT=69.0x16.0x3.0 m	25 km/u, 1100 pax, 100 cars	110 min.
1 x mono hull	LxBxT=77.9x12.6x2.6 m	25 km/u, 700 pax, 53 cars	110 min.
2 x catamaran hull	LxBxT=70.0x17.3x2.6 m	26 km/u, 700 pax, 66 cars	110 min.
1 x catamaran hull	LxBxT=65.5x15.0x1.8 m	22 km/u, 12 pax, 449ton/182	120 min.
1 x fast ferry	LxBxT=35.5x10.0x1.6 m	58 km/u, 312 pax	45 min.
1 x fast ferry	LxBxT=52.0x12.0x1.4 m	58 km/u, 414 pax	45 min.

Vervoerde in 2018: 460.000 toeristen, 82.000 eilanders, 34.300 toeristenauto's, 13.600 eilanderauto's
Er is sprake van een toenemende vraag, ca. +1.5%/jaar.

Harlingen - Vlieland

1 x mono hull	LxBxT=77.9x12.6x2.6 m	25 km/u, 700 pax, 53 cars	95 min.
1 x catamaran hull	LxBxT=68.8x17.0x2.6 m	25 km/u, 950 pax, 50 cars	95 min.
1 x catamaran hull	LxBxT=65.5x15.0x1.8 m	22 km/u, 12 pax, 449ton/182 m	120 min.
1 x fast ferry	LxBxT=35.5x10.0x1.6 m	58 km/u, 312 pax	45 min.
1 x fast ferry	LxBxT=52.0x12.0x1.4 m	58 km/u, 414 pax	45 min.

Vervoerde in 2018: 220.000 toeristen, 24.000 eilanders, 6.400 eilanderauto's Er is sprake van een toenemende vraag, ca. +2.4%/jaar

De huidige veerdiensten zijn voor deze verkenning grofweg in twee combinaties te verdelen, die van Schiermonnikoog en Ameland met een maximum diepgang van ca. 1.7 m, en die van Terschelling en Vlieland met een maximum diepgang van ca. 3 m. De huidige verschillen in diepgang illustreren al de grootte van het baggerbezwaar op de routes naar met name Ameland en Schiermonnikoog.

Opmerking 1: Voor elke van de genoemde verbindingen zijn groeipercentages genoemd. Het is niet zeker of deze percentages ook betrekking hebben op de piekcapaciteit. Het is ook niet zeker of deze groei van de piekcapaciteit gewenst is. Voorsnog wordt in deze verkenning uitgegaan van een maximale groei van de piekcapaciteit van 5% t.o.v. 2018 voor deze planperiode.

Opmerking 2: De beschikbare vervoerdata zijn niet geschikt om op basis daarvan een eenduidig logistiek profiel te definiëren. Wel is bekend dat de bezettingsgraden sterk variëren over het seizoen en in de weekenden. Daarmee rekening houden vanuit bedrijfsvoering- en emissiegezichtspunt kan invloed hebben op de conceptkeuzen.

4.4 De toekomstige duurzaamheidseis

Het energieverbruik per passagier van de bestaande schepen blijkt uit een uitgevoerde analyse. Naast het maximaal aantal passagiers en de overtochtijd, is ook het voortstuwingsvermogen bekend. Voor de twee genoemde combinaties is dat als volgt.

- Schiermonnikoog & Ameland: basisdienst ca. 2 kWh/pp, sneldienst ca. 9 kWh/pp
- Terschelling & Vlieland: basisdienst ca. 7 kWh/pp, sneldienst ca. 8 kWh/pp

Opvallend is dat enerzijds voor de eerste combinatie het verschil tussen basisdienst en sneldienst groot is, terwijl dat er bij de tweede combinatie nauwelijks onderscheid is, en anderzijds dat er tussen de basisdiensten van de combinaties een aanzienlijk verschil is. Hierin spelen echter de snelheid, de afstand en het aantal passagiers een belangrijke rol. Een grote afstand afleggen in acceptabele tijd vraagt een hoge snelheid en vergt dus veel energie. Het platform vergroten reduceert de energie per pax.

Opmerking: hierbij is uitgegaan van het maximaantal passagiers dat een veerboot kan meenemen, maar gemiddeld over het jaar is de bezettingsgraad veel lager dan 100%, dus de werkelijke hoeveelheid energie per passagier is veel hoger.

De voortstuwingsenergie dient toekomstbestendig, dat is zero-emission te zijn. Reductie van geluid, trillingen en wash is een sterke ambitie.

Zero-emission moet hier opgevat worden als de ambitie om primair het systeem Waddenzee met de daarop varende schepen verstoken te laten blijven van emissies die gerelateerd zijn aan energieverbruik. Tegelijk strekt de ambitie van deze verkenning, gegeven de ontwikkelingshorizon, zich ook uit tot totaaloplossingen die in een emissieloze well-to-propulsion voorzien, inclusief de life cycle aspecten van de daarvoor benodigde conceptontwerpen. Het behoeft geen betoog dat daar ook bredere ontwikkelingen voor nodig zijn en die dan bij de concepten slechts kort genoemd behoeven te worden (zonder detaillering).

4.5 De toekomstige bevaarbaarheidseis

Een belangrijk uitgangspunt binnen dit onderzoek is de bevaarbaarheid van de verbindingroutes. Dit onderzoek gaat niet over het tot stand komen en onderhouden van een zekere bevaarbaarheid, maar heeft als uitgangspunt een zekere gedefinieerde breedte en diepte van de vaargeul genomen, waarbinnen een innovatief vervoersplatform nog veilig kan passen.

Hierbij zijn de volgende uitgangspunten ingezet en in een drietal scenario's vertaald. Deze betreffen keuzes in beschikbare waterdiepte en afvaartregimes.

- Het (beperkt) varen op het getij is een vrijheidsgraad die in de scenario's is meegenomen.
- De opgestelde scenario's zijn gebaseerd op ruwe schattingen van welke waterdiepten beschikbaar zullen zijn, afhankelijk van een gekozen baggerregime³. Steeds zijn daarbij de maximale springtijdata gebruikt maar er is geen rekening gehouden met afwaaiingseffecten⁴. Voor de vaargeulen bij Schiermonnikoog zijn dergelijke schattingen niet voorhanden en nemen we de beschikbare waterdieptes van de Amelandroute als uitgangspunt. Dit beperkt het aantal ontwerpvarianten nu en ondersteunt de uitwisselbaarheid in de toekomst.
- Het (beperkt) varen op het getij is een vrijheidsgraad die in de scenario's is meegenomen.
- Deze getijde-afhankelijkheid betreft altijd maar één vertrekpunt van de route. Respectievelijk betreft dat Vlieland, Terschelling, Holwerd en Schiermonnikoog. Harlingen, Nes en Lauwersoog worden in deze innovatieverkenning verondersteld voldoende waterdiepte te houden om deze vaarregimes te kunnen faciliteren⁵.

Op basis hiervan definiëren we 2 resp.3 beschikbare waterdiepte scenario's als referentie voor twee categorieën routes (Terschelling/Vlieland en Ameland/Schiermonnikoog). De waterdieptes scenario's zijn:

- Zonder baggeren en met getijde varen
- Met 50% baggeren en getijde varen
- Met 50% baggeren en zonder getijde varen.

³ Deze waarden zijn afgestemd met medewerkers van Rijkswaterstaat maar betreffen ruwe schattingen

⁴ We nemen deze in deze verkenning voor lief en veronderstellen dat de combinatie (extreem) springtij en grote afwaaiing niet vaak zullen voorkomen.

⁵ Harlingen en Lauwersoog worden waarschijnlijk op diepte gehouden vanwege de meer dan veerverbinding functie van deze havens. Nes is een historische gegroeide aanlandingslocatie en verplaatsing of natuurlijke verbetering van de bereikbaarheid, ook in het kader van breder morfologisch beheer van de Waddenzee, is niet uit te sluiten.

Bovenstaande keuzes zijn relatief arbitrair en gekozen vanuit een ruw geschat baggerreductieperspectief. Indien innovaties bedacht worden die om goede redenen net iets meer diepgang nodig hebben, zijn die niet uitgesloten. Nog minder diepgang is uiteraard beter.

E.e.a. is in onderstaande tabel samengevat en geeft effectief 5 conceptontwerp varianten (**AS1,2** en **TV1-3**).

Eiland	Schiermonnikoog	Ameland	Terschelling & Vlieland
Indien niet meer baggeren, op getijde varen			
Knelpunt	Glinder & Gr. Siege ⁶	Holwerd	Slenk
Diepte	? m	2.00 m	3.50 m
Laag water springtij	-1.65m	-1.90 m	-1.50 m
Tijdsspanne	? uur	Ca. 2.5 uur	Ca. 1.5 uur
Getijde	?	-0.80 m	-1.10 m
Diepte op dat moment	1.35	1.20 m	2.40 m
Maximum diepgang	1.25	AS.2 1.10 m	TV.3 2.20 m
Indien niet meer baggeren, niet op getijde varen			
Diepte		2.00 m	3.50 m
Laag water springtij		-1.90 m	-1.50 m
Diepte laag water		0.10 m	2.00 m
Maximum diepgang		-	1.70 m
Indien 50% baggeren, op getijde varen			
Diepte	? m	3.10 m	4.50 m
Laag water springtij	-1.65 m	-1.90 m	-1.50 m
Tijdsspanne	? uur	Ca. 1.5 uur	Ca. 1.5 uur
Getijde	?	-1.40 m	-1.10 m
Diepte op dat moment	1.70 m	1.70 m	3.40 m
Maximum diepgang	1.60.m	AS.1 1.60 m	TV.1 3.10 m
Indien 50% baggeren, niet op getijde varen			
Diepte	? m	3.10 m	4.50 m
Laag water springtij	-1.65 m	-1.90 m	-1.50 m
Diepte op dat moment	1.2 m	1.20 m	3.00 m
Maximum diepgang	1.2 m	AS.2 1.10 m	TV.2 2.70 m

Uit bovenstaande tabel blijkt dat het voor de verbinding naar Ameland niet mogelijk is zonder baggeren te varen indien niet op het getijde gevaren wordt. Naar Terschelling is dat wel mogelijk, maar de maximum toelaatbare diepgang is in dat geval veel minder.

Naast de diepte speelt ook de vaarwegbreedte een rol. Enerzijds is die bepalend voor de te behalen snelheid en het daarbij benodigde voortstuwingsvermogen. De snelheid zal, gegeven het beschikbare vermogen sowieso lager zijn vanwege de beperkte waterdiepte, maar de beperkte breedte zal dat nog versterken en het is daarbij ook de vraag of het energetisch verstandig is het beschikbare vermogen aan te wenden. Anderzijds is die vaarwegbreedte bepalend voor de manoeuvreerbaarheid van het vervoersplatform en het eventueel elkaar kunnen passeren. Het passeren zou op bredere stukken kunnen plaatsvinden, maar dat kan gevolgen hebben voor de dienstregeling.

⁶ Deze geulen zijn niet ingevuld i.v.m. onbekendheid van de waterdiepten bij gereduceerd baggerbezwaar.

4.6 De toekomstige ontwerpaspecten

Naast wat in de opdracht tot onderzoek gevraagd wordt, kunnen uit bovenstaande informatie een aantal ontwerpaspecten gehaald worden.

- Het gaat vooralsnog om een vaartuig.
- Het gaat vooralsnog om personen- en autovervoer. De combinatie met vrachtvervoer is geen expliciete ontwerp eis, maar een vrijheidsgraad in het concept.
- De verbindingen worden afzonderlijk beschouwd in de diverse scenario's.
- De conceptontwerpen dienen te voorzien in de voorspelde vervoersbehoefte.
- De vaartijden dienen praktisch en werkbaar te zijn (hoe minder getijdenafhankelijk hoe beter).
- Het aantal vervoersplatformen per verbinding is niet vastgesteld.
- Het vaarschema kan getijdeafhankelijk zijn. Zie daarvoor de waterdiepte scenario's.
- De vaarroute dient per verbinding in de beschouwing meegenomen te worden:
 - De diepgang moet zo gering mogelijk zijn, afhankelijk van de mate van baggerwerkzaamheden (o.b.v. scenario's).
 - De manoeuvreerbaarheid moet uitstekend zijn i.v.m. smalle bochtige trajecten, dwarsstroom en afmeren, waarbij uitgangspunt is dat de huidige beschikbare breedten niet veranderd worden.
- De energiebehoefte dient zo gering mogelijk te zijn.
- De energie-inzet dient toekomstbestendig, dat is zero-emission te zijn.
- Het type voortstuwer en het type stuurmechanisme staat vrij. Kwetsbaarheid in ondiep water is een punt van aandacht.
- Voor de verbinding naar Terschelling is zeegangsgedrag een aandachtspunt.
- Het Wad mag niet aangetast worden, waarmee overige emissies zoals geluid, trillingen, wash ook om aandacht vragen.

Het gaat in dit onderzoek niet om een uitgewerkt ontwerp maar om een passend idee/concept mogelijk gebaseerd op onderliggende innovaties. Het concept mag gefundeerd zijn op verwachte toekomstige ontwikkelingen en daarop anticiperen b.v. door voorzieningen. Plausibele argumentatie is een vereiste, maar een absolute haalbaarheid hoeft niet gegarandeerd te worden.

5 ROMP HYDRODYNAMICA OVERWEGINGEN

Ten behoeve van deze verkenning heeft MARIN zich inhoudelijk gefocust op de hydrodynamische analyse vanuit bestaande kennis. Hierbij ziet MARIN het reduceren van vermogensbehoefte als de eerste stap richting zero-emission.

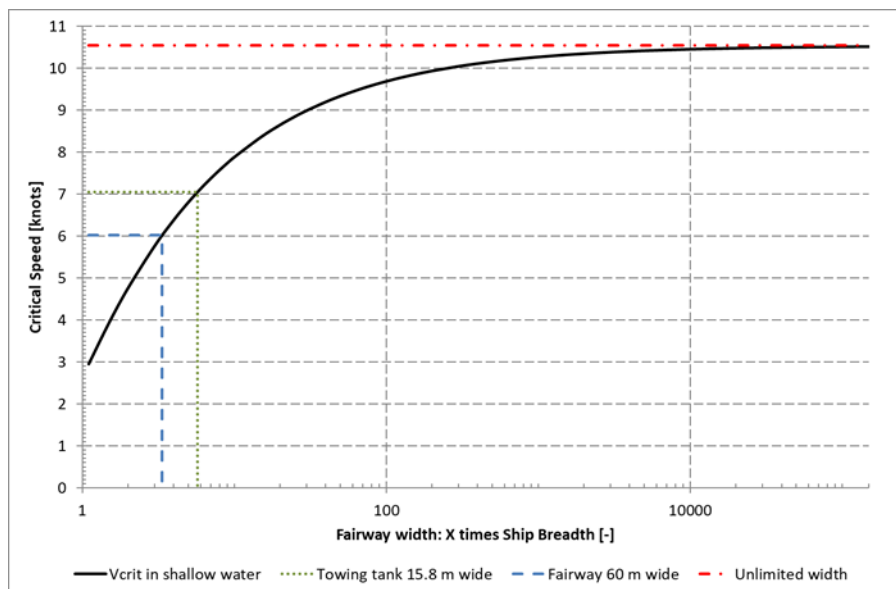
Vier vragen deden zich voor:

1. Welke hydrodynamische aspecten spelen er in beperkte waterdiepte?
2. Is het mogelijk om tot een eenvoudig uitbreidbare modulaire scheepsvorm te komen?
3. Welke voortstuwingslenen lenen zich het beste voor ondiep water?
4. Mono hull of multi hull?

Ad 1: Hydrodynamische aspecten in ondiep water

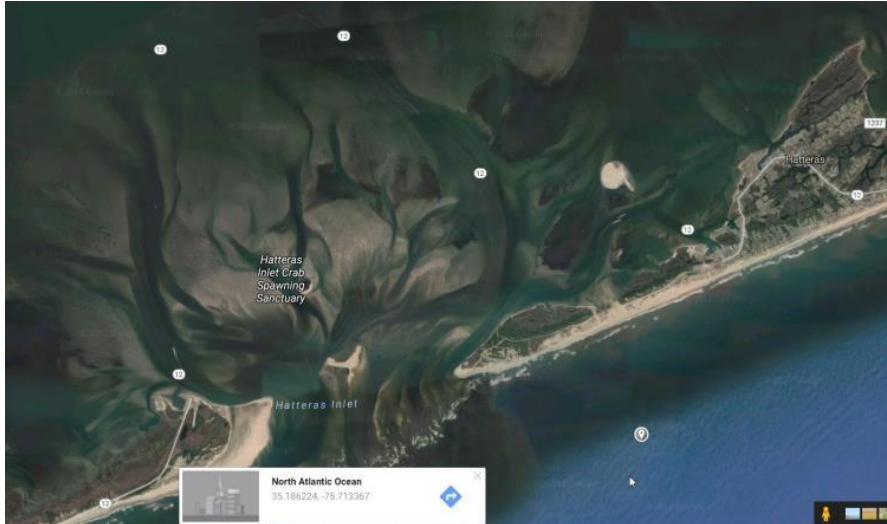
De eerste vraag kon beantwoord worden op basis van ervaringen die opgedaan zijn in de sleeptank, zowel als tijdens proefvaarten. MARIN achtte het dienstig om deze kennis te delen, met name omdat bij een steeds geringer wordende diepte, in combinatie met beperkte vaarwegbreedte, deze aspecten een steeds grotere rol spelen. Naast het risico van aan de grond lopen, is er op zeker moment namelijk sprake van een asymptotisch toename van de weerstand, met alle gevolgen van dien voor het aan te wenden vermogen om een zekere snelheid te halen.

Een belangrijke “show stopper” is de zogenaamde kritieke snelheid. Deze wordt op zeker moment bereikt als een schip door een kanaal vaart met (uiteraard) beperkte doorsnede. In dat geval krijgt het water om het schip snelheid in tegengestelde richting, welke vanaf een zekere snelheid ineens sterk toeneemt en een asymptotisch snelheidsverloop krijgt. Er ontstaat spiegeldaling en het water kan niet meer op een “normale” manier passeren, er ontstaan overslaande hek- en/of boeggolven. Van de invloed van de breedte van de vaarweg is in onderstaande figuur een voorbeeld gegeven.



In deze figuur is te zien dat een hedendaagse waddenveerboot in een slenk van 60 m breed en een waterdiepte van 3 m de kritieke snelheid al bereikt bij 6 knoop. Een stuurman ziet dit ook (ref. de vier camera's op de vier hoeken van de SIER en de OERD naar Ameland) en anticipeert: hij neemt vermogen terug.

Als voorbeeld laten we enkele beelden zien van hoe dit in de sleeptank en in de praktijk toegaat. Voor een min of meer gelijkwaardige situatie in de Verenigde Staten moest bij MARIN een veerboot getest worden op modelschaal. De conclusie was vooraf al dat de beoogde snelheid in de aangegeven situatie niet behaald kon worden, en dat bleek zowel in de modelproefresultaten als later in de praktijk. De veerboot moest gaan varen in het gebied zoals hieronder aangegeven. De witte stippen geven de route aan, een duidelijk geval van het volgen van de slenken.



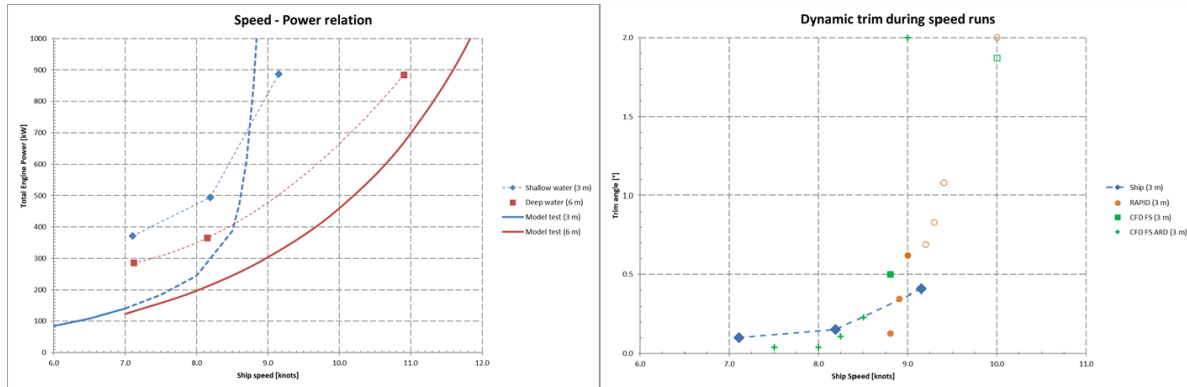
In de sleeptank deed zich onderstaand geval voor:



Uiteraard werden hierop twijfels uitgesproken i.v.m. de gebruikelijke schaafeffecten en de effecten van tankwanden. Dus werd later nagetrokken in hoeverre de veerboot in de praktijk daarmee ook te maken had. Hoewel de situatie niet exact hetzelfde was als die in de sleeptank, toch kwam ook daar het effect duidelijk tot uiting, getuige onderstaande foto.



Hoewel het voortstuwingsvermogen in de praktijk wel op een hoger niveau lag t.o.v. de modelproeven, zo was de tendens ervan niet bepaald verschillend. Wat wel verschillend was, was het dynamisch trimgedrag van het schip. Dat blijkt in het hogere snelheidsbereik richting de kritieke snelheid niet goed te berekenen met CFD.



Beide bevindingen zijn belangrijk tijdens het ontwerp van een waddenveerboot die sub-kritiek gaat varen (in de superkritieke situatie speelt dit probleem niet). Voor welk ontwerp dan ook dient de dynamische trim goed benaderd te worden omdat die verantwoordelijk is voor de uiteindelijke kielspeling tijdens het varen in ondiep water. Daarnaast moet om reden van brandstofverbruik en emissie een ontwerp gemaakt worden dat voldoende onder de kritieke snelheid kan opereren binnen het gewenste vaarschema.

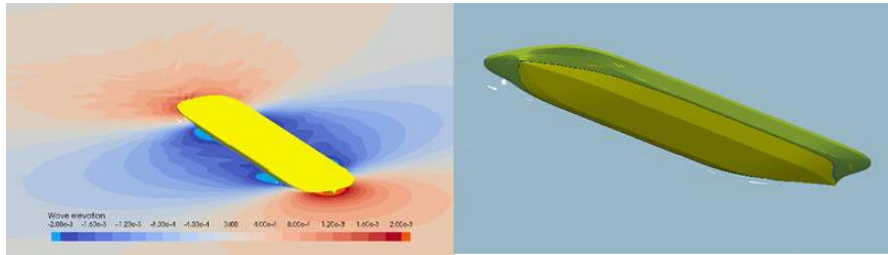
Ad 2: Eenvoudige modulair uitbreidbare scheepsvorm

De tweede vraag vereiste naast een grondstelling enig onderzoek. MARIN heeft als aandeel in deze beperkte verkenning een kort onderzoekje gedaan naar een eenvoudige scheepsvorm, typisch bedoeld voor ondiep water met een typische voortstuwder bedoeld voor ondiep water.

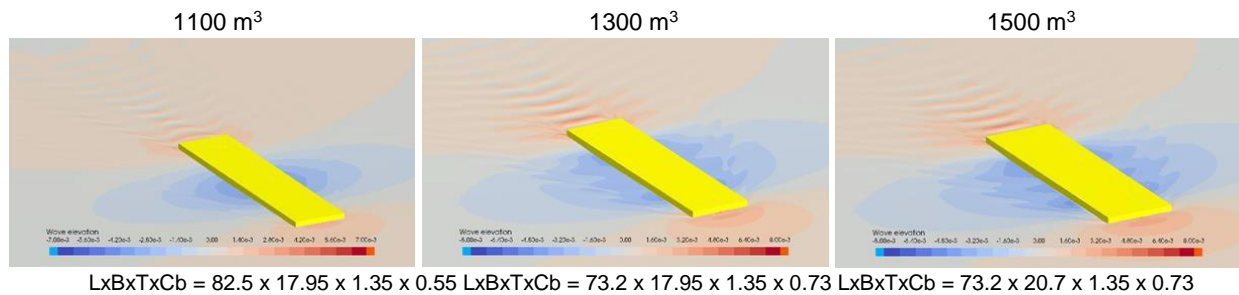
De maximale diepgang die het vaartuig zou mogen hebben, is vastgesteld op het scenario van niet baggeren en varen op getijde, route Holwerd – Ameland, zijnde 1,35 m. De daar varende veerboot is als uitgangspunt genomen voor wat betreft de grootte. Met grootte wordt niet alleen bedoeld de waterverplaatsing, maar ook de lengte en breedte. De diepgang van deze veerboten is 1,7 m, dus het was evident dat er aan de hoofdafmetingen of aan de volheid gesleuteld moest worden om aan een gelijkwaardige waterverplaatsing te komen. Omdat het scheepsgewicht niet bekend was, zijn er twee variaties in grootte aan toegevoegd.

De gedachte was een eenvoudige praamvorm, zowel aan de voor- als aan de achterkant, zoals er in het verleden veel rondvoeren in de ondiepe en nauwe sloten. Deze vorm leek aantrekkelijk omdat die relatief eenvoudig in breedte is uit te breiden. Dit zou in de praktijk kunnen gebeuren op het moment dat er veel vervoersaanbod is. Dit bevordert het efficiënt gebruik van deze modaliteit. Verder is zo'n vorm geschikt voor schoepenradvoortstuwing. Dit lijkt wat ouderwets, maar een schoepenrad is wel gunstig bij een geringe diepgang en in geringe waterdiepte. In de Verenigde Staten varen er nog veel rond, o.a. op de Mississippi. Mits verstelbare schoepen, heeft deze voortstuwder een rendement dat gelijkwaardig is aan dat van een schroef.

Bij gebruikelijke scheepsvormen speelt, afhankelijk van de snelheid, de interferentie van boeg en schoudergolf een rol van betekenis in de weerstand. Bij een ongunstige interferentie (dal-dal) geeft dit weerstandsverhoging en (extra) dynamische trim, twee ongewenste effecten. Misschien dat dit bij een pure praamvorm minder het geval is en dat verbreding niet meteen leidt tot verergering van deze effecten. In onderstaande figuur een gebruikelijke veerbootvorm voor ondiep water.



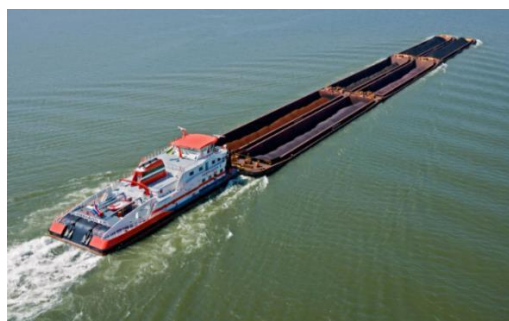
Vervolgens de eenvoudige praamvorm met drie verschillende breedtes.



In deze reeks heeft de eerste dezelfde L/B en Cb^7 als die van het bestaande schip, maar lengte en breedte zijn groter om bij die geringere diepgang toch aan de waterverplaatsing te komen.

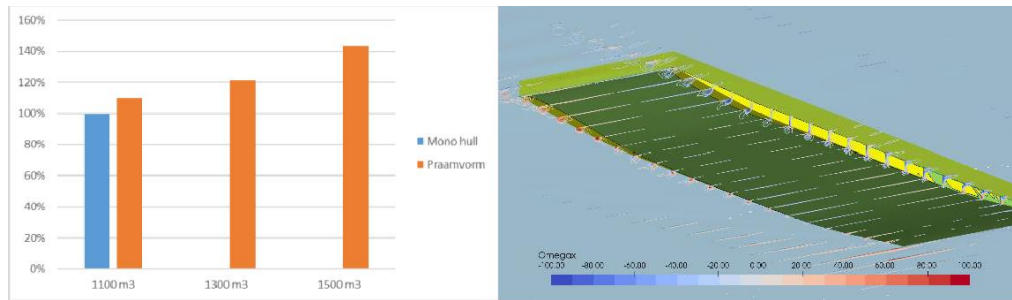
De tweede heeft dezelfde lengte als die van het bestaande schip, maar de breedte (en daarmee de L/B) en de Cb zijn groter om tot een grotere waterverplaatsing te komen. Bij de derde is alleen de breedte nog groter geworden om tot een nog grotere waterverplaatsing te komen.

Van een duidelijk divergerend golfsysteem is inderdaad geen sprake, maar achter het schip is wel duidelijk sprake van een transversaal golfsysteem. Dit wordt sterker naarmate de volheid en de breedte toeneemt. De gehanteerde praamvorm voorziet niet in demping van dit golfsysteem, zoals gebruikelijk bij snelle veerboten, omdat het ook als voorschip moet dienen. Dit is dus een duidelijk nadeel van dit concept. Het toont verder dat naarmate de volheid en de breedte toeneemt, er ook een transversaal golfsysteem zichtbaar wordt langs de romp, zoals dat bij duwbakken ook wel te zien is.



Vooralsnog bleek de weerstand van het bestaande concept lager te zijn, en daarmee hebben we dus niet het beoogde doel bereikt. Dit wil niet zeggen dat de golfmakende weerstand hiervoor (alleen) verantwoordelijk is, er is ook verschil in nat oppervlak van de romp (wrijving) ten gunste van de bestaande romp, en van wervelvorming aan de scherpe kinnen zoals in onderstaande figuur getoond wordt.

⁷ Cb is de blok coëfficiënt die de verhouding tussen het werkelijke onderwatervolume en het omhullende blok ($LxBxT$) volume geeft (de volheid).



Die scherpe kinnen zijn in ieder geval voor de smalste versie noodzakelijk om een nette aaneensluiting te krijgen bij het koppelen van zijmodules ter verbreding van het schip in drukke tijden. Dat de weerstand van de grotere versies groter is, is uiteraard toe te schrijven aan de grotere volheid en breedte. Voor een juiste vergelijking zou ook het bestaande concept op die waterverplaatsing gebracht moeten worden, maar uit het vergelijking van de eerste praamvorm blijkt dat er weinig reden is om te verwachten dat de praamvormen het beter zullen doen.

Conclusie is dat dit ons niet brengt tot het beoogde doel van een lagere weerstand helaas, maar om op basis van voortstuwingsvermogen hiervan iets te kunnen zeggen, moet ook de voortstuwder in de berekening worden meegenomen. Dit vergt complexere berekeningen die buiten het bestek vallen van deze studie. Gezien het feit dat de weerstand niet heel veel groter is, is het niet uit te sluiten dat dit tot een bruikbare oplossing leidt.

Ad 3: Voortstuwders

Het ondiepe water op de overtochten levert niet alleen uitdagingen op voor het ontwerp van de rompvorm. Ook voor de voortstuwingsinstallatie moet rekening gehouden worden met beperkte diepgang en beperkte waterdiepte. Zo moet rekening gehouden worden met eventueel uitsteekbare delen ter voorkoming van beschadigingen. Daarnaast is de bijdrage van een voortstuwingsysteem aan de manoeuvreerbaarheid van het schip van belang, zeker omdat het – in relatie met het voorgaande – interessant is om géén roeren aan het schip te bevestigen.

Hiernaast is het ook van belang – gezien de duurzaamheidseis van de toekomstige waddenveren – om een efficiënt voortstuwingsysteem te installeren. Hierbij richt men zich met name op het energieverbruik: en bestaat uit een lager energieverbruik wat zich vertaalt in een reductie van CO₂ uitstoot. In de toekomst – wanneer emissievrij varen gerealiseerd is – zal de CO₂ uitstoot geen probleem meer vormen. Echter zullen de toekomstige waddenveren ontwikkeld worden in een tijd van transitie en (kostbare) ontwikkeling. Om met name de overgang van conventionele energieproductieplatforms (dieselmotoren) naar emissievrije platforms praktisch uitvoerbaar te maken, kan het verbeteren van de efficiëntie – en daarmee het verlagen van het energieverbruik – van belang zijn, om voor de waddenveren tot een haalbare businesscase te leiden.

Het volgende is een overzicht van enkele voortstuwingsystemen die toepasbaar kunnen zijn voor de waddenveren van de toekomst.

Conventionele schroef



Doorgaans biedt de conventionele schroef zowel een hoge vermogensdichtheid (er kan veel vermogen overgebracht worden op het water, in een beperkt volume) en een hoge efficiëntie. Van belang is echter wel dat de efficiëntie duidelijk afneemt bij een hogere schroefbelasting. Deze belasting is de verhouding tussen vermogen, de snelheid van het langsstromende water en de diameter van de schroef. In geval van de waddenveren zorgt de dieptebeperking voor een beperking van de diameter. Zonder extra schroeven aan te brengen zorgt dit dus voor een verhoging van de belasting, en een afname van efficiëntie. Onderzoek (2020, nog niet gepubliceerd) op MARIN laat zien dat de overstap op meer (bijvoorbeeld 5) kleinere schroeven een netto efficiëntieverhoging kan opleveren bij een kleinere diepgang.

In relatie met de (mogelijke) wens om zo min mogelijk onderdelen buiten de romp aan te brengen – om kans op beschadigingen te voorkomen – is dit een nadeel van dit type voortstuwer omdat het nodig is om roeren te installeren.

Conventional propeller (taken from https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Polished_ship_propeller.jpg)

Thrusters

Draaibare thrusters bieden het voordeel dat er géén roeren meer nodig zijn, en dit beperkt dus de hoeveelheid uitstekende delen aan het(de) uiteinde(s) van het schip. Het wegnemen van de roeren levert weinig besparing in brandstof, doordat roeren doorgaans voor een klein deel van de totaalweerstand van een schip zorgen. De thrusters zelf, daarentegen, zijn minder efficiënt dan conventionele schroeven. Dit komt niet door de voortstuwer zelf maar eerder door de plaatsing. Een vaste schroef is vaak zo geplaatst dat deze goed in het zog van het schip opereert. Door het weer naar achteren te stuwen, “verkleind” een schroef hiermee het totale zog – en sleept het schip dus minder water mee. Een thruster is vaak op een grotere afstand van de romp geplaatst, mede doordat er vrije uitstroming in veel richtingen nodig is, en bevindt zich daarmee op een minder gunstige positie ten opzichte van het zog van het schip.



Geïntegreerde thrusters (van: <https://www.rivieramm.com>)

Het is ook mogelijk om de thrusters deels, door middel van een draaiplaat, te integreren in de romp. Dit vereist een draaiend deel van groter gewicht – en stelt daarom zwaardere eisen aan de stuurmachine – maar het levert wel een efficiëntiewinst op. Onderzoek op MARIN (2019, project 70033.314, verkrijgbaar op aanvraag) laat zien dat dergelijke geïntegreerde thrusters een efficiëntie bieden die gelijkwaardig is aan die van conventionele schroeven.

Voith-Schneider propellers



Voith-Schneider propellers worden regelmatig geïnstalleerd op ferry's, voornamelijk vanwege hun zeer goede manoeuvreercapaciteiten. Stuwkracht kan in alle richtingen geproduceerd worden, en ook kan de richting van de stuwkracht heel snel wijzigen. Dit komt daarmee erg van pas bij het af- en aanmeren bij havens.

De bladen zoals in de afbeelding draaien snel rond om zo liftkracht te produceren. Deze snelheid zorgt voor wrijvingsweerstand, en hierdoor zijn Voith-Schneider propellers duidelijk minder efficiënt dan schroeven. De efficiëntie kan duidelijk verhoogd worden door de bladen te verlengen, echter is dit lastig gezien de dieptebeperkingen op de Waddenzee. De ondiepte vormt ook een risico: de uitstekende bladen zijn waarschijnlijk minder robuust dan schroefbladen.

Waterjet voortstuwing

Voor snelle schepen in ondiep bieden waterjets twee belangrijke voordelen: geen uitstekende onderdelen onder de bodem van het schip, en bij hoge snelheden kunnen ook hoge efficiëntie gehaald worden. Ook de mogelijkheid om de stuwkracht te richten zorgt voor goede manoeuvreermogelijkheden. Bij lagere snelheden is de efficiëntie van waterjets kleiner dan bij conventionele schroeven.

Roterende pomp propeller



*Schottel Pump Jet (van
schottel.de*

Dit type schroef is ook bekend onder de naam Schottel Pump Jet, en wordt verkocht door Schottel (SPJ serie). De voortstuwer wordt als een cilindrische kolom in de romp geplaatst, en zuigt water van onderaf aan en pompt het in een ingestelde richting weg.

De MS Oerd en MS Sier, veerboten van rederij Wagenborg, zijn uitgerust met dit type voortstuwer. Grote voordelen zijn de manoeuvreerbaarheid en het feit dat er geen uitstekende delen onder het schip zijn. Een nadeel is echter de (waarschijnlijk) lage efficiëntie: door de verschillende richtingen die de stroming doormaakt in het systeem, gaat energie verloren.

Schoepenrad

Het schoepenrad werd reeds omstreeks 1850 verdrongen door de scheepsschroef bij zeegaande schepen. De zware constructie en de gevoeligheid voor diepgangsveranderingen, hetzij door belading hetzij door zeegang, waren hiervoor de belangrijkste redenen. In de binnenvaart, in het bijzonder bij geringe waterdiepte bij passagiersschepen waarvan de diepgang vrijwel constant is, kan het rad nog met succes worden toegepast. Verbluffend hoge voortstuwingsrendementen worden in deze gevallen nog door toepassing van raderen behaald⁸.

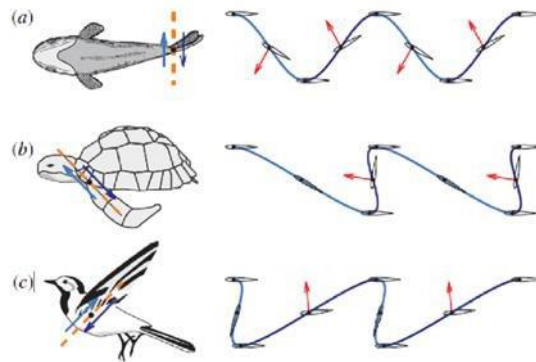
⁸ Rede uitgesproken bij aanvaarding van het ambt van buitengewoon hoogleraar in de scheepsbouwkunde aan de

Het schoepenrad is nog veelgebruikt om de Mississippi River in Noord-Amerika. Deze rivier is op veel plaatsen ondiep, en het schoepenrad heeft maar weinig diepte nodig om het vermogen van de schroefas over te brengen op het water. Dit is dan ook een groot voordeel. Daarbovenop geldt dat een goed ontworpen schoepenrad met verstelbare bladen een efficiëntie biedt die gelijk is aan die van een schroef.

Het nadeel is dat het schoepenrad weinig bijdraagt aan de manoeuvreercapaciteit: de uitstroomsnelheid is laag, waardoor roeren achter het rad weinig effect hebben. Wanneer veel gestuurd moet worden – wat waarschijnlijk het geval blijft op de routes van Friesland naar Ameland en Schiermonnikoog – zullen extra installaties nodig zijn. Een ander nadeel is de grootte *boven water*. Plaatsing aan de achterzijde maakt het Ro-Ro principe lastig dan wel onmogelijk. Plaatsing aan beide boorden levert beperkingen voor het in- en uitstappen van voetpassagiers.

Inspiratie uit de natuur

In 2019 heeft MARIN onderzoek gedaan naar voortstuwingsmechanismen gebaseerd op de natuur. Veel dieren gebruiken het principe van een bewegende vleugel om zich voort te bewegen. Uiteraard geldt dit voor vogels, maar ook schilpadden doen dit, zoals te zien in onderstaande afbeelding.

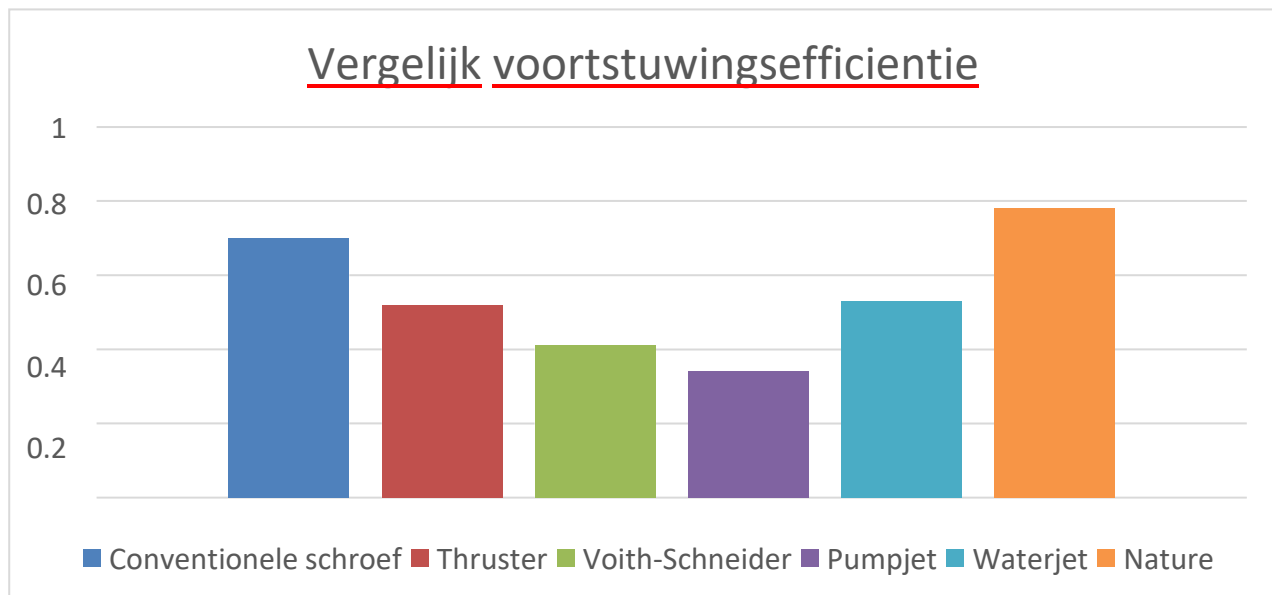


Bewegingspatronen zijn door MARIN getest met een bewegende opstelling. Een hydrofoel bevond zich in het water, en met behulp van een hexapod (zes-armige bewegen installatie) werd deze hydrofoel bewogen volgens verschillende oscillatiepatronen.

Het resultaat liet zien dat hoge efficiënties haalbaar zijn, tot wel 80%. Dit is groter dan dat voor een conventionele propeller, al kan een goed ontworpen schroef ook in de buurt van 80% komen. Anders dan een schroef bieden deze “natuurlijke voortstuwingsmechanismen” wel de mogelijkheid het zog van het schip bijna volledig te benutten, waardoor de totale efficiëntie hoger kan zijn dan die van een conventionele schroef. In het onderzoek van MARIN zijn mechanische verliezen niet beoordeeld. Een voorbeeld van natuurlijke voortstuwingsmechanisme is de O-Foil: een vleugel over de gehele scheepsbreedte met een beweging vergelijkbaar aan die van de schildpad. Dit concept is in werkelijkheid getest en werkte, maar vereiste wel een complexe mechanische aandrijving om de bewegingen mogelijk te maken.

Efficiënties van verschillende opties

Op basis van bestaande rapportages zijn tijdens dit project verschillende efficiëntiegetallen opgezocht van (enkele van) de genoemde voortstuwingsystemen. In de volgende grafiek worden deze samengevat:



Efficiëntie van verschillende voortstuwers

Te zien is dat de conventionele schroeven een duidelijk hogere efficiëntie bieden dan bijvoorbeeld het Voith-Schneider systeem of de pumpjet. Hierbij moet nogmaals gezegd worden dat deze minder efficiënte systemen andere voordelen bieden, met name op het gebied van manoeuvreerbaarheid. Maar evengoed moet gekeken worden naar de operatie: op papier is een conventionele schroef tweemaal zuiniger dan de pumpjet, maar als het dankzij de pumpjet mogelijk wordt om aanzienlijk sneller af- en aan te meren, wordt hier niet alleen tijd bespaart vanuit operationeel oogpunt, maar wordt het totale

energieverbruik per overtocht ook gereduceerd. Hierdoor kunnen efficiënties van beide opties dichter bij elkaar liggen dan deze grafiek laat zien. Dit geeft aan dat het erg belangrijk is om verschillende disciplines en aspect parallel te beschouwen: niet alleen het energieverbruik in kruissnelheid, maar ook het energieverbruik tijdens manoeuvreren moet meewegen in de te maken keuze.

Ad 4: Mono hull of multi hull

Veel ferries zijn mono-hull schepen. Er kunnen echter overwegingen zijn om multi-hull schepen toe te passen voor de toekomstige waddenveren. Dit kan met name interessant zijn wanneer veel dekoppervlakte nodig is, bijvoorbeeld voor auto's. Ad. 2 liet al zien dat het verbreden van een praamvormige mono-hull zorgt voor een duidelijke versterking van het golfsysteem *achter* het schip, iets dat Wadden natuurgebied onwenselijk is (of kan zijn). Een multi-hull kan dit probleem voorkomen door in plaats van uit één brede romp, uit twee smallere rompen te bestaan. Dit kan gunstig zijn voor het opgewekte golfoppervlak.

En nadeel van een multi-hull configuratie is diepgang: de verschillende rompen zijn vaak smaller om het golfoppervlak niet te veel te verstoren, wat betekent dat de diepgang groter moet zijn om dezelfde hoeveelheid draagvermogen te bieden. Het is echter ook mogelijk het schip langer te maken. Met behulp van ReFRESCO heeft MARIN enkele vormen getest.

Er bestaan verschillende typen multi-hulls. Bekenden zijn de catamaran of de trimaran. Een mogelijk minder bekend type is de SWATH (Small Waterplane Area Twin-hull). MARIN heeft berekeningen uitgevoerd voor enkele catamaran-vormen, en voor een variatie op de trimaran: hiervoor is de monohull van Ad. 2 gebruikt (double-ended ferry) en uitgerust met twee extra drijvers. Deze drijvers worden in praktijk ook wel outriggers genoemd. De drijvers zijn ondergedompeld en met een smalle drager verbonden aan het bovenwaterschip en de centrale monohull.

De SWATH beschikt over twee volledige onderdompelde drijvers, die via smalle dragers verbonden zijn met het bovenwaterschip. Deze twee drijvers leveren het draagvermogen. Gegeven de diepgangsbeperving van 1.35 m moeten deze drijvers ofwel erg lang zijn, of ellipsvormig en erg breed. Binnen het project kon niet alles onderzocht worden. De genoemde nadelen maken een eventueel schip onpraktisch of doen een belangrijk voordeel van de SWATH (beperkte golfvorming) te niet: de ellipsvormige drijvers zorgen voor versterking van de golven. Hierom is het SWATH-concept niet verder onderzocht.

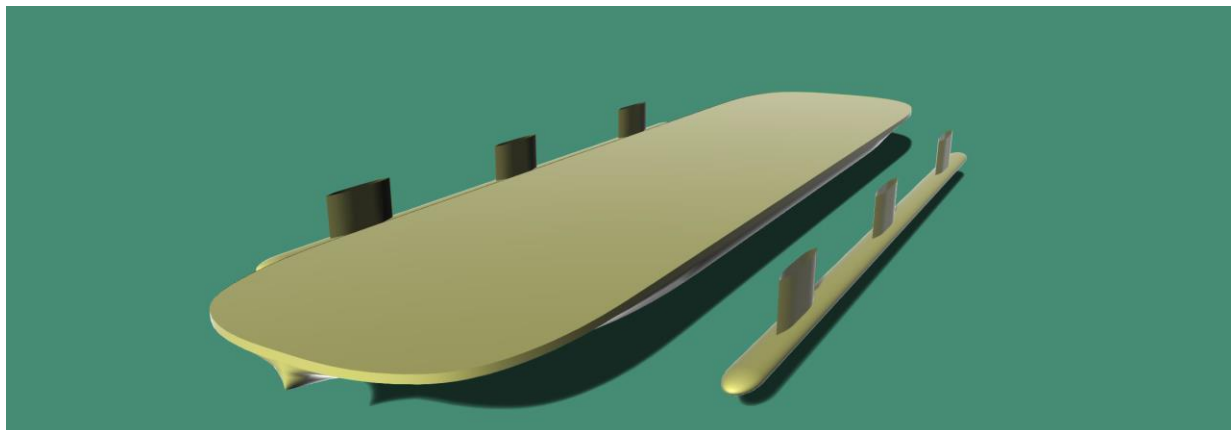
Berekeningen

Om multi-hull concepten te onderzoeken zijn twee typen berekeningen gedaan. Enerzijds zijn dit sommen inclusief het golfoppervlak anderzijds sommen zonder golfoppervlak. De eerste sommen zijn complex, zeker in samenspel met ondiep water. De sommen zonder golfoppervlak zijn stabiel en bieden de mogelijkheid om sloopstypen met elkaar te vergelijken, al kan geen goed oordeel worden geboden m.b.t. de opwekking van golven.

SHIPID	Beschrijving	L _{PP} [m]	B [m]	T [m]	V _s [kts]	DISV [m ³]	R [%]
C2135	Monohull	82.5	19.9	1.35	7.5	1100	100
C2135A	Outrigger 1	82.5	19.9	1.35	7.5	1270	153
C2135B	Outrigger 2	82.5	19.9	1.35	7.5	1400	188
C2137	Catamaran	90	22.36	1.35	7.5	1100	119

In bovenstaande grafiek staan de afmetingen en relatieve weerstandswaardes (R [%]) van vier berekeningen. De eerste berekening, met SHIPID C2135, is de monohull zoals ook besproken in Ad.1. De resultaten die hier getoond worden zijn gebaseerd op berekeningen zonder golfoppervlak (double-body). De monohull wordt in dit vergelijk als referentie (100%) genomen.

C2135A en C2135B zijn outrigger-concepten, hieronder is C2135A afgebeeld:



Outrigger concept C2135A

Een manier om de effectiviteit van het outrigger-concept te bepalen is door te kijken naar de toename van weerstand versus de toename van waterverplaatsing (c.q. draagvermogen). Een dergelijk vergelijk laat zien dat de effectiviteit afneemt. Echter is het outrigger-concept bedacht om alleen gebruikt te worden in de periode dat het nodig is. De outriggers kunnen modulair zijn: in het laagseizoen wordt de monohull gebruikt, terwijl in het hoogseizoen de outriggers aan het schip bevestigd worden. De outriggers zorgen voor een groter dekoppervlak (niet te zien in bovenstaande afbeelding) en leveren zelf de waterverplaatsing die nodig is om de extra auto's te vervoeren, bijvoorbeeld.

Dat de netto effectiviteit afneemt kan komen doordat enerzijds het nat oppervlak van het schip relatief stern toeneemt, ten opzichte van de waterverplaatsing. Anderzijds zorgen de staanders op de drijvers ook voor extra weerstand, terwijl deze staanders zelf nauwelijks bijdragen aan het draagvermogen.

C2137 is een catamaran-concept. Een belangrijk voordeel van de catamaran is dat de breedte gemakkelijk te vergroten is, bij (vrijwel) gelijke waterverplaatsing en meestal verlaging van weerstand: een grotere afstand tussen de drijvers is doorgaans gunstig. Wel moet het schip verlengd worden om te voorkomen dat de drijvers zelf te breed worden en zo meer weerstand opleveren.

Het catamaran-concept produceert hier zo'n 20% extra weerstand – *exclusief* eventuele verandering van de bijdrage aan het golfoppervlak. Bij voldoende breedte tussen de drijvers is de golfweerstand naar verwachting iets lager dan bij het monohull concept.

Het catamaran concept is iets breder dan de monohull en biedt dus meer dekoppervlak. Het totale draagvermogen blijft echter gelijk, maar een groter dek oppervlak kan betekenen dat het schip minder hoog zal zijn, wat mogelijk zorgt voor vermindering van het constructiegewicht.

In de tabel hieronder laat het vergelijk zien tussen verschillende typen catamarans. De berekeningen hiervoor zijn uitgevoerd inclusief het golfoppervlak. Hierdoor konden ook effecten van de interferentie tussen de twee drijvers meegenomen worden in het resultaat.

SHIPID	Beschrijving	L _{PP} [m]	B [m]	T [m]	V _s [kts]	DISV [m ³]	R [%]
C2137	Catamaran	90.0	22.36	1.35	1100	7.5	100%
C2137A	Smaller en langer	95.8	21.00	1.35	1100	7.5	113%
C2137B	Groter	100.0	23.80	1.35	1300	7.5	135%

Versie C2137A is verlengd ten opzichte van C2137. Hierbij is de totale breedte wat verlaagd, maar ook de dikte van de drijvers is gereduceerd. De reden hiervoor is om de golfweerstand te reduceren. De resultaten laten echter zien dat de weerstand alsnog toeneemt: het verlengen van het schip, en daarmee het vergroten van het nat oppervlak, zorgen voor een grotere toename van wrijvingsweerstand (dit is gerelateerd aan nat oppervlak) dan afname van golfweerstand (vooral vormgedreven).

Versie C2137B is een vergroting in draagvermogen. De drijvers zijn iets breder en langer dan bij C2137. Ook hier geldt dat de verhouding draagvermogen: weerstand minder gunstig wordt. De toename van draagvermogen pakt vergelijkbaar uit met het outrigger-concept:

- De catamaran heeft, bij gelijk draagvermogen, 19% extra weerstand vergeleken met de monohull.
- Vervolgens is 18% draagvermogen toegevoegd, wat 35% extra weerstand oplevert.
- Ten opzichte van de monohull zorgt de 18% toename van draagvermogen dus voor 60% extra weerstand. Namelijk: $1.35 \times 1.19 = 1.60$.
- Voor de outriggers geldt dat 15% extra draagvermogen leidde tot 53% extra weerstand.

Op basis van deze berekeningen lijkt een monohull nog altijd het meest efficiënte concept. Zoals echter ook in Ad.3 besproken wordt; moet niet alleen naar ruwe prestaties op kruissnelheid gekeken worden, maar moeten verschillende aspecten meegewogen worden. Zo moet bepaald worden of het outrigger-concept – ondanks de ongunstige performance – wel of geen betere year-round performance biedt: bij hoge vraag zijn er géén extra schepen nodig, maar worden bestaande schepen “vergroot”. Dit kan netto een energie- en kostenbesparing opleveren.

6 SUMMARY VAN ONTWERPERS VOORSTELLEN EN INNOVATIES.

6.1 C-JOB presentatie toekomstige Waddenveren concepten.

PRW Waddenveren

Concepten voor toekomstbestendige waddenveren

Jidde Looijenga, Pim Schulp en Marc van der Zwaluw



Innovatie vereisten

AS2-1

- Gewichtsbesparing van ca. 30 %
- Zuiging en Wash issues

AS2-2

- Autovervoer afhankelijk van getij.
- Gewichtsreductie
- Geluid en trillingen SES-concept

Discussiepunten/vragen

In voorstel AS2-2 wordt autovervoer afhankelijk gemaakt van getijden. Rick (RWS/PRW) geeft aan dat varen op getijden eerder geopperd is om het baggerbezwaar terug te dringen. Echter stuit dit op veel weerstand bij bewoners en burgemeesters van de eilanden ze wilden hier eigenlijk niet van weten. Het is heel belangrijk om mee te nemen dat eilanders erg gewend zijn aan regelmatige afvaarten en op die manier op de eilanden (en in de bijbehorende cultuur en omgeving) kunnen wonen zonder dat de nadelen te groot worden.

In de discussie wordt gerefereerd naar onderzoeken aan de Vrije Universiteit van Amsterdam, onder andere door Linde Egberts. Op de volgende pagina is een overzicht van verschillende onderzoeken en publicaties te vinden:

<https://research.vu.nl/en/persons/linde-egberts/publications/>

Als laatste wordt de capaciteitsbepaling bekeken: uitgegaan is van het jaargemiddelde, en vanuit dat perspectief wordt bepaald dat 1) varen op getij uit kan, en 2) dat met veel kleinere schepen en minder afvaarten gewerkt kan worden. Echter is het belangrijk te weten dat in het hoogseizoen, tickets geregeld (bijna) uitverkocht raken, en dat ook in het laagseizoen de gebruikte capaciteit erg fluctueert.

Het concept AS2-2 is een SES: een surface-effect ship. Hierover wordt door MARIN opgemerkt dat een SES erg oncomfortabel kan zijn bij korte golven. Dit wordt bevestigd door DAMEN, zij geeft aan dat de douane ervaring had uit een pilot met een dergelijk schip. De douane moet aan boord ook nog kunnen werken (rapportages e.d.), maar dit bleek vrijwel onmogelijk.

Een andere uitdaging bij een SES: wat is de minimale snelheid voor het concept écht werkt? En wordt die snelheid ook gehaald op dit korte stukje? Hoeveel afstand/tijd is nodig om op snelheid te komen? En hoe remmen we veilig af? M.b.t. tot dit laatste nog een opmerking en vergelijk met vliegtuigen: bij het landen “verlengen” vliegtuigen de vleugels voor wat extra weerstand en draagvermogen. Werkt dit idee bij een SES ook?

Wat de genoemde uitdagingen betreft wordt genoemd dat dit in detail uitgezocht moet worden. Ook DAMEN bevestigt dat een SES 2.0 wel nodig is om het werkbaar te maken op de Wadden.

Slides

Uitdagingen Waddenveren

- Relatief veel passagiers en (toeristen)auto's
- Kwetsbare omgeving
- Zero-emission eis
- Schaarste duurzame energie in NL
- Conceptontwerp variatie AS2
- 50% baggeren, niet op getijden varen
- Diepgang 1.10 meter (geul 3.10 m, springtij -1.90 m, marge 0.1 m)

Uitdagingen AS2

- Diepgang 1.10 meter
- Zero emission
- Concepten:
- Concept 1: Behoud huidige capaciteit bij minder diepgang⁹
- Concept 2: Duurzamer door reductie energiebehoefte¹⁰

\

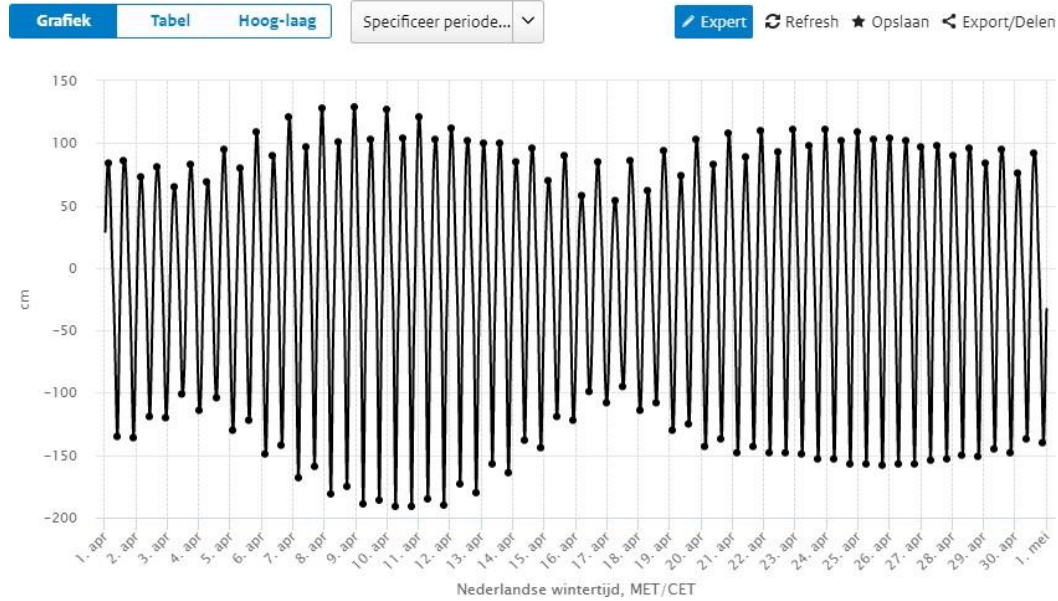
⁹ Hierbij zo min mogelijk aanpassingen op de schepen en op de capaciteiten. Het minder kunnen baggeren is hierbij de vooruitgang

¹⁰ Hierbij meer toekomstbestendig, maar voldoet niet aan de huidige eisen, vooral op het gebied van auto's

Uitdagingen AS2: Minimale diepgang¹¹

Waterhoogte Astronomisch t.o.v NAP

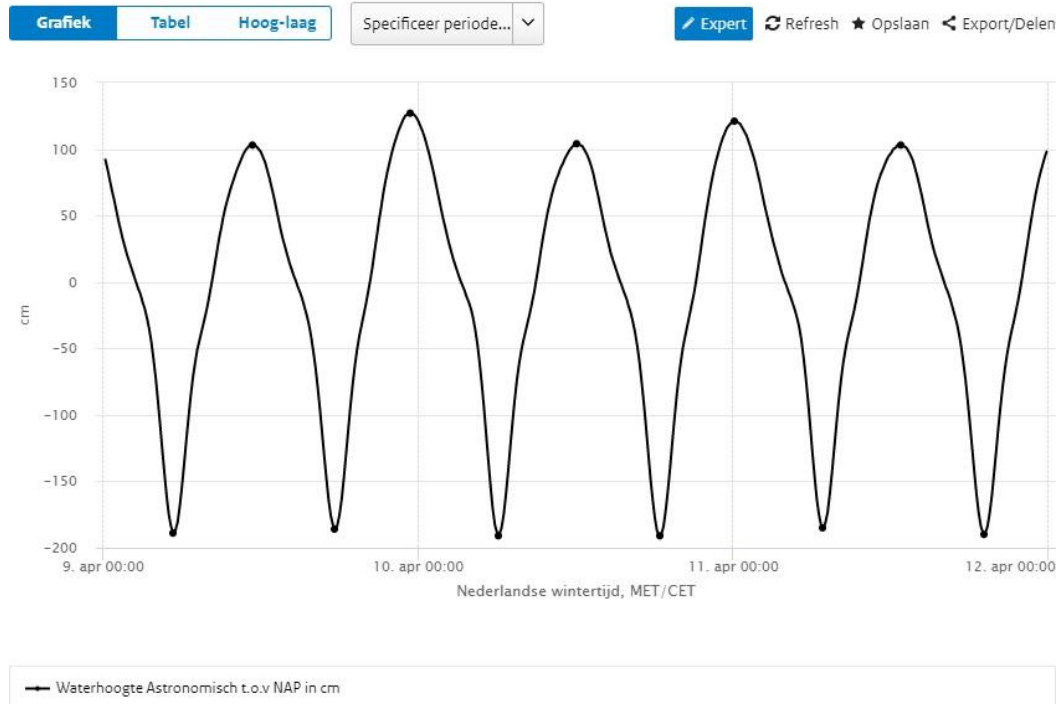
Holwerd



Uitdagingen AS2: Minimale diepgang

Waterhoogte Astronomisch t.o.v NAP

Holwerd

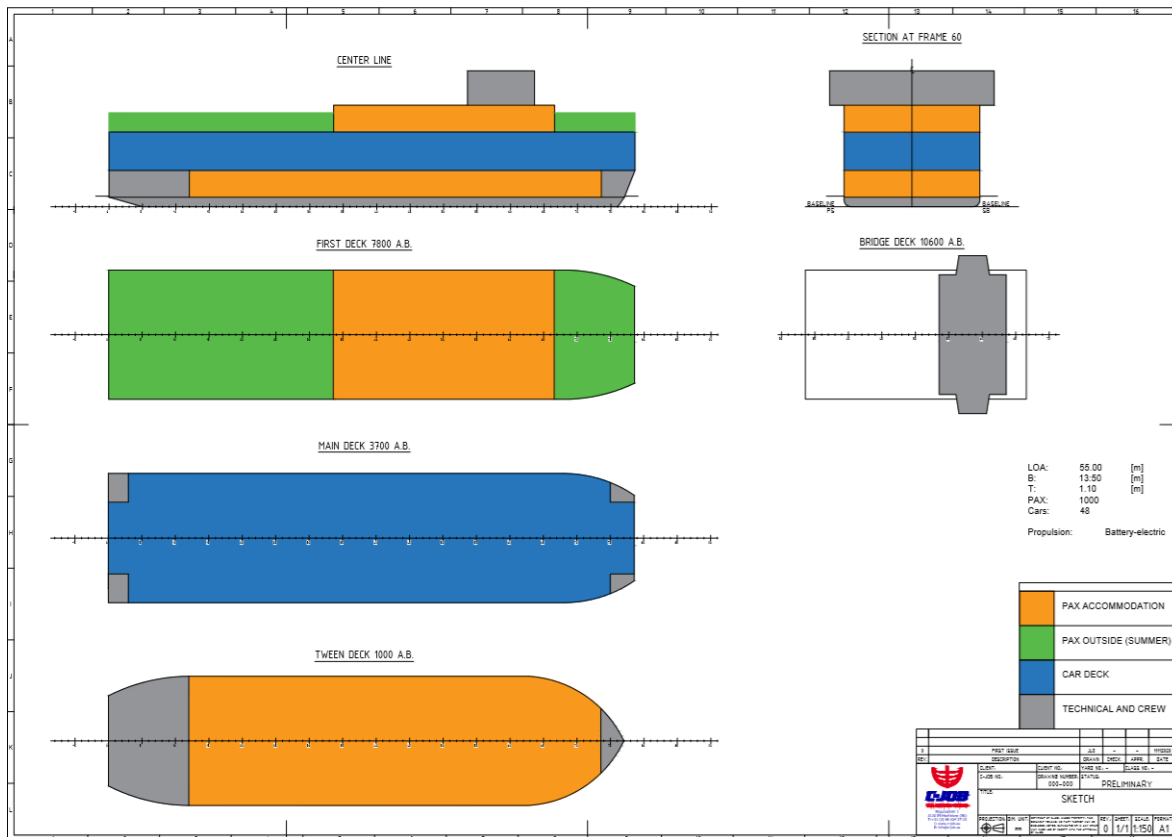


¹¹ Doel van deze pagina is om aan te geven hoe vaak het springtij voorkomt waar de minimale diepgang op gebaseerd is. April is de meest extreme maand.

AS2 C-Job concept 1

- Monohull, veel volume
- Formaat vergelijkbaar met huidige veren Lauwersoog-Schiermonnikoog
- 1000 Pax, 48 auto's
- 10 knopen
- Diepgang 1.10 meter
- Gewichtsbesparing van ca. 30 %
- Getijde onafhankelijk voor passagiers
- Getijde afhankelijk voor auto's

- Extra inzinking door gewicht (vracht)auto's: 10 cm
- Bij springtij < -180 cm, geen of minder auto's mee
- In april 2020 zou dit bij 4 afvaarten geweest zijn
- Lauwersoog-Schiermonnikoog: 2 schepen
- Ameland-Holwerd: 2 schepen + 1 voor piekmomenten



Loa: 57.00 [m]
 B: 13.50 [m]
 T: 1.10 [m]
 PAX: 1000 [m]
 Cars: 48

AS2 C-Job concept 1¹²

- Geen impact op dienstregeling
- Impact op logistiek/auto's is klein
- Focus op gewichtsreductie door materiaalkeuze en engineering
- Haalbaar per direct

- Weinig innovaties¹³
- Rompvorm in combinatie met laag water kan zorgen voor zelfde problemen huidige veren (zuiging)
- Laag kWh/PAX bij max. PAX
- Net als bij huidige schepen: lage bezettingsgraad, niet flexibel

AS2 C-Job concept 2¹⁴

- Focus op zeer lage energiebehoefte per persoon aan boord
- Huidige schepen hebben:
 - Energiebehoefte 2 kWh p.p. bij volle bezetting
 - Gemiddelde bezetting: 10%
 - Dus daadwerkelijke energiebehoefte: 20 kWh p.p.
- Concept 2: lage gemiddelde energiebehoefte door passende capaciteit

AS2 C-Job concept 2

- Lichtgewicht Catamaran
- Mogelijkheid Surface Effect Ship (SES) of draagvleugeltechnologie
 - Energiebehoefte reductie
 - Weinig golven
 - Minder diepgang¹⁵
- 180 pax
- 15-25 knopen¹⁶
- Energiebehoefte p.p. laag door flexibele bezetting
- Bij pieken hogere capaciteit door snel varen (360 PAX per uur)
- Zeer efficiënt tijdens laagseizoen/daluren

¹² Concept 1: Vervoer van pax en auto's in zelfde transport unit

¹³ Impact op reductie van emissies is klein

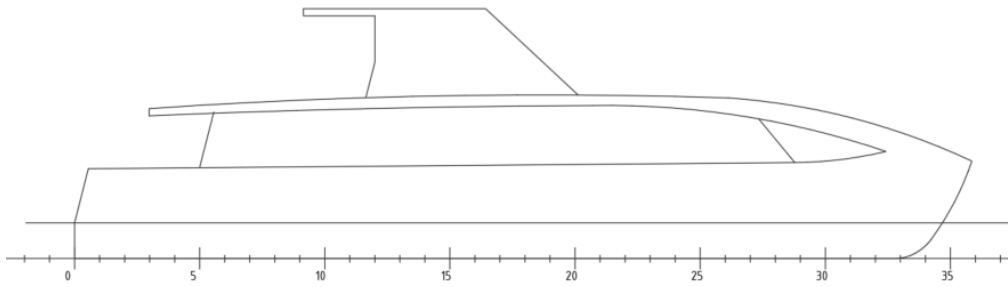
¹⁴ Concept 2: Vervoer van pax en auto's losgekoppeld

¹⁵ Minder diepgang kan hierbij ook alleen als het nodig is. Bijvoorbeeld om over een zandbank heen te komen, wanneer gewenst kan het ook uitgezet worden en het puur als catamaran varen (bij veel golven of veel wind o.i.d.)

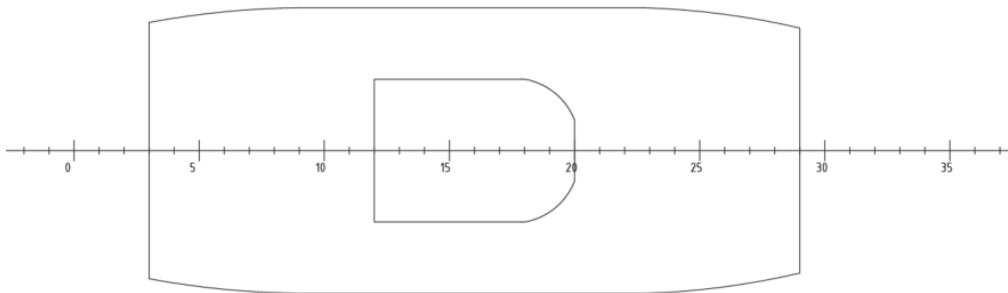
¹⁶ Afhankelijk van invloed innovaties en gewenste hoeveelheid pax per uur

AS2 C-Job concept 2

SIDE VIEW

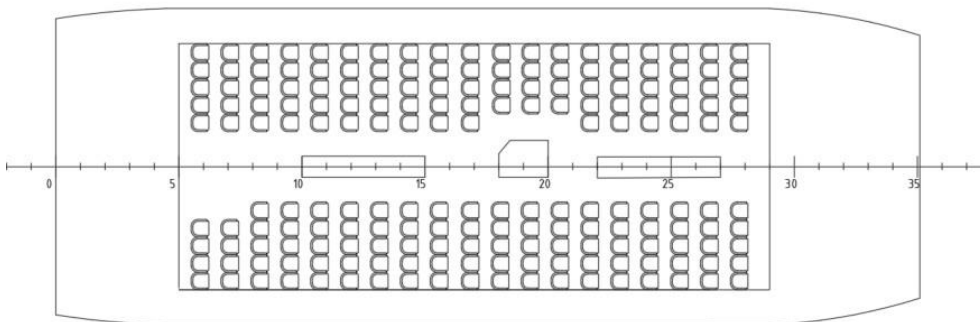


BRIDGE DECK 4200 A.B.

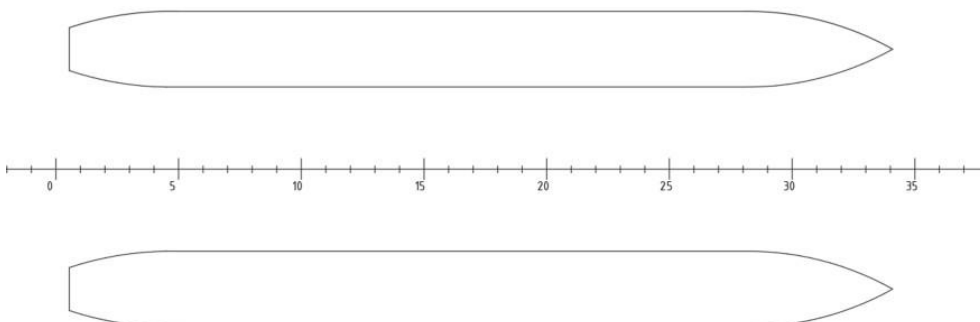


Loa: 25.00 [m]
B: 9.00 [m]
T: 1.00 [m]
PAX: 180

MAIN DECK 1500 A.B.



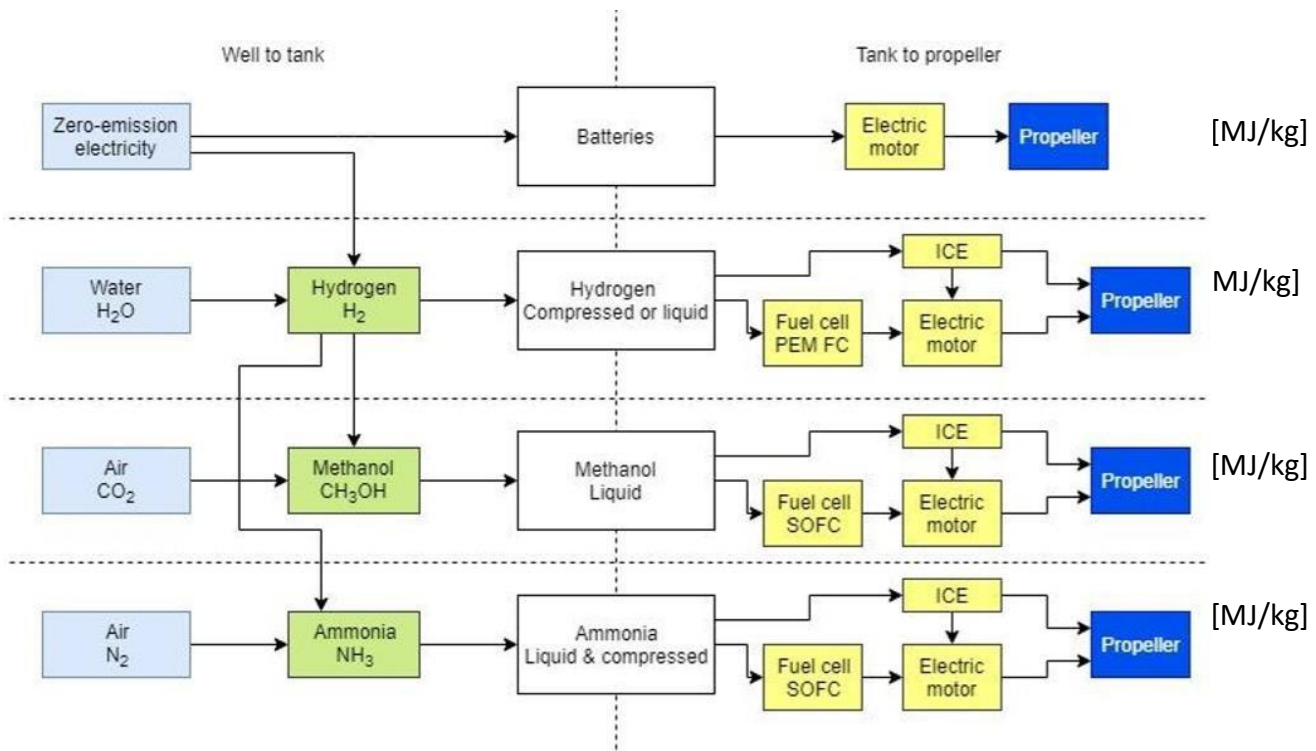
BELOW TANK TOP 1000 A.B.



- Door ontbreken auto capaciteit alleen in combinatie met autoveer
- Autoveer kan getijdeafhankelijk
- Alleen mogelijk bij serieuze reductie toeristenauto's
 - Door deel/huur auto systeem op eiland
 - Door alternatieve vervoersmogelijkheden op eiland
 - Door slimmer omgaan met logistiek¹⁷
- Combinaties met concept 1 mogelijk!
 - Bijvoorbeeld voor Schiermonnikoog 1 x concept 1 en 3 x concept 2

Zero-emission¹⁸

- Well-to-propeller emissievrij¹⁹
 - Niet afhankelijk van fossiele industrie
 - Geen opslag van emissies
- Schaalbaar
- Ethisch verantwoord
- Hernieuwbare elektriciteit
- Groene waterstof (d.m.v. elektrolyse met hernieuwbare elektriciteit)
- Groene methanol (uit groene waterstof en koolstof uit Direct Air Capture)
- Groene ammoniak (uit groene waterstof en stikstof uit Direct Air Capture)



¹⁷ Hierbij kan veel geleerd worden van logistiek in binnensteden (met veel kleinere elektrische voertuigen) en van elektrische voertuigen op vliegvelden (zeer efficiënt bagagevervoer, focus op lichtgewicht)

¹⁸ Dit is bedoeld om de discussie op gang te brengen. Wat is toekomstbestendig en wat is zero-emission? Door hier open over te zijn en ook de productie mee te nemen kan er meer draagvlak worden gecreëerd en is er minder kans dat de oplossingen gedurende de tijd dat de schepen rondvaren niet meer de goede oplossingen blijken te zijn (hierbij moet je dus eigenlijk 25 jaar of langer vooruitkijken)

¹⁹ Het opwekken van duurzame energie gaat langzaam in NL. Op dit moment (2019) is het aandeel duurzame energie 8.7%. Hiervan komt 59% voor uit biomassa (verbranden van hout in energiecentrale) waarvan niet duidelijk is of dit onder groene energie valt. Op dit moment is elektrisch varen dus maar voor een zeer klein deel emissievrij. Het produceren van Waterstof/Methanol/ Ammoniak uit groene stroom is daarmee ook verre van emissievrij. Door de beperkte beschikbaarheid van duurzame energie is het van belang om energieverbruik naar beneden te brengen en daarmee een weg in te slaan naar een meer duurzaam transportnetwerk op de Waddenzee.

Mee te nemen voor keuze hoeveelheid accu's aan boord:

- Gewicht
- Levensduur
 - Depth of Discharge
 - Charging Rate (C-rate)
 - Duurzaam?

Bij 50% DoD:

Concept 1:

- 2000 kWh accupakket: 12,5 ton²⁰

Concept 2:

- 850 kWh accupakket: 5,3 ton

Mogelijkheden/voordelen batterij-elektrisch:

- Battery Swapping (zeker bij concept 1)
- Minder trillingen
- Minder geluid
- Minder onderhoud
- Ervaring
- Voorkeur voor batterij-elektrisch omdat er vrijwel geen rendementsverlies is (zeker in vergelijking met waterstof(dragers))

Nadelen batterij-elektrisch:

- Gebruik zeldzame metalen
- Relatief korte levensduur

²⁰ Benodigde hoeveelheid energie per overtocht is hierbij een schatting. De optimale hoeveelheid accu's zal in een later stadium herberekend moeten worden

6.2 CONOSHIP-presentatie toekomstige Waddenveren concepten

Waddenveren concepten



Redmer van der Meer

Innovatie vereisten

Shallow catamaran

- Foiling/airing
- Accu gewicht
- Groene methanol
- Prijs, rendement en levensduur waterstof

Veerboot

- Op tij varen kapitaalintensiever
- Verhouding tot baggeren

Socio-economisch

- Minder/geen auto's?
 - Bagagesysteem
- Op tij varen?
 - Passagiers (bijna) hele dag
- Voor/tijdens concessie?
- Intrinsieke waarde energie/auto overzetten

Innovatietraject – onderzoek

Onderzoek CAPEX & OPEX & Emissies

Drie mogelijkheden lengte vaarweg

Drie mogelijkheden baggerij

Drie vlootconcepten (incl. dienstregeling)

27 mogelijkheden → optima zoeken

Kan in 2021 → toepassen vanaf 2029 ?!

Discussiepunten/vragen

De concepten van Conoship gaan grotendeels uit van batterijvoorstuwning, terwijl andere designbureaus juist waterstofoplossingen lieten zien. Waarom wordt deze keuze gemaakt? Het antwoord luidt dat de verwachting (van Conoship) is dat met name het (snel) tanken nog niet mogelijk is wanneer deze concepten in de praktijk worden gebracht. Dat betekent dus veel opslag van waterstof, terwijl er maar relatief weinig accucapaciteit nodig is²¹ omdat die wel snel geladen kan worden. Hierdoor valt het theoretische gewichtsvoordeel van waterstof ten opzichte van batterijen weg. Daarnaast is het uitgangspunt: om waterstof te maken is ook weer energieomzetting nodig, met bijbehorende verliezen. Waarom niet dat verlies voorkomen? Als je stroom hebt, blijf dan bij stroom en ga het niet eerst omzetten. In de concepten van Conoship wordt dus uitgegaan van (beperkte) accucapaciteit die na elke reis opgeladen moet worden.

²¹ De ontwikkelingen van batterijen gaan momenteel zeer snel juist omdat de automobielenindustrie hier nu ook vol op inzet, inclusief de zwaardere toepassingen.

Er is ook een discussie over het uitgangspunt: niet meer baggeren. In hoeverre kun je überhaupt nog wel een schip ontwerpen zonder te baggeren én zonder op getij te varen? Conoship constateert dat aantallen m.b.t. wekelijks/maandelijks baggervolume duiden op circulatie van het materiaal. Als er écht minder gebaggerd moet worden, moet er ook *anders* gebaggerd worden. Ter informatie wordt gemeld dat er binnenkort een MIRT-studie wordt gestart naar de Lange Termijn bereikbaarheid tussen Holwerd en Ameland. Een van de te onderzoeken varianten is het eventueel verplaatsen van de haven van Holwerd naar Ferwerd: momenteel ligt deze op de plek waar beide zeestromen elkaar tegenkomen (hier was ooit een dijk met rijbaan), op het wantij. Hierdoor verzandt het vaargebied rond de haven erg sterk.

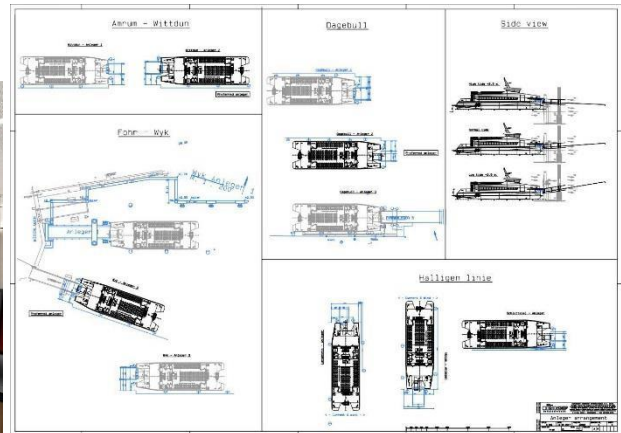
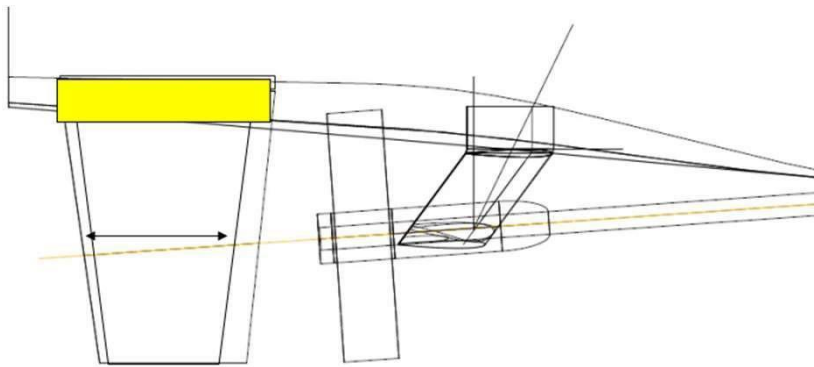
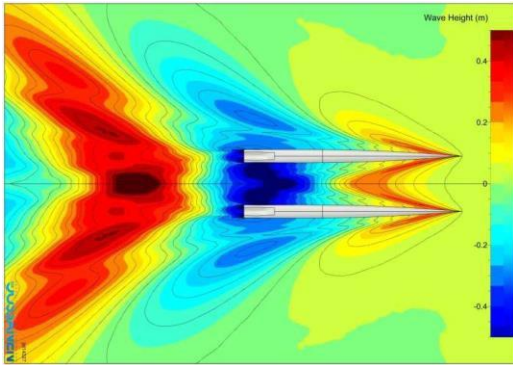
Wat betreft het ontwerp voor minimale diepgang – iets wat door verschillende ontwerp bureaus als een erg grote uitdaging wordt gezien – wordt nog aangegeven dat de *intentie* is om *minimaal* te baggeren, daarbij bedenken dat écht nul baggeren onrealistisch is. Maar de scheepsontwerpen van de toekomst moeten wel in mogelijkheid voorzien om het baggervolume drastisch te verlagen.

Slides

Veerboten Conoship

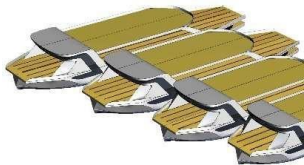
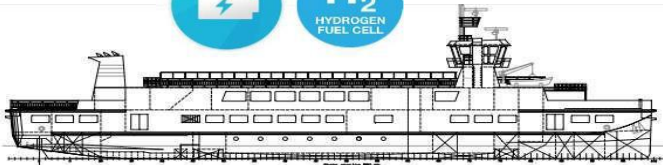
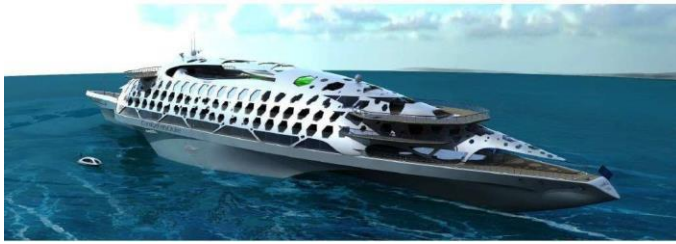


Ontwikkeltraject Rüm Hart



Onderzoek en ontwikkeling

- Comfort Ferry Cruise (2009)
- Zero emission ferry refit (2010)
- Shallow draft ferry fleet mix (2014)
- Methanol catamaran (2020)

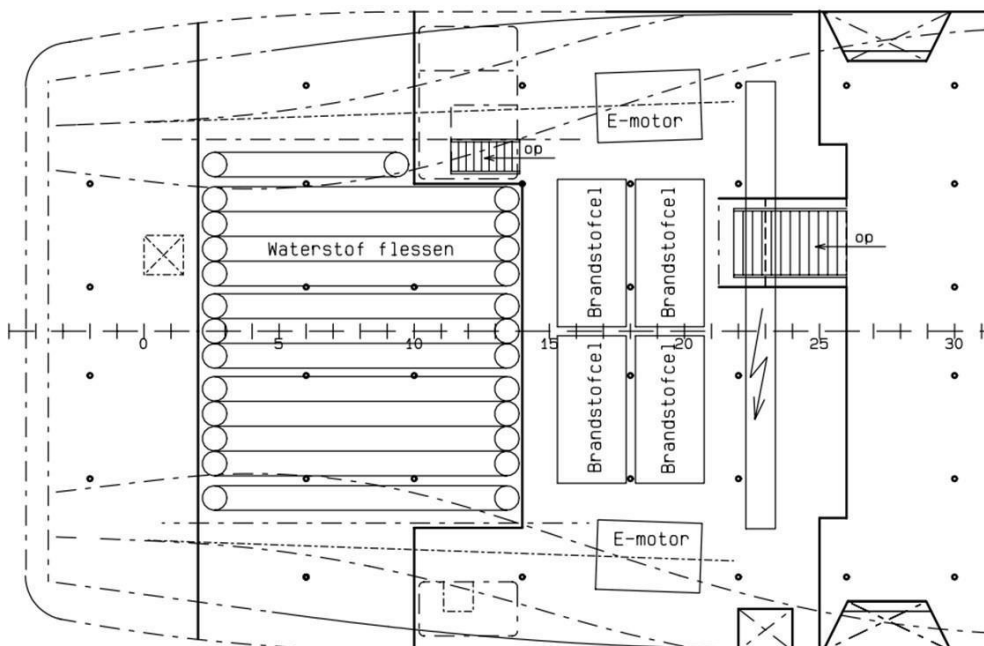


Zero emission refit (2010)

Technische haalbaarheid

- 3800 kWh accu
- 4x160 kW Fuel Cell
- + 810 kWh accu
- + 600 kg H2

Investeringskosten te hoog



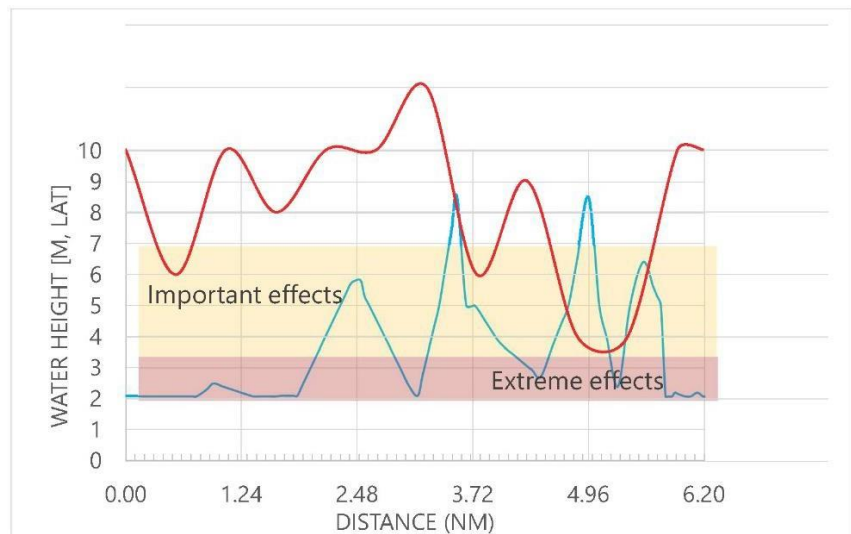
Uitdaging

- Minder baggeren
- Zero emissie
- Getijde-onafhankelijk
- Groei vervoer
- Betrouwbaarheid
- Vertraging
- Concessie (2029)
- Vervoersbewegingen



Casussen

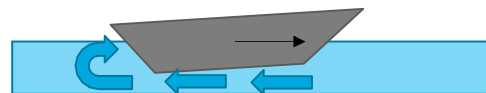
- Vlieland
- Terschelling**
- Ameland
- Schiermonnikoog

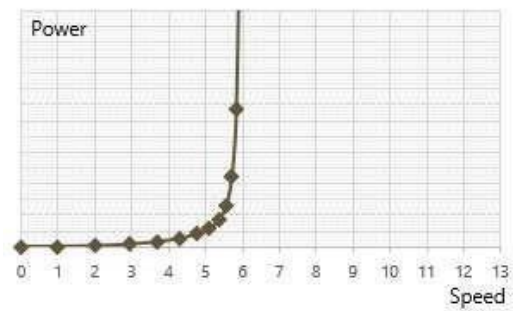
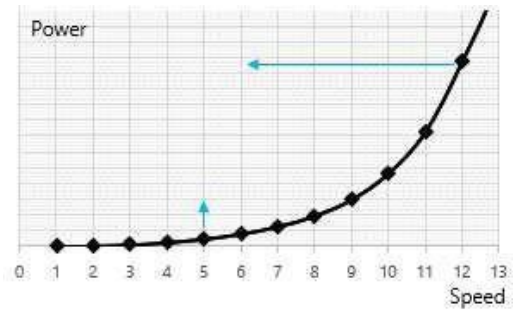


Varen op ondiep water

Relaties

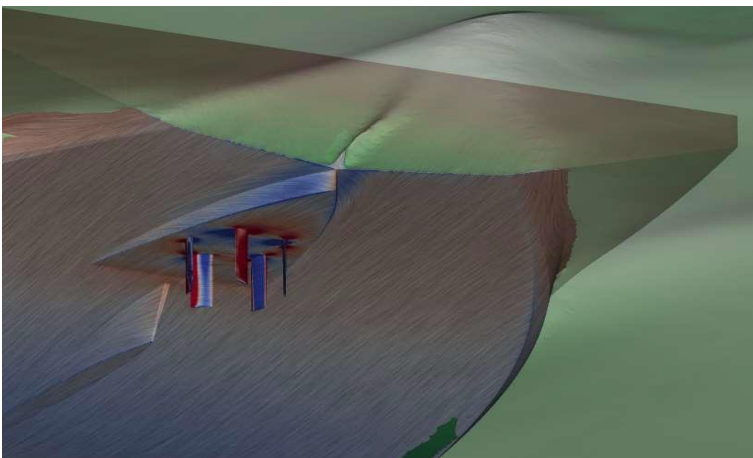
- Lengte vaarweg
- Scheepsgrootte
- Snelheid
- Waterhoogte





Integratie scheepsontwerp

- In kaart brengen eisen
- Juiste hoofdafmetingen
- Bemanningseisen
- Optimalisatie gewicht
- Optimalisatie (lek)stabiliteit
- Optimale voortstuwing
- Optimale routing aan boord
- Keuze brandstof



Analyse Casus Ameland**>50% baggerreductie**

Deels op tij varen

845 auto's

12000 passagiers

Veerboot 25% totale verbruik Ameland



Veel baggeren

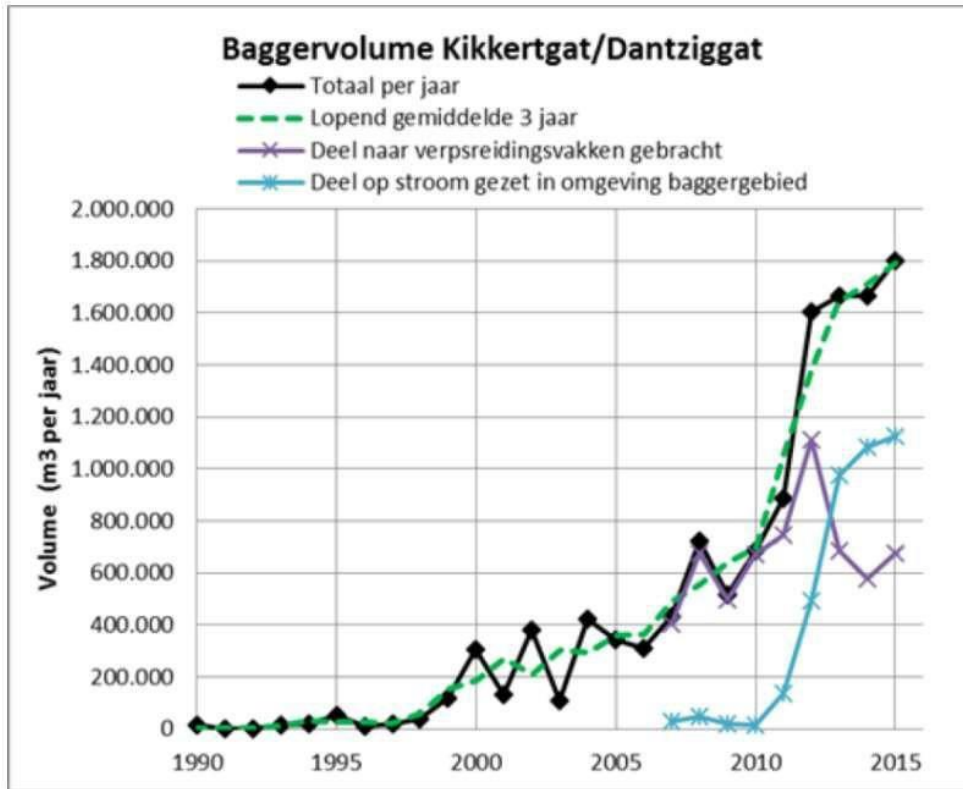
1 tot 2 miljoen m³ baggeren = 5 km x 100 m x 30 m ?

Circulatie!

Minder baggeren?

Diepgang 1.10 – 1.60

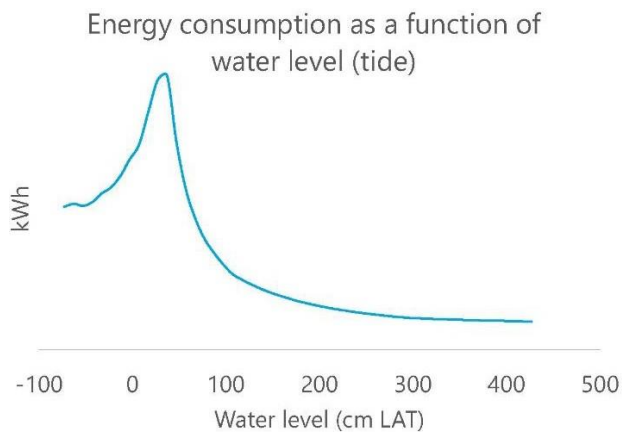
(min. 0.50 – 1.00 m)



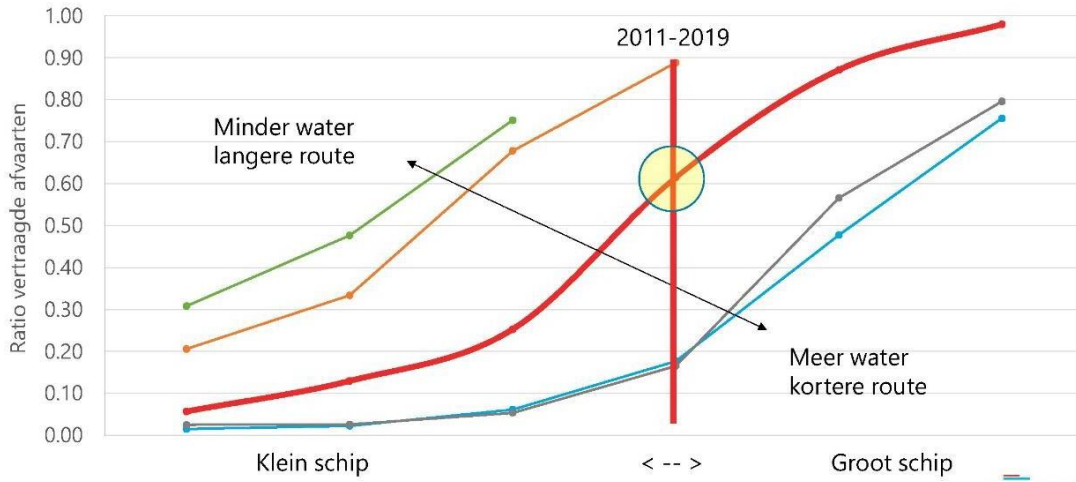
Rekenmethodiek ondiep water

Extreme toename brandstofverbruik bij minder water

1 uurs dienst



Vertraging (uursschema)

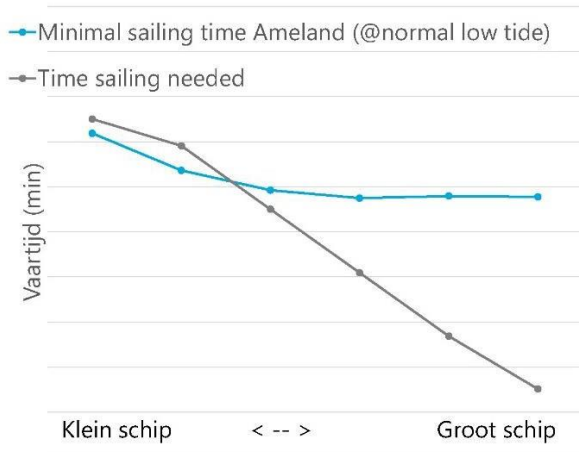


Vaartijd vs. Laden en lossen

Groter schip
 = langere laadlostijd
 = minder vaartijd

Oplossingen:

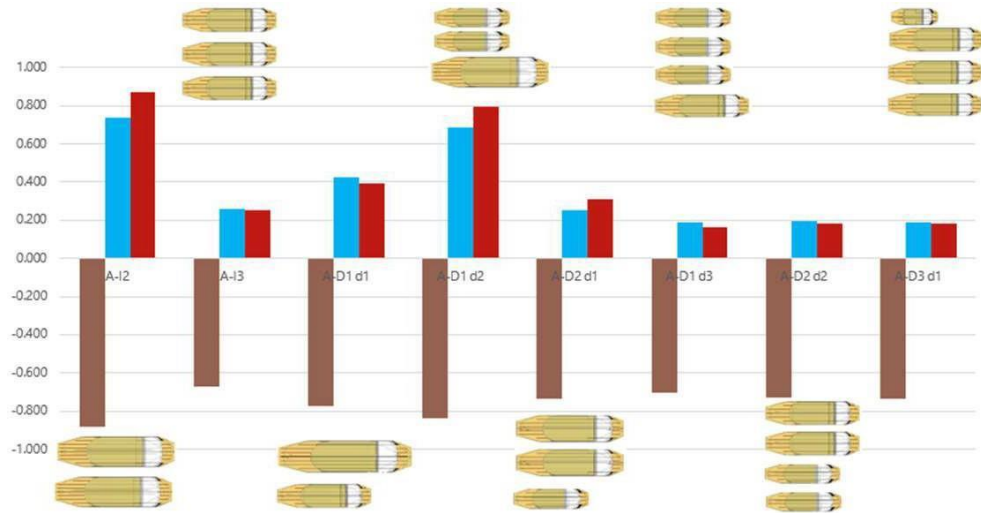
1. Meer omlooptijd
2. Kleinere schepen
3. Kortere vaarweg
4. Lostijd verkorten



Optimaal schip - vlootconcept

1 schip 15% verbeteren
 Vloot > 100% verbeteren

Randvoorwaarden
 Zeer gevoelig



Auto's en vracht vs. personen

1 auto = ± 15 pax

80.000 auto's – 700.000 pax

Dus relatief meer auto's dan mensen

Pieken dagtoerisme
 overcapaciteit



Casus uitdaging (MARIN info)

Diepgang = 1.10 – 1.60

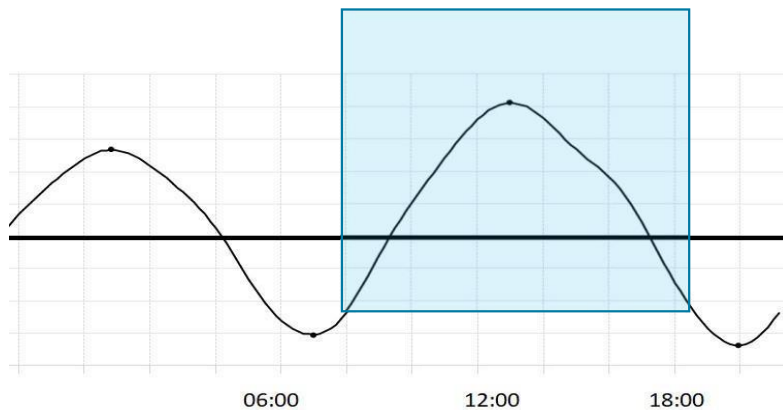
Zomerweek oostenwind?

Tijdspanne 9 uren? + 1?

Nu 16 uren!

Dagjesmensen?

Focus technische oplossing

**Uitwerking casus**

Concept:

Passagiers op TIJD-schema

Vracht/auto's met tij/op TIJ-schema

Realistisch in 2029

Passagiersvervoer 2029

3 x catamaran

250 pax (150 binnen)

Diepgang 1.40 meter

Methanol Halfuursdienst (20 kn)

750 kW

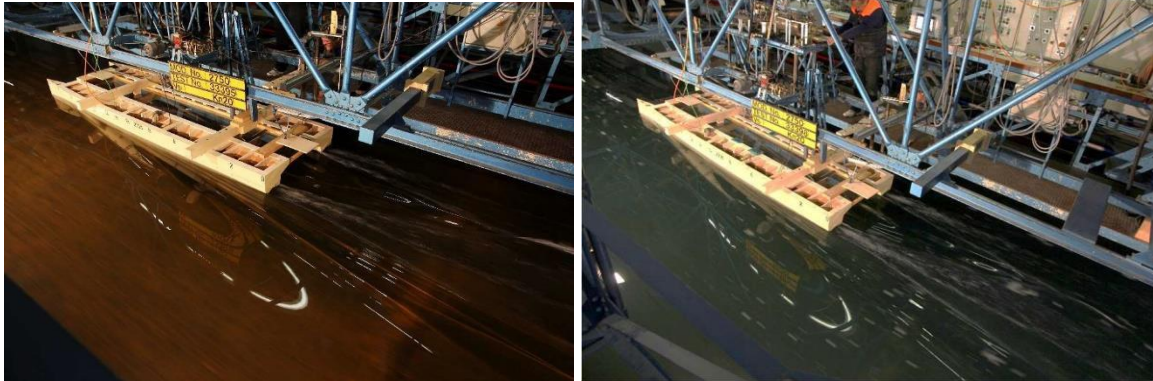
$3 \times 14 \times 250 = 10500$ pax

(nu $2 \times 6 \times 1000 = 12000$)

Rompvorm snelheid

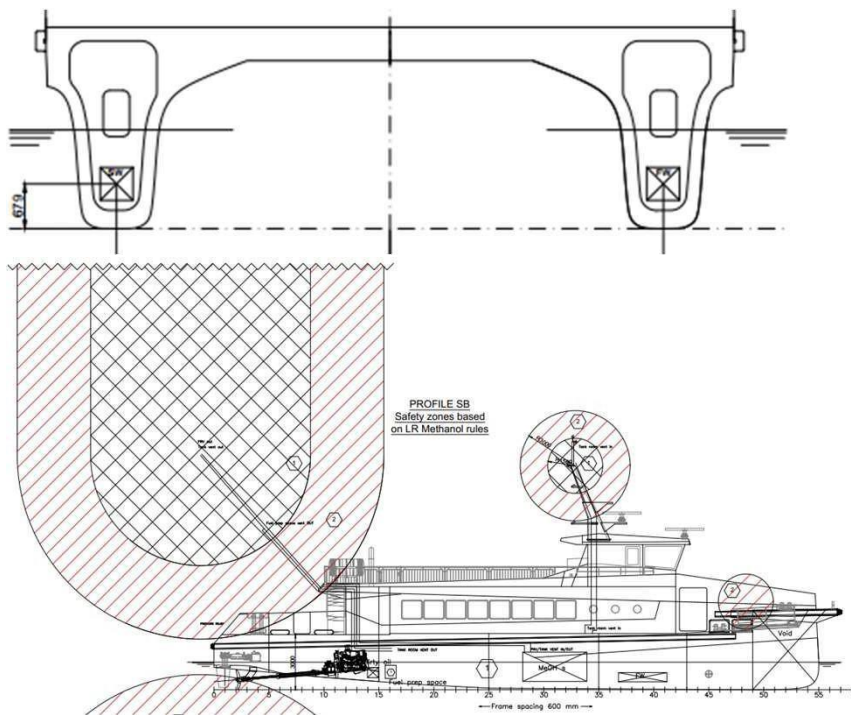
Prestatie ondiep water

Geen vertragingen t.g.v. ondiep water



Catamaran - technisch

Uitgangspunt geen gewichtstoename
 Methanol verbrandingsmotor
 Technisch gevalideerd concept
 Groene methanol Bio-MCN



Auto's en vracht

Allen met tij meevaren
 1 of 2 afvaarten per dag met 1 schip

Bij voorkeur alleen vracht.
 Geen auto's meer meenemen.
 Bagage AGV systeem (valet)

Wel extreem - streven

Auto's en vracht (2029)

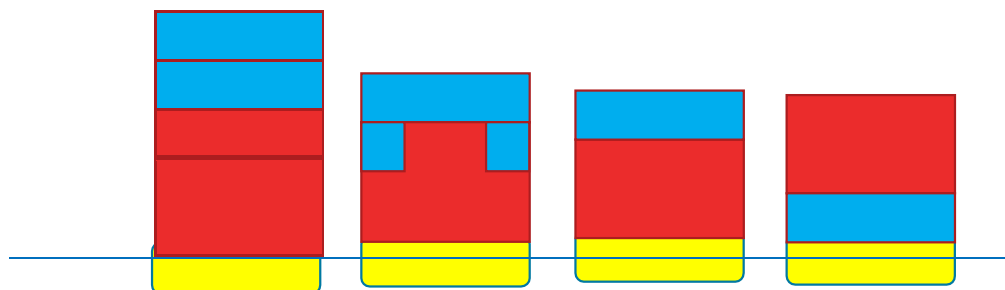
- 2 x grote veerboot (double end)
 - 100 auto's – 300 pax
 - Diepgang 1.60 meter
- 75 min dienst (bij laagtij 90 min)
 - Snelheid 7-9 kn
 - <1000 kW

2 x 5 x 100 = 1000 (+3000 pax)

(nu 2 x 6.5 x 65 = 845) 06:00		07:15
08:30		09:45
12:00 LW		
13:00		14:15
15:30		16:45
18:00		19:15

Dekverdeling

Romp
Passagiers
Autodek



Veerboot - technisch

- 5 autobanen
- 4900 kWh batterij system
- Voortstuwing
 - Schroef/VSP/Paddle





Oplossing 2029

- Halvering reistijd passagiers (onafhankelijk van tijd)
- Hoge betrouwbaarheid vaartijd
- Verlaging kWh verbruik & Emissie-neutraal
- Varen buiten laagste tijd (charme vs. continuïteit)
- Vervoersbeweging vs. verstoring

Lange termijn 2050

- Bijna niet baggeren
- En verkorten vaarroute?
- Minder vaarbewegingen
- Geen auto's meer invoeren
- $T = < 1.00 \text{ m}$
- Volledig Zero Emissie

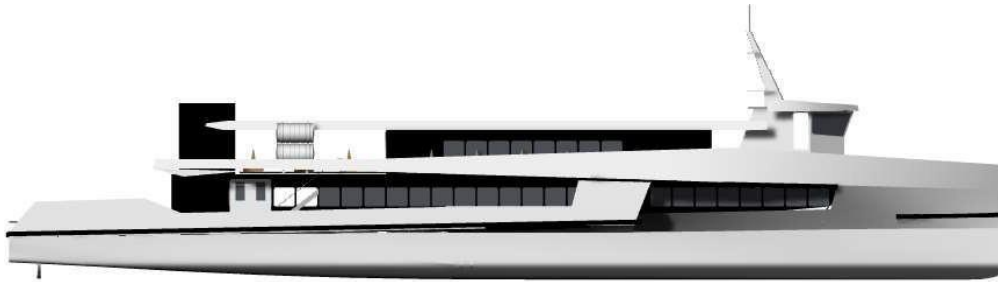
Hoe ziet dat eruit?



Passagiersvervoer

2 x shallow-catamaran
 500 pax (350 binnen)
 Diepgang 0.90 meter
 Zero emissie (batterij)
 Halfuursdienst (20 kn)
 1200 kW

2 x 11 x 500 = 11000 pax
 (nu 2 x 6 x 1000 = 12000)



Auto's en vracht (veerboot)

2 x grote veerboot (double end)
 80 auto's
 Diepgang 1.20 meter
 75 min dienst (bij laagtij: >90 min.)
 Snelheid 7-9 kn
 300 pax
 <900 kW

1x4x80 – 640 (+2400 pax)
 (nu 2x6.5x65=845)

06:00	07:15
08:30	
12:00 LW	
	14:00
15:30	16:45
18:00	19:15

Veerboot technisch

- Ondiep, lang schip
- Batterij
- Uitdaging → laag gewicht
- Of 1 boot?

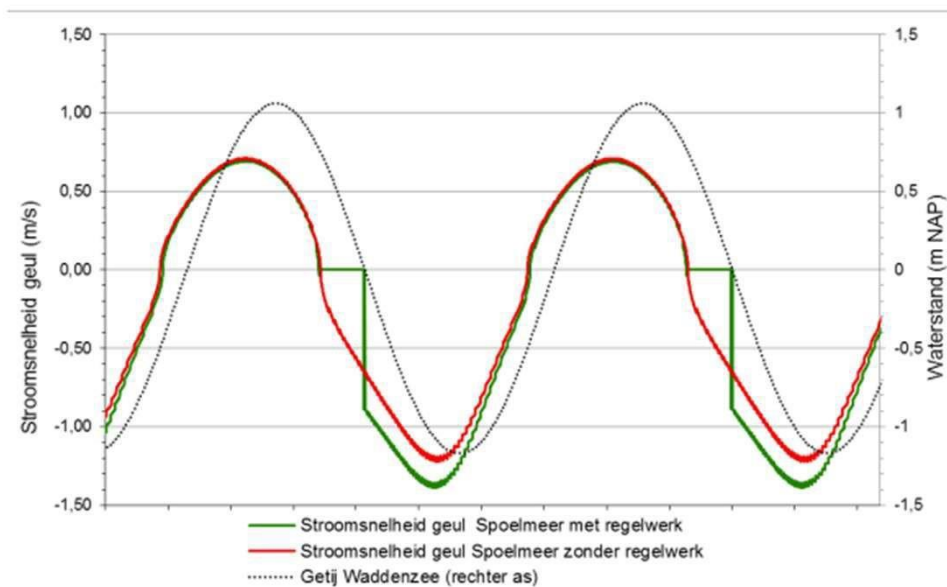


Oplossing 2050

- Zeer betrouwbare veerdienst & minimaal baggeren
- Verlaging kWh verbruik & zero emissie
- Verlaging vervoersbewegingen
- Ca. 50% minder auto's naar Ameland?
- Varen buiten laagste tij
- Langer ontwikkeltraject om extreme ontwerp(en) mogelijk te maken

Combinatie 'natuurlijk' baggeren

- Extra komberging 'Holwerd aan Zee'
- Bij vloed blijft langer stromen in geul
- Water vasthouden in kom tot eind eb; dan sluizen open
- Geul doorspoelen → stroomsnelheid laatste eb vergroten
- Innovatief 'met natuur mee' helpen spoelen
- Varen in vloeibare modder
- Veerboot ebstream meegeven



Figuur 5.2 Grafiek met de stroomsnelheden in de geul voor de situaties met en zonder regelwerk en het getij in de Waddenzee.



6.3 DAMEN presentatie toekomstige Waddenveren concepten

Duurzame mobiliteit Wadden 2050



Damen

Innovatievereisten

Technische innovaties (concept 1)

- Intrekbare draagvleugels
- Onderwater straalmotor
- Waterstof energie opslag, alt. methanol
- Lichtere constructies met biomimicry en 3D printen
- Noise cancelling hovercraft

Technische innovaties (concept 2)

- Toepassen windenergie
- Propellor om tegen wind in te varen
- Als er geen wind is, elektrisch
- Gebruik van getij, smart routing

Discussiepunten/vragen

In het DAMEN-concept is de *Waddenbeleving* opgenomen: een langzaam schip dat vakantieverkeer en toerisme naar de overkant brengt. De gedachte is dat langzaam varen prima is voor deze groep personen. Deze Waddenbeleving vaart maar enkele keren per dag tussen de eilanden, en ook de genoemde capaciteit is niet groot. Vandaar de vraag: hoe past dit gezien de huidige (enigszins bekende) vervoersstromen? Heb je zo niet veel te weinig capaciteit voor toeristisch verkeer?

Het antwoord luidt dat een belangrijk speerpunt van het DAMEN-concept is dat verkeerstromen worden *ontkoppeld*: eilanders hebben beschikking over sneller, betrouwbaar en regulier transport, maar toeristen zullen rekening moeten houden met het getij, bijvoorbeeld. Het capaciteitsvraagstuk is ook (nog) niet tot in detail uitgediept, maar een van de belangrijke ideeën is dat er een groot schip is voor het toerisme – dat mogelijk vooral bij pieken wordt ingezet – terwijl de eilanders bediend worden met kleinere shuttles. Hierdoor kan de gedachte van “snel varen met grote schepen” losgelaten worden. Onderdeel van het concept is daarom wel dat auto's ten behoeve van toeristen ook niet meer vervoerd worden van/naar de eilanden.

De shuttles van DAMEN zijn ontworpen rondom het Wing-In-Ground principe (WIG). Een belangrijk nadeel van dit type schip (of vliegtuig) is dat ze mogelijk een verstorende wash wave achterlaten. De schepen drukken namelijk water naar beneden op een redelijk groot oppervlak en met hoge snelheid, en creëren daarmee een soort mini-tsunami effect: een heel lage, lange golf die je nauwelijks ziet, tot hij bij de kust of kade arriveert. Dit probleem is niet voorbehouden aan WIG schepen, ook een schip als de waterbus bij de Drechtsteden produceert geen hoge golf (maar varen wel iets minder hard), maar juist een lage, lange golf die veel energie bevat. Zelfs een groot baggerschip als de Vox Maxima begon te bewegen nadat de veel kleinere waterbus passeerde. Om dat dit fenomeen nauw samenhangt met de eigenfrequentie van afgemeerde schepen, is de verwachting dat dit op het wad niet voor problemen zal zorgen. Buitenlandse ervaring met deze lange golf heeft wel geleerd dat deze een oorzaak kan zijn van oevererosie. Hier is in Nederland niet veel expertise over.

Het is van belang dit soort effecten vroegtijdig op het netvlies te hebben: er zijn al eerder snel varende concepten geweest, die achteraf langzamer moesten varen en daarmee beloofde planningen of reistijden nooit waar konden maken.

Een belangrijk aspect aan het DAMEN concept (niet alleen overigens) is dat de overheid een voortouw moet nemen: een totaalblauwdruk van de toekomstige waddenveren kan niet overgelaten worden aan (losse) marktpartijen die elk op een deel van de routes opereren. De blauwdruk moet juist opgesteld worden door de overheid, inclusief randvoorwaarden en typen schepen/boten die nodig zijn om het geheel werkelijkheid te laten worden. De precieze detail-invulling van die schepen (als onderdeel van een grotere logistiek concept) kan overgelaten worden aan meerdere marktpartijen.

Het DAMEN-concept bevat ook een (drijvende) hub: vanaf de kade word je eerste naar deze hub(s) gebracht, voordat je overstapt op bijvoorbeeld de Waddenbeleving. Hierdoor wordt de diepgangseis nabij de havens gereduceerd, en daarmee zou het baggerbezwaar ook af kunnen nemen. Belangrijke vraag echter: hoe gaat dit met het afmeren met vervelende wind en/of golven? Dit zijn engineering details maar wel van belang!

Slides

Wadden 2050 uitgangspunten

- Geen personenauto's meer van/naar eiland
- Zero emission transport op eilanden
- "Golfkarretjes" en elektrisch onbemande taxi's. Vracht d.m.v. gestandaardiseerd systeem
- Vrachtvervoer onafhankelijk van personenvervoer.

Gebruikers van de Waddenveren in 2050

Eilandbewoners:

- 's Nachts op het eiland, overdag op het vaste land Liever niet met toeristen op een boot
- Wens voor korte overtocht (zo min mogelijk wachttijd) Solo reizigers
- Goedkope overtocht gewenst

Vakantiegangers:

- Groep gebonden reizigers
- Reis is onderdeel van de vakantie
- Focus op genieten, beleving
- Comfort tijdens varen
- Bereid meer te betalen indien meer kwaliteit geboden

Scholieren

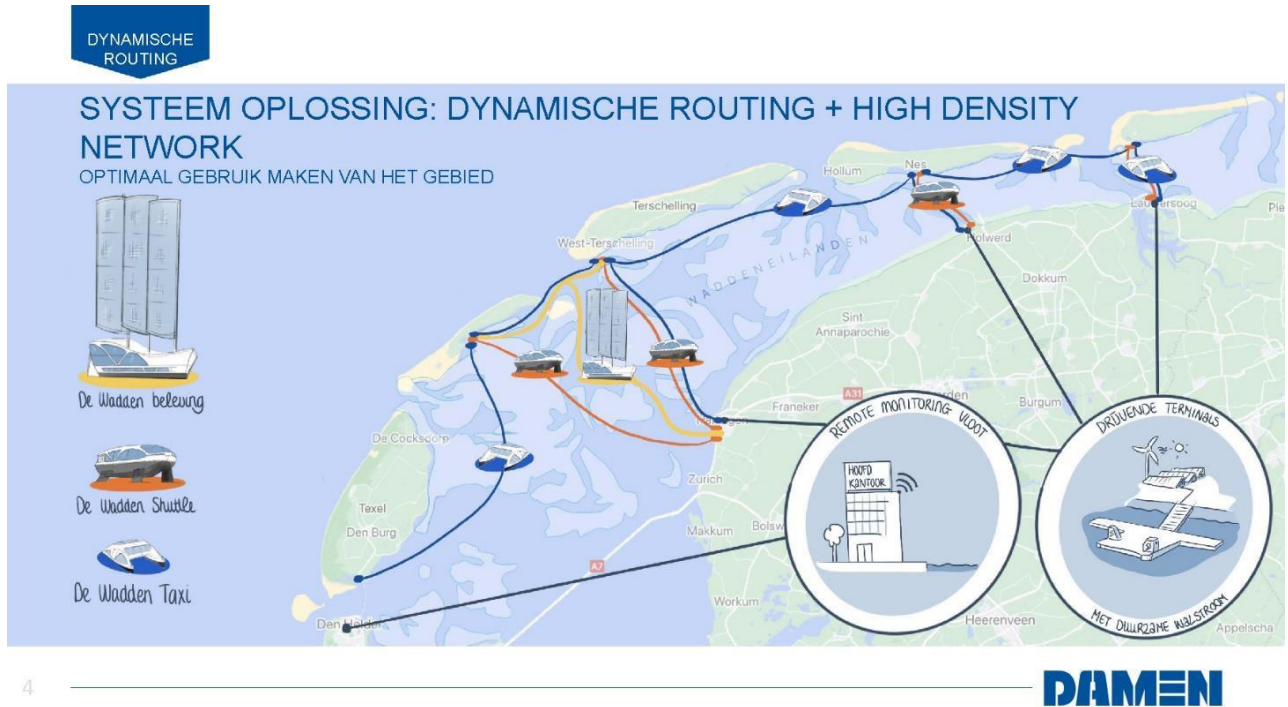
- Inter eiland transport
- Dagelijks naar de vaste wal op vaste tijden Ochtend en middag piek
- Groep gebonden reizigers (met fietsen?)

Leveranciers

- Korte overtocht voor materieel
- Bevoorrading van winkels etc?
Vrachtvervoer incl. leveranciers buiten beschouwing gelaten

Systeem oplossing: dynamische routing + high density network

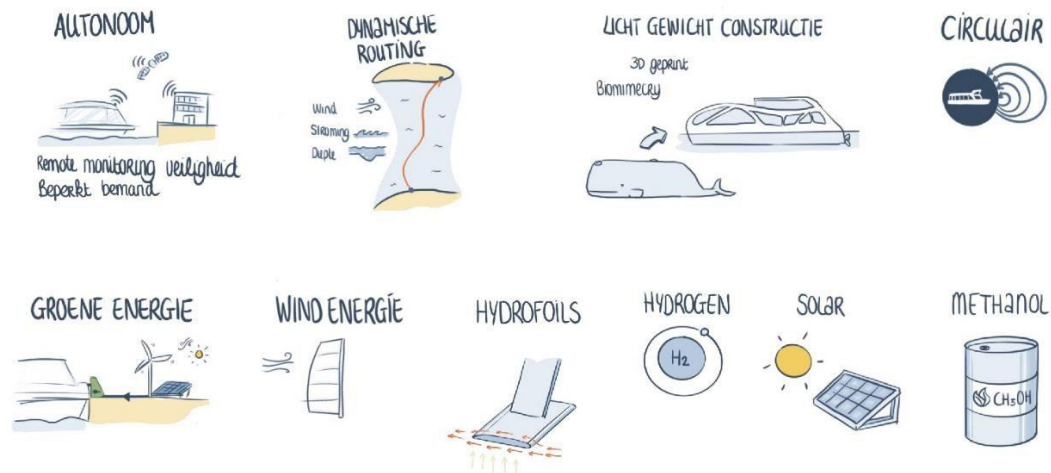
Optimaal gebruik maken van het gebied



Kernelementen

VERVOERSYSTEEM VISIE

KERN ELEMENTEN



Veerconcept 1: Wadden shuttle

Doel

- Regelmatig vervoer van vaste bewoners, huisjes eigenaren van de eilanden, personen die werken op de eilanden, scholieren etc.

Transportoplossing

- Elke 30 minuten van A naar B en vice versa
- Volledig automatische boekingen (vraag en aanbod optimaal op elkaar afgestemd) Extra vraag zal opgelost worden door meer schepen in te zetten en vice versa
- De shuttles zijn onderdeel van een infrastructuur in eigendom van de overheid Afschrijving van middelen over zeer lange periodes
- Operatie d.m.v. concessies
- De waddenshuttles zijn op alle eilanden en routes inzetbaar

Ontwerp

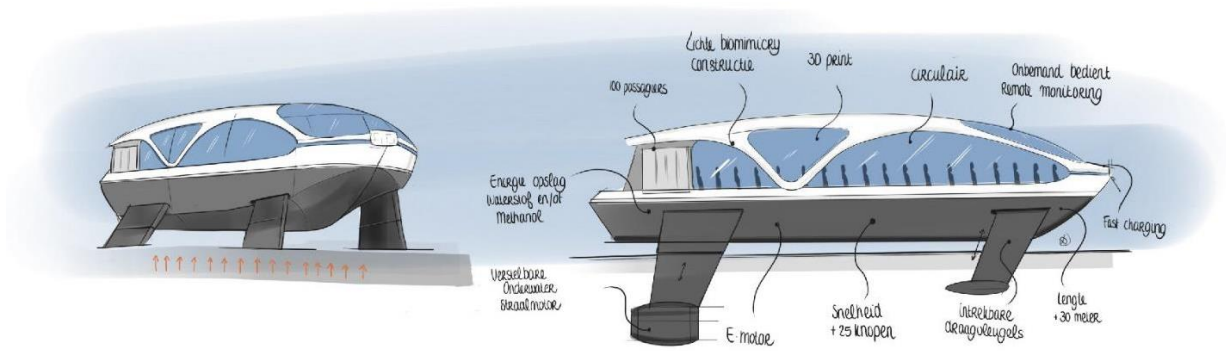
- Snelheid: 25+ knopen
- Voortstuwing: Volledig elektrisch (waterjet voortstuwing met 2 E-motoren)
- Capaciteit: 100 passagiers, comfortabele stoelen, goed uitzicht, toilet, rolstoelen, fietsen, bagage, beperkte catering
- Afmetingen: Lengte +/- 30m, Diepgang 1,0m of minder
- Docking plug voor fast charging aan elke kant van de route
- Onbemand, remote monitoring
- Circulaire techniek en componenten

Technische innovatie behoefte

- Intrekbare draagvleugels
- Onderwater straalmotor
- Waterstof energie opslag, [alt. methanol](#)
- Lichtere constructies met biomimicry en 3D printen
- Noise cancelling hovercraft

CONCEPT 1

DE WADDEN SHUTTLE

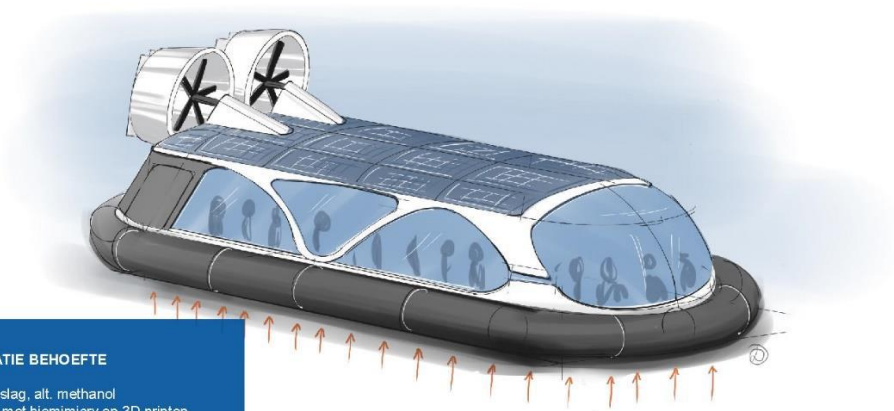


7



CONCEPT 1

DE WADDEN SHUTTLE - (SILENT) HOVERCRAFT VERSION



TECHNISCHE INNOVATIE BEHOEFTE

- Waterstof energie opslag, alt. methanol
- Lichtere constructies met biomimicry en 3D printen
- Noise cancelling hovercraft
- Super silent air propellers

8



Veerconcept 2: de Waddenbeleving

Doel

- Focus op vakantiegangers, doet het langs over de overtocht maar is ook het goedkoopst Varend restaurant geënt op beleving, onthaasting, nuttige tijd
- Nadruk op stilte en beperking van verstoring omgeving

Transport oplossing

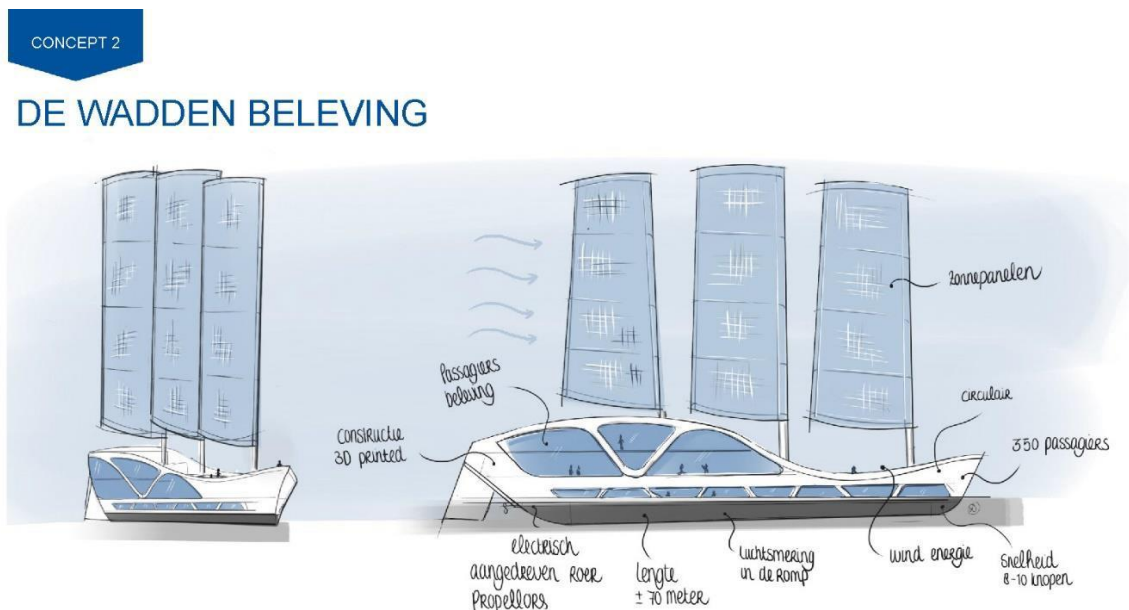
- 2 x per dag een overtocht met lage ticketprijs
- Gebruik maken van windkracht, getij en smart routing over specifieke wadden gebieden Bemanning ten behoeve van restaurant bedrijf, veiligheid en nautische taken
- De vaartuigen zijn onderdeel van een infrastructuur in eigendom van de overheid. Afschrijving van middelen over zeer lange periodes
- Verhuur aan concessiehouders

Ontwerp

- Snelheid: 8 – 10 knopen vrijvarend.
- Voorstuwing: Wind + 4 kleine roer propellers aangedreven door E-motoren / batterijen Capaciteit: 350 passagiers, fietsen, bagage, beperkte vracht.
- Afmetingen: Lente 70m, breedte 14m Diepgang 1,0m
- Geschikt voor DP en hulp voortstuwing
- Onbemand, remote monitoring
- Circulaire techniek en componenten

Technische innovatiebehoefte

- Toepassen windenergie
- Propeller om tegen wind in te varen
- Als er geen wind is, elektrisch
- Gebruik van getij, smart routing



Veerconcept 3: Wadden taxi

Doel

- On demand vervoer voor eilandbewoners, snelste en meest flexibele manier van transporteren
- Private en VIP Vervoer in huiskamerstijl

Transport oplossing

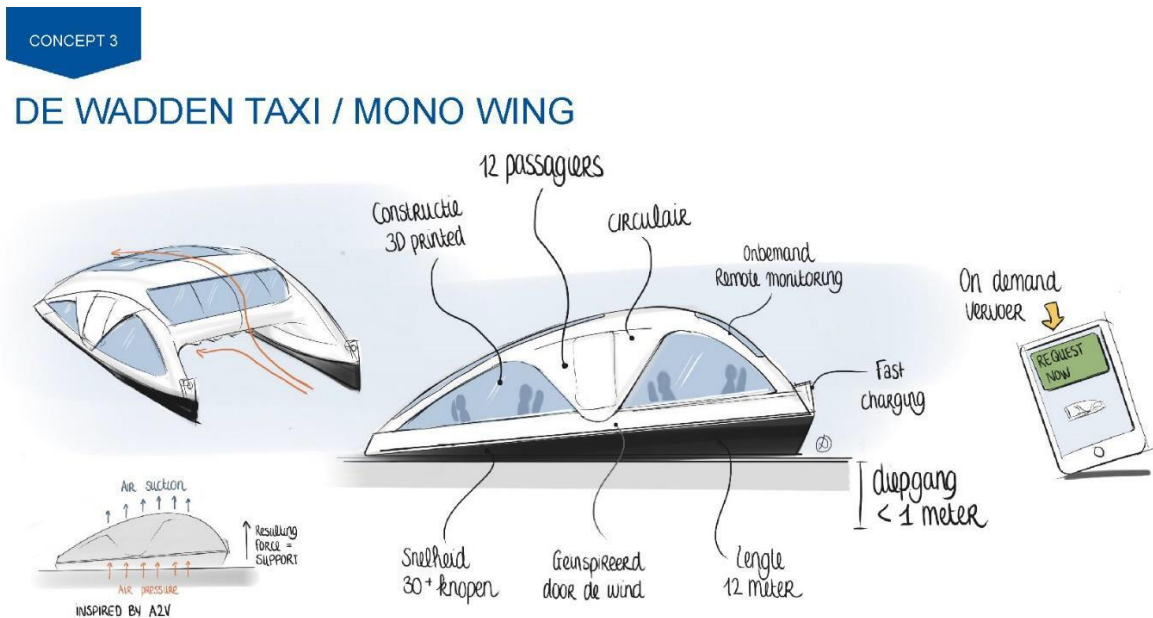
- On demand aanwezig, te bestellen via app
- De private taxi's worden aan de markt over gelaten en middels concessies gegund aan private partijen.

Ontwerp

- Snelheid: 30+ knopen;
- Voorstuwing: Volledig elektrisch.
- Afmetingen: Lengte 12m; Diepgang 1,0m
- Capaciteit: max. 12pax, (hand) bagage, geen fietsen, geen vracht.
- Docking station aan beide kanten voor fast charging
- Onbemand, remote monitoring
- Circulaire techniek en componenten

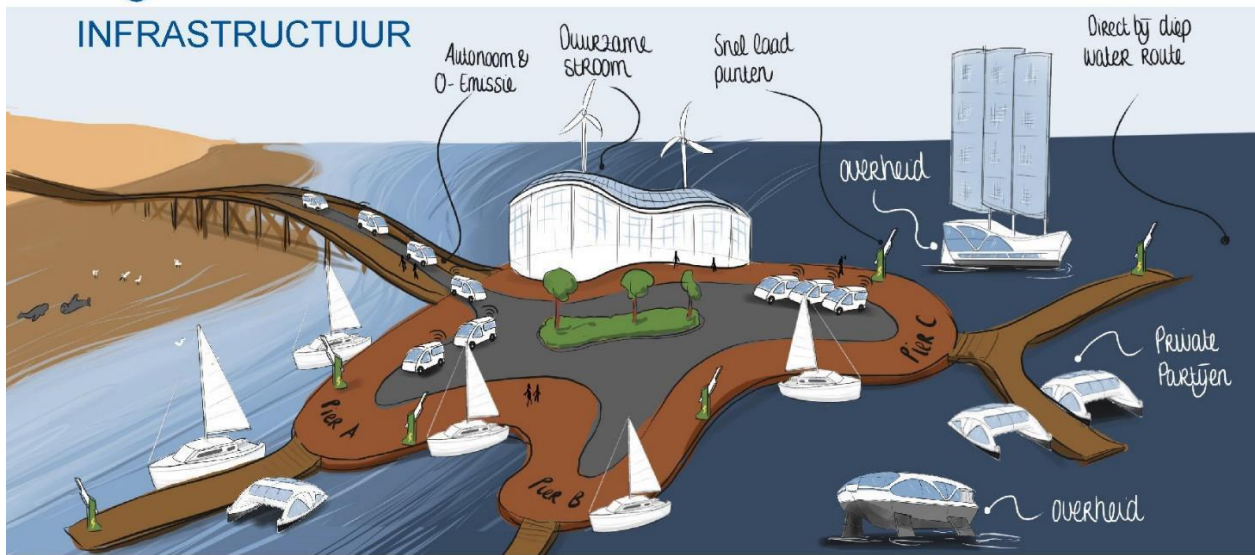
Technische innovatie behoefte

- Intrekbare draagvleugels
- Onderwater straalmotor
- Elektrisch snelladen
- Mono wing (catamaran vleugel technologie in combi met WIG)



CONSESSIES

INFRASTRUCTUUR



6.4 Van OOSSANEN presentatie toekomstige Waddenveren concepten

Bereikbaarheid en mobiliteit



Innovatievereisten

Trimaran Concept Required technologies and innovations

- Further research into optimal hull shape & outrigger positions in combination with adjustable outrigger positions or bow foils
- Land based hydrogen filling stations
- Fuel cell technology to be further advanced > lighter and larger capacity
- On board hydrogen storage

Wing in Ground Effect Required technologies and innovations

- Land based hydrogen filling stations
- Fuel cell technology to be further advanced > lighter and larger capacity
- On board hydrogen storage
- Rules for high speed travel over the Wadden
- Take-off and landing facility to further improve efficiency
- Additional routes if desired

Discussiepunten/vragen

Een belangrijk onderdeel van het concept van Van Oossanen is de route buitenom: we stappen op in IJmuiden, varen over de Noordzee naar de eilanden. Veel minder belasting van het Wad, en tegelijk een verlaging van de baggerbehoefte. Dit was weliswaar geen onderdeel van de “spelregels”, de verschillende deelnemers aan het seminar zijn het er wel over eens dat deze mogelijkheid niet uitgesloten moet worden.

De buitenom-route wordt bediend met een WIG: hoge snelheid waardoor de langeafstand een kleiner probleem vormt. Conoship: Maar hoe zorg je bij hoge snelheden voor efficiënt transport? Hoe is dit haalbaar gegeven de zero-emission uitdaging? Contra-roterende schroeven kunnen veel efficiëntie bieden op hoge snelheden.

Uitdaging met de WIG, en de reden dat hovercrafts nauwelijks publiek ingezet worden, is geluid. De (lucht-)propellervoortstuwing biedt voordelen doordat er géén diepgang vereist is op kruissnelheid. Maar hoe zit het met geluid? Toevoeging vanuit DAMEN is dat hier zeker stappen te maken moeten zijn. Namelijk: dankzij de geluidsproductie zijn hovercrafts in de ijskast gezet, en is geluidsproductie (en reductie daarvan) niet meer op significante schaal onderzocht. De WIG (of SES) 2.0 zal hier zeker stappen in moeten maken.

Het trimaran concept van Van Oossanen heeft voor energiebesparing de optie in acht genomen om elektriciteit van aanwezige (elektrische) auto's deels te gebruiken: je vervoert immers veel batterijen met mogelijk bruikbare capaciteit. Gaan eigenaren dit accepteren, mogelijk wel als een deel van de betaling is?

Het trimaran concept leunt deels op een goede interferentie van golven, zowel voor de outriggers als voor de aangebrachte foils. Vraag is dus hoe dit presteert op afwijkende snelheden, aangezien de interferentie vaak alleen bij één snelheid echt goed werkt. Antwoord is dat het trimaran concept zich specifiek op twee snelheden richt, en voor twee snelheden valt nog goed te optimaliseren, ook met foils.

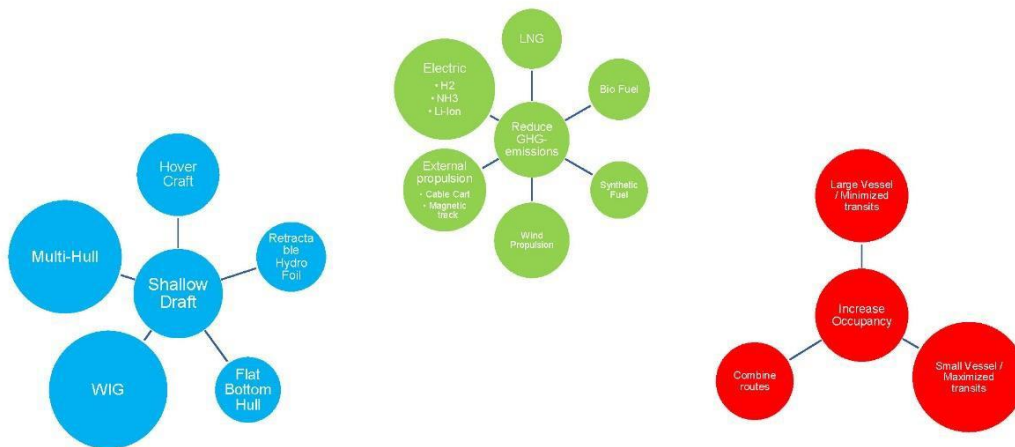
Slides

Concept parameters

- Zero-emission
- Zero-emission well-to-propulsion
- Sustainable life-cycle
- Reduction of sound, vibrations and wash
- Maximum draft 1.10m to Ameland & Schiermonnikoog
- Maximum draft 2.20m to Vlieland & Terschelling
- Current focus is on using existing shipping lanes. Beam is limited so ships can pass each other
- Must be a marine vehicle
- Transport people & cars (may be separated) at current capacity
- Transport freight is a separate requirement, but a bonus if it can be incorporated into the concept
- Operation needs to be reliable, also in very shallow waters

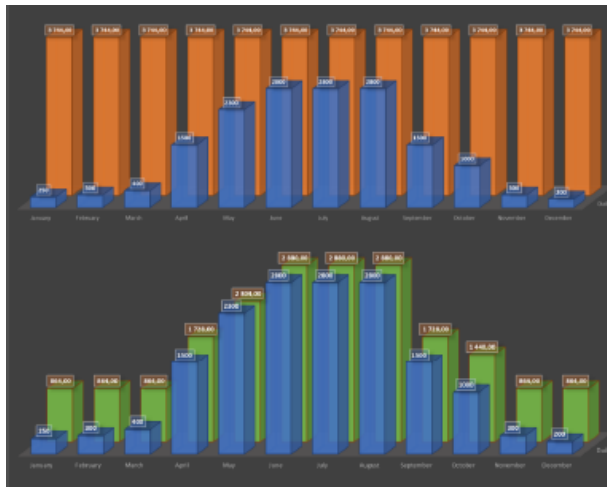


Brainstorm Session



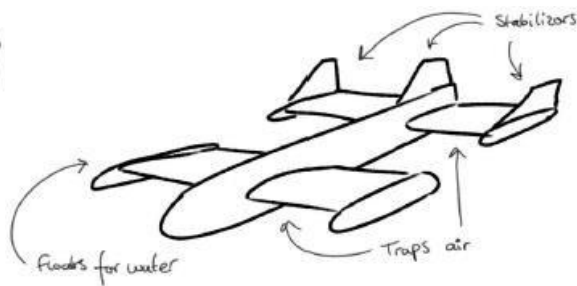
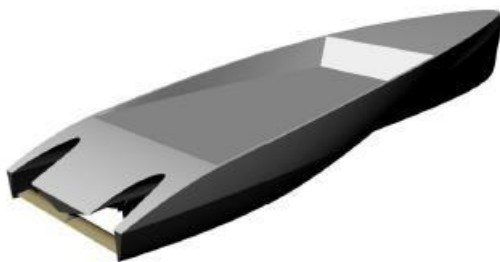
Introduction

- Based on available information it seems there is a large over capacity
- Most significant improvement can come from increased occupancy rate
- A higher occupancy rate results in lower GHG emissions with current technology
- Based on current fleet it appears logical to select smaller craft that are either faster or can be used flexibly
- Options to further reduce GHG emissions:
 - More efficiënt hull design
 - Alternative propulsion
 - Alternative fuel
- To cope with shallower drafts different craft types need to be designed



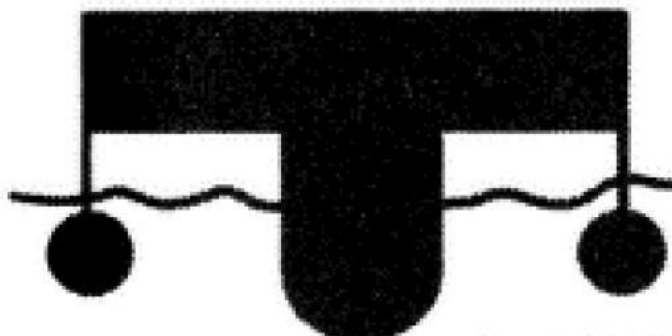
Concept ideas

- Shallow draft trimaran
- Tandem wing in ground craft



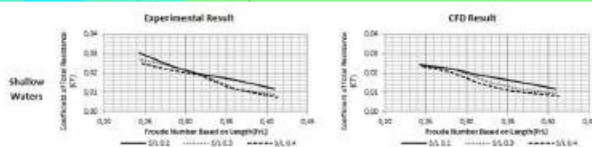
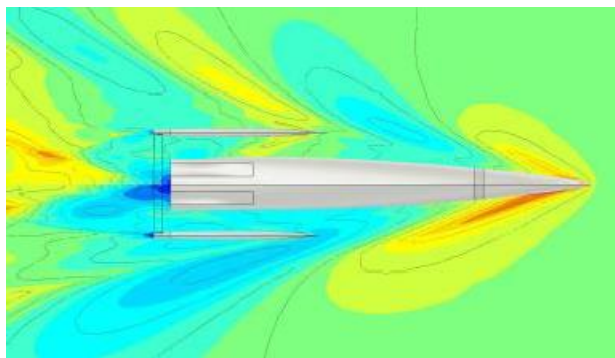
Shallow draft trimaran

2



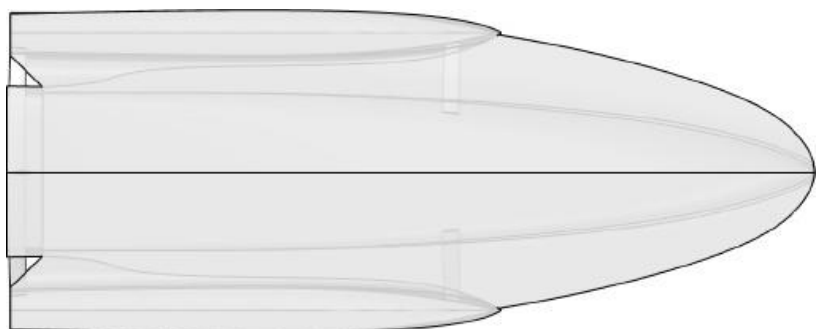
Trimaran optimised for 2 operational speeds

- Two operations speeds to increase occupancy
 - Normal speed for low season transits
 - Double speed for high season transits
- Interference effect
 - Cancellation of wave systems. If the wave systems of the main hull and the outriggers are placed in a beneficial manner relative to each other, the wave systems partially cancel each other out. This results in a lower energy dissipating wave wake
 - Horizontal buoyancy. If the outrigger has its stern in a wave crest and its bow in a wave trough the stern experiences more static water pressure, resulting in a forward force
- Optimization of Fn offers optimization of shallow water effect
- Optimization for 2 speeds
 - Outrigger position
 - Additional (dynamic) foils
- Hull Vane
 - A Hull Vane can be placed further aft due to the “Arrow” setup of the outriggers for an even more efficient position of the Hull Vane
- Large deck space
 - More outside space for passengers to enjoy the Wadden Experience or
 - More interior space for passengers or
 - Space for sun panels to supply board net energy
- Stability
 - Criteria can be met at this shallow draft due to large inertia created by the outriggers

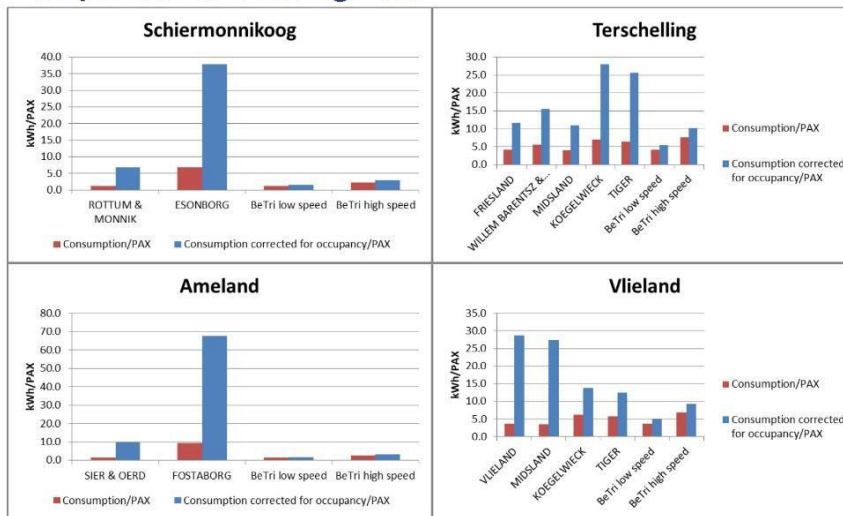


General information

- Length: 40 m
- Width: 16.7 m
- Draft: 1.0 m
- Speed: 30/60 km/h
- Power: 800/3000 kW
- Capacity: 250PAX
- Cars: 26



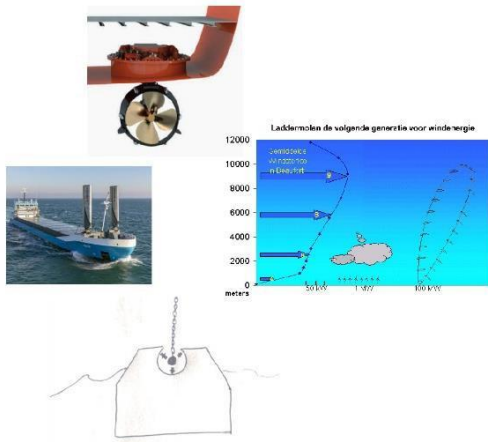
Comparison to existing fleet



*Exact occupancy rate of current fleet is unknown. Best estimates are applied here. Assumed occupancy rate of BeTri is 75%.

Propulsion options

- Counter rotation L-Drives
 - Good manoeuvrability
 - Higher efficiency than conventional propulsion system (approx. 2%)
 - Low installation height
- Sail (auxiliary)
 - Laddermill
 - Flettner rotor
 - Ventifoil
- Wadden-track - Cable system or magnetic track built on the sea bed
 - Very high efficiency
 - Land based
 - No propulsion weight on the vessel (resistance reduction)
 - Direct energy from the electricity network
 - No propeller efficiency losses (up to 50% on shallow water) as no propeller
 - Low noise in the water
 - Less distortion of the sea bed



Fuel options

- Hydrogen
- Batteries (Li-Ion)
- Energy from transported electric cars
- Wind
- Solar panels

FUEL OPTIONS

- Hydrogen
- Batteries (Li-Ion)
- Energy from transported electric cars
- Wind
- Solar panels



Shallow draft trimaran 250 PAX

Pros

- High speed
- Shallow draft
- Low wash
- Can run on H2 due to short distance transit
- Can achieve high occupancy rate due to dual speed operation mode
- Large deck area

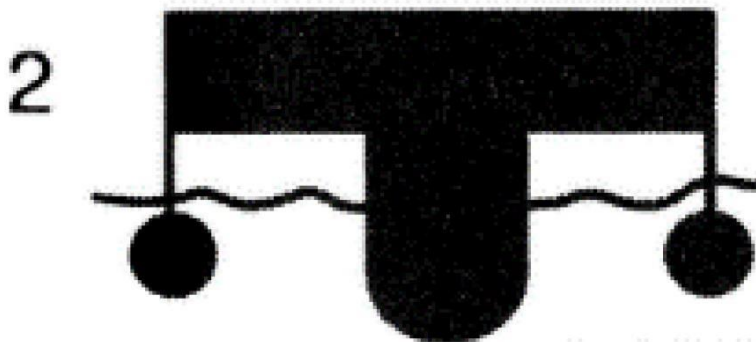
Cons

- Limited car / freight capacity per transit due to draft limitation
- Can only sail in between tides
- Light materials required > increased building costs

Required technologies and innovations

- Further research into optimal hull shape & outrigger positions in combination with adjustable outrigger positions or bow foils
- Land based hydrogen filling stations
- Fuel cell technology to be further advanced > lighter and larger capacity
- On board hydrogen storage

Shallow Draft Trimaran

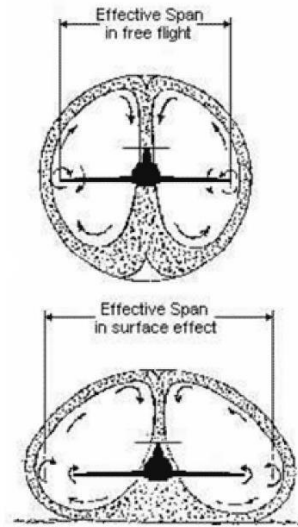
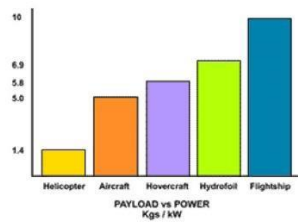


What is the wing in ground effect

- Ground Effect is the increased efficiency of a wing when it is in close proximity to a surface such as water
- The efficiency increase is two part:
 - Increase of lift force approximately 45%
 - Decrease of drag approximately 70%

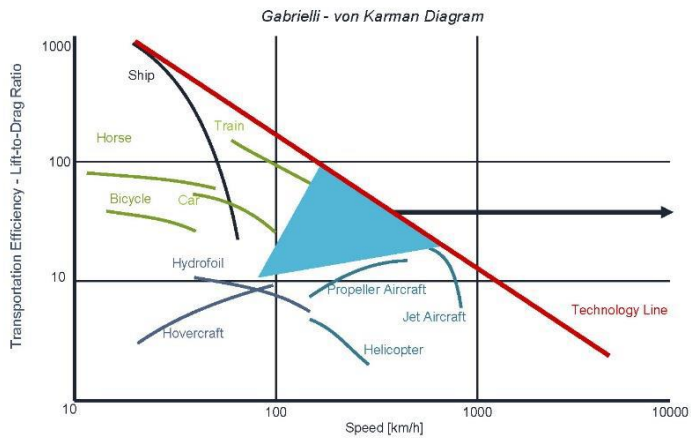
What is the Wing In Ground Effect

- Ground Effect is the increased efficiency of a wing when it is in close proximity to a surface such as water
- The efficiency increase is two part:
 - Increase of lift force approximately 45%
 - Decrease of drag approximately 70%



WIG's fill the gap between boats and planes

- This WIG is a Type A Off-Shore Commuting Tandem



Performance

- Speed: 230km/h
- Payload: 6t / 50 to 72 PAX
- Abs. Range: 1300km



Dimensions

- Length: 40m
- Disp: 40t



Naval equivalent of the ATR 72
for the price and operating cost of a
boat

PORT TO PORT : sustainable & reasonable

				
Cruise Speed	35knots	135knots	120knots	280knots
CO ₂ Travelling	350g / km / seat	867g / km / seat	100 to 130g / km / seat	80g/100g / km / seat
CO ₂ Commuting	limited	limited	limited	Average
Infrastructures Impact	low	limited	low	important
Noise	low	high	limited	high
Impact on Ecosystem	important	medium	limited & Electric ready	important

Wadden Ferries of the Future

2 december 2020 | 21

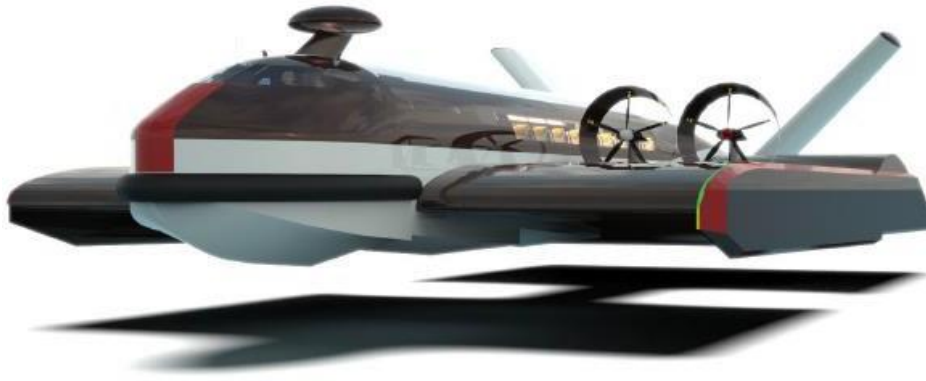
What makes the wing in ground effect craft a good choice

- Once airborne there is no draft requirement > No dredging
- It operates at high speed making many transits a day possible and offers more flexibility for the time table
- There is no need for additional infrastructure
- It offers a comfortable ride
- Direct route possible



General information

- Length: 40 m
- Width: 16 m
- Draft: 0.5/-3 m
- Speed: max. ~230km/h
- Power: 4x1400 kW
- Capacity: 72PAX
- No cars

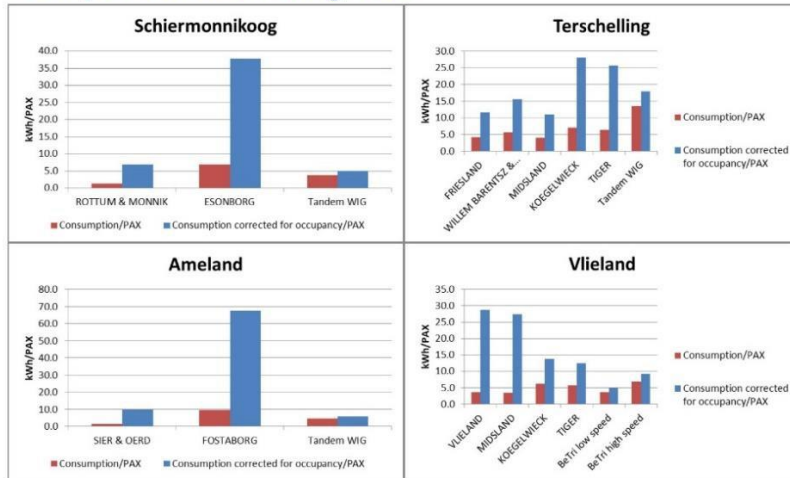


A new set of attractive rules

- The Tandem WIG is a game changer
 - 550 Nautical Miles in 4h30
 - Up to 4 x 150Nm return trips in 8 hours
 - Naval technologies and training
 - Fuel efficient, ready for biofuels or full electric
- Direct connections
 - from city hearts to city hearts
 - from business places to business places
 - Beacheable system
 - Possibility to operate on large lake and rivers
 - Droneability of the system for fast freight missions
- Already fitting in existing harbours
 - Low infrastructure requirements to fit in
 - Silent electrical mode for harbour manoeuvring
 - Diesel oil fuel / biofuel ready / H2 ready / Electric ready
 - Can compete favourably with fast trains or airlines

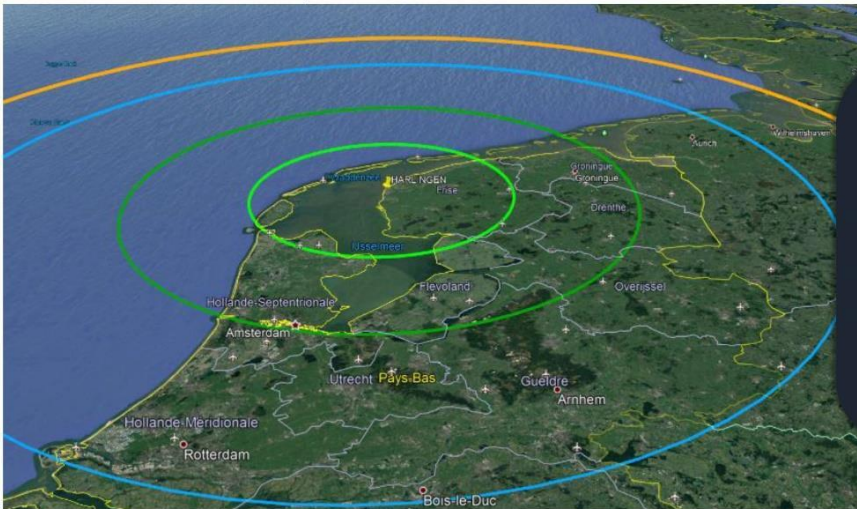


Comparison to existing fleet



*Exact occupancy rate of current fleet is unknown. Best estimates are applied here. Assumed occupancy rate of Tandem WIG is 75%

Netherlands example : Waddenzee around HARLINGEN



Green radius - 25 min transit - up to 26 nm – Den Helder

Green radius - 38 min transit - up to 52 nm - Amsterdam

Blue radius - 60 min transit - up to 90 nm – Den Haag

Orange radius - 75 min transit - up to 120 nm - Bremerhaven

Outside route

- Busstop system between Eemshaven and Den Helder. Transit time approx. 1 to 1.5 hours including stops
- No impact on marine life of the Wadden
- No or minimal additional infrastructure needed due to beachability of the tandem WIG
- By serving multiple islands the occupancy may be increased further
- Introduces a new market that allows direct travel between the islands



Wing in ground craft 72pax

Pros

- High speed
- Comfortable
- Shallow draft / No draft (can operate outside of shipping lanes if required)
- Can operate independent of tide
- Minimum wash
- Can run on H2 due to short distance transit
- Can achieve high occupancy rate
- No additional infrastructure required
- Increased in-flight stability due to tandem wing setup
- Due to flexibility, speed and no draft, additional routes could be operated:
 - Direct travel from Amsterdam
 - A route around the outside of the islands where there is less impact on the environment

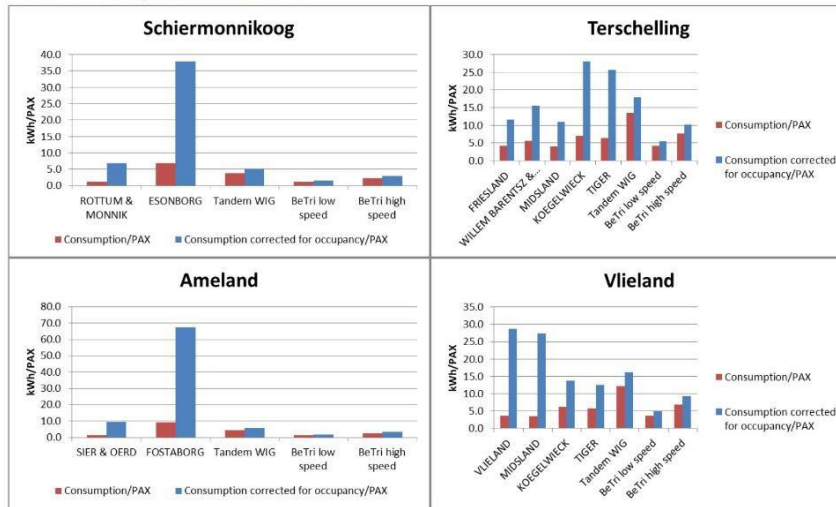
Cons

- Large power requirement
- No car or freight transport
- Impact on marine life to be investigated
- Due to high speed, different traffic rules may need to apply
- Airborne noise to be investigated (comparable with electric plane)
- High occupancy rate required to be energy efficient compared to current energy requirements

Required technologies and innovations

- Land based hydrogen filling stations
- Fuel cell technology to be further advanced > lighter and larger capacity
- On board hydrogen storage
- Rules for high speed travel over the Wadden
- Take-off and landing facility to further improve efficiency
- Additional routes if desired

Summary Overview



*Exact occupancy rate of current fleet is unknown. Best estimates are applied here. Assumed occupancy rate of the BeTri & Tandem WIG is 75%

Conclusions and considerations

Wing in ground craft

- Fast
- Comfortable
- No draft
- Minimal wash
- Flexible in use
- Opens up possibilities for new routes

BeTri dual speed operational mode

- Can operate at double capacity at similar efficiency
- Shallow draft
- Low wash
- Possibility to transport cars
- No dredging maintenance required
- Scalable > Optimize for draft on route Terschelling & Vlieland

BIJLAGEN

Bijlage 1: Programma rijke wadden sessie duurzame mobiliteit, donderdag 26 november 2020

Ochtendsessie

- 9.30 Welkom & Introductie (dag vz)
- 9.50 Korte inleiding Gerwin Klomp (PRW) & Dag Vz
- 10.10 MARIN presentatie (hydro- en voorstuwingsperspectief)

Korte stop rond 10.50

- 11.00 DAMEN presentatie
- 11.40 C-Job presentatie
- 12.20 Lunchpauze

Voor link naar vergadering zie uitnodiging voor de middag sessie.

Middagsessie

- 14.00 Van Oossanen presentatie
- 14.40 CONOSHIP presentatie

Korte stop rond 15.20

- 15.30 Commentaar/vragen aan MARIN, CONOSHIP, C-Job, Van Oossanen en DAMEN presentaties.

MARIN	Vragen/commentaar (allen, mondeling)
CONOSHIP	Vragen/commentaar Van Oossanen mondeling, overigen via chat.
C-Job	Vragen/commentaar DAMEN mondeling, overigen via chat.
Van Oossanen	Vragen/commentaar CONOSHIP mondeling, overigen via chat,
DAMEN	Vragen/commentaar C-Job, overigen via Chat.

- 16.30 Rondvraag & Afsluiting

Bijlage 2: Informatie Projectdeelnemers

C-Job

Jidde Looijenga, Pim Schulp en Marc van der Zwaluw , info@c-job.com

CONOSHIP

Redmer van der Meer, Guus van der Bles, solutions@conoship.com

DAMEN

Henk Grunstra, info@damen.com

Van OOSSANEN

Niels Moerke, info@oossanen.nl

MARIN

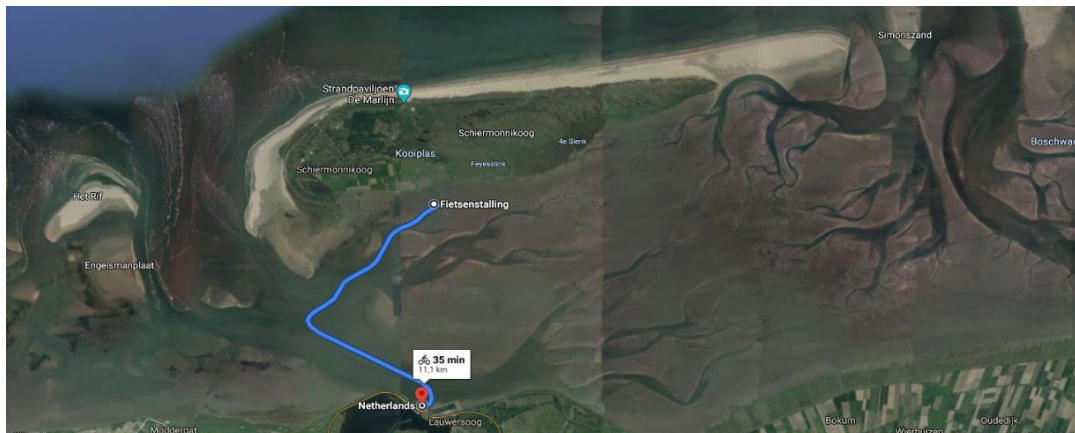
Arie de Jager, Johan de Jong, Erik Rotteveel, info@marin.nl

Programma naar een Rijke Waddenzee

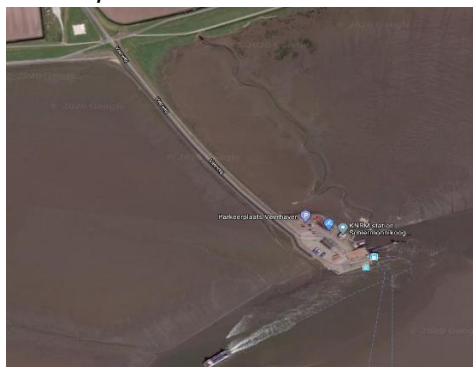
Gerwin Klomp, gerwin.klomp@rws.nl , Rick Timmerman, rick.timmerman@rws.nl

Bijlage 3 Overzicht bestaande, relevante wadden veren

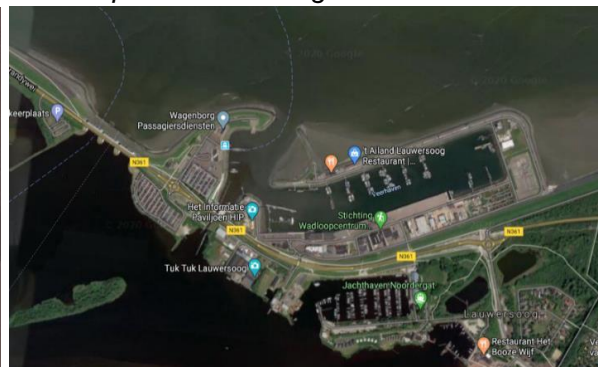
1. Schiermonnikoog – Lauwersoog



Vertrekpunt eiland:



Vertrekpunt Lauwersoog:



Dienstregeling:

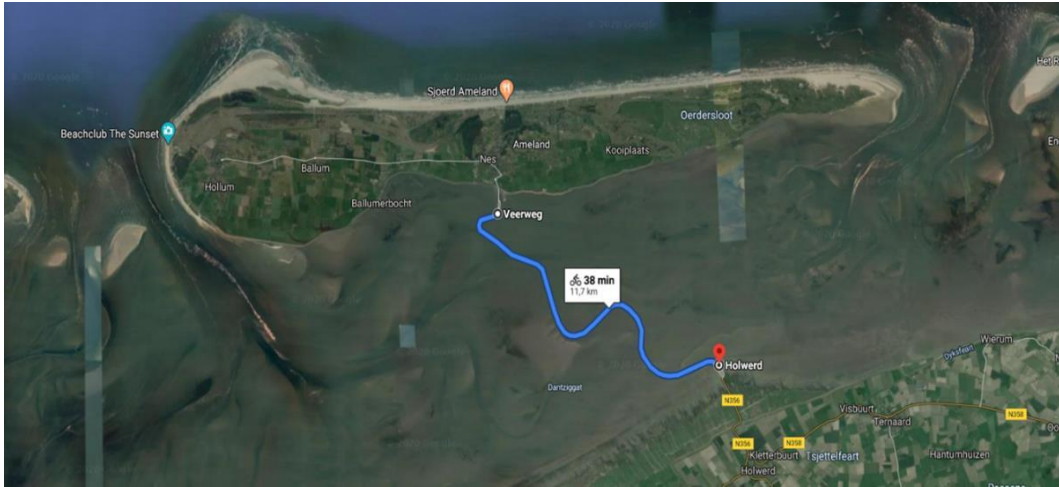
		Hele jaar		
		Veer	Snel	Taxi
1	L-S	6:30		
2	S-L	7:30		
3	L-S	9:30		
4	S-L	10:30		
5	L-S	12:30		
6	S-L	13:30		
7	L-S	15:30		
8	L-S		16:00	
9	S-L	16:30		
10	L-S		16:30	
11	L-S	18:30		
12	S-L	19:30		

Vervoersdata:

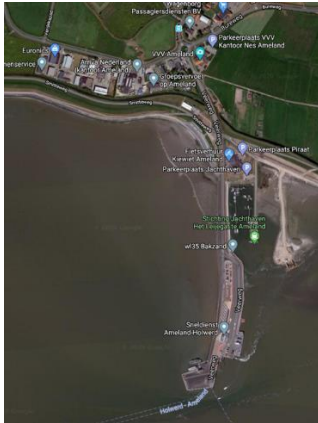
- **Wagenborg veerdienst:**
 - **ROTTUM & MONNIK**
 - Double ended mono hull
 - LxBxT = 58.0x13.8x1.7, Vs = 20 km/u, 1000 pax, 48 cars
 - Propulsion Schottel pumpjets, 4 x 600 kW
 - Reisduur 45 minuten
 - **Fast ferry ESONBORG**
 - Mono hull
 - LxBxT = 22.0x6.1x1.1 m, Vs = 40 km/u, 48 pax
 - Propulsion 2 x 600 kW
 - Reisduur 20 minuten

- Toenemende vraag, +1.8% toeristen en 0.5% eilanders/ jaar
- Vlootcapaciteit voldoende
- 328.000 toeristen + 28.000 eilanders /2018
- 4.800 eilanderauto's / 2018
- 100% veerdienst

2. Ameland – Holwerd



Vertrekpunt eiland:



Vertrekpunt Holwerd:



Dienstregeling

		Juni				Augustus				Oktober		
		Veer	Snel	Taxi		Veer	Snel	Taxi		Veer	Snel	Taxi
1	A-H	6:15			A-H	6:15			A-H	6:15		
2	A-H		6:30		A-H		6:30		A-H		6:30	
3	H-A		7:00		H-A		7:00		H-A		7:00	
4	H-A	7:15			H-A	7:15			H-A	7:15		
5					A-H		7:30					
6	A-H		8:00		A-H		8:00		A-H		8:00	
7	A-H	8:30			A-H	8:30			A-H	8:30		
8	H-A		8:30		H-A		8:30		H-A		8:30	
9	H-A	9:30			H-A	9:30			H-A	9:30		
10	A-H		9:30		A-H		9:30		A-H		9:30	
11	A-H	10:30			A-H	10:30			A-H	10:30		
12	H-A		10:30		H-A		10:30		H-A		10:30	
13	H-A	11:30			H-A	11:30			H-A	11:30		
14	A-H		12:30		A-H		12:30		A-H		12:30	
15	H-A	13:00			H-A	13:00			H-A	13:00		
16	H-A	14:00			H-A	14:00			H-A	14:00		
17	A-H			14:20	A-H				A-H			
18	H-A			14:40	H-A				H-A			
19	A-H	15:00			A-H	15:00			A-H	15:00		
20	A-H		15:45		A-H		15:45		A-H		15:45	
21	H-A	16:00			H-A	16:00			H-A	16:00		
22	H-A		16:15		H-A		16:15		H-A		16:15	
23	A-H	17:00			A-H	17:00			A-H	17:00		
24	H-A		17:30		H-A		17:30		H-A		17:30	
25	H-A	18:00			H-A	18:00			H-A	18:00		
26	A-H		18:30		A-H		18:30		A-H		18:30	
27	A-H	19:00			A-H	19:00			A-H	19:00		
28	H-A		19:00		H-A		19:00		H-A		19:00	
29	H-A	20:00			H-A	20:00			H-A	20:00		
30					A-H		20:00					
31					H-A		20:30					

Vervoersdata

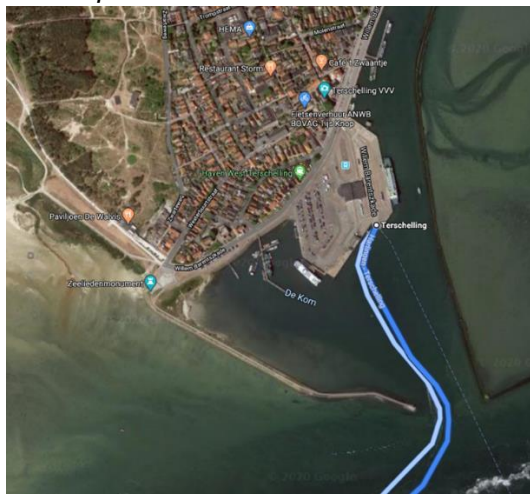
- **Wagenborg veerdienst**
 - Ferry's: SIER & OERD
 - Double ended monohull
 - LxBxT = 73.2x15.9x1.7 m, Vs = 19 km/u, 1200 pax, 72 cars
 - Propulsion: Schottel pumpjets, 4 x 650 kW
 - Reisduur 50 minuten
 - Fast ferry: FOSTABORG
 - Catamaran hull
 - LxBxT = 18.5x7x1.25 m, Vs = 40 km/u, 48 pax
 - Propulsion 2 x 720 kW
 - Reisduur 20 minuten

- Toenemende vraag, +1.6% toeristen en 0.8% eilanders/ jaar
- Vlootcapaciteit voldoende
- (Gemiddelde bezettingsgraad ca. 10%)
- 635.000 toeristen + 78.000 eilanders /2018
- 74.000 toeristenauto's + 18.000 eilanderauto's / 2018
 - 1280 volle afvaarten
 - Nu in september (14/09/20), veel afvaarten Ameland > Holwerd vol qua auto's
- 3.5% sneldienst / 96.5% veerdienst
- <https://www.wpd.nl/media/21304/2019-vervoerkundig-jaaroverzicht-ah.pdf>

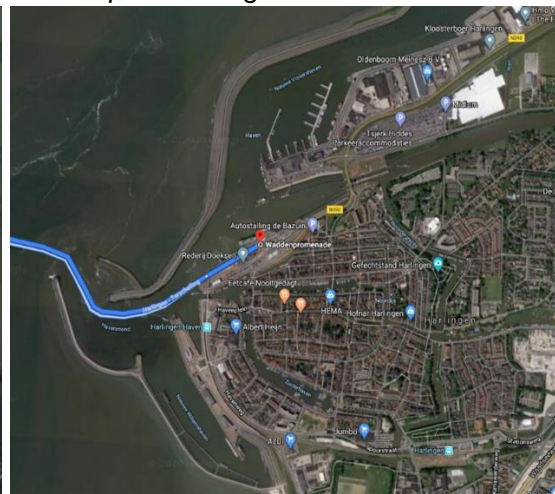
3. Terschelling – Harlingen



Vertrekpunt eiland:



Vertrekpunt Harlingen:



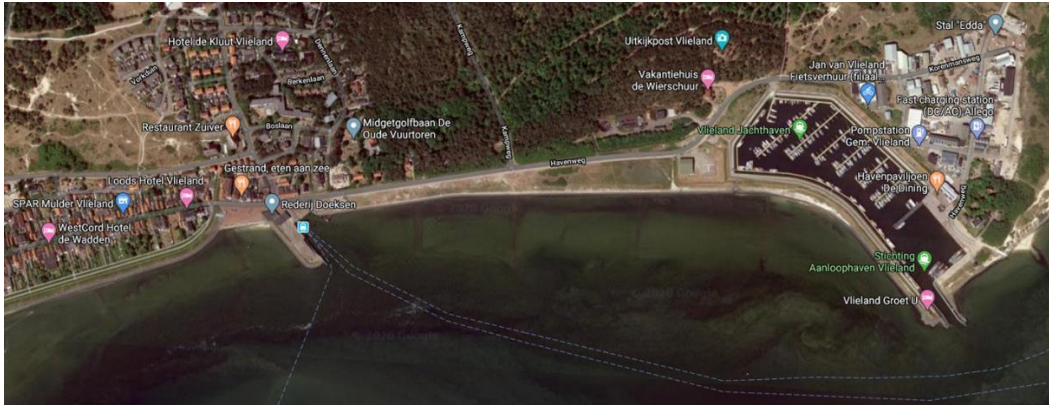
Dienstregeling

	Winter				Laag				Hoog		
	Veer	Snel	Taxi		Veer	Snel	Taxi		Veer	Snel	Taxi
1	T-H	7:15	7:10		T-H	7:15	7:10		T-H	7:15	7:10
2	H-T		8:25		H-T		8:25		H-T		8:25
3	T-H		9:30		T-H		9:30		T-H		9:30
4	H-T	10:00			H-T	10:00			H-T	10:00	
5	T-H	12:30			T-H		10:35		T-H		10:35
6	H-T		12:45		H-T	12:30			H-T		10:45
7	H-T	15:00			H-T		11:40		T-H	12:30	
8	T-H		16:15		H-T		12:45		T-H		11:40
9	T-H	17:25			H-T	15:00			H-T		12:45
10	H-T		17:25		T-H		16:15		H-T	15:00	
11	T-H		18:30		T-H		16:40		H-T		15:35
12	H-T		19:35		T-H	17:25			T-H		16:15
13	H-T	19:40			H-T		17:25		T-H		16:40
14					T-H		18:30		T-H	17:25	
15					H-T		19:35		H-T		17:25
16					H-T	19:40			T-H		18:30
17									H-T		19:35
18									H-T	19:40	

Vervoersdata

- Rederij Doeksen
 - Gewone veerdienst (reisduur 2 uur):
 - FRIESLAND
 - Mono hull
 - LxBxT = 69 x 16 x 3.0 m, Vs = 25 km/u, 1100 pax, 100 cars
 - Propulsion 2 x 1500 kW schroeven
 - WILLEM BARENTSZ / WILLEM DE VLAMINGH
 - Catamaran hull
 - LxBxT = 70x17.3x2.6 m, Vs = 26 km/u, 700 pax, 66 cars
 - Propulsion 2 x ? kW schroeven
 - MIDSLAND
 - Mono hull
 - LxBxT = 77.9x12.6x2.6 m, Vs = 25 km/u, 700 pax, 53 cars
 - Propulsion 2 x 900 kW schroeven
 - NOORD NEDERLAND:
 - Catamaran hull
 - LxBxT = 65.6x15.0x1.8 m, Vs = 22 km/u, 12 pax, 449 ton vracht (182 m)
 - Propulsion 4 x 287 kW
 - Sneldienst (reisduur 45 minuten):
 - KOEGELWIECK
 - Catamaran (boeg trimaran, zeegangsgedrag)
 - LxBxT = 35.5x10.0x1.6 m , Vs = 58 km/u, 312 pax, no cars
 - Propulsion 2 x 1650 kW waterjets
 - TIGER
 - Catamaran (boeg trimaran, zeegangsgedrag)
 - LxBxT = 52x12x1.4 m, Vs = 58 km/u, 414 pax, no cars
 - Propulsion 2 x 2000 kW waterjets
- Toenemende vraag, +1.5% toeristen en 1.6% eilanders/ jaar
 - Voor- & naseizoen heeft nog ruimte
 - 460.000 toeristen + 82.000 eilanders /2018
 - 34.300 toeristenauto's + 13.600 eilanderauto's / 2018
 - 30% sneldienst / 70% veerdienst

4. Vlieland – Harlingen Vertrekpunt eiland



Dienstregeling:

	Winter				Laag				Hoog		
	Veer	Snel	Taxi		Veer	Snel	Taxi		Veer	Snel	Taxi
1	V-H	6:55		V-H	6:55		V-H	6:55			
2	H-V	9:00		H-V	9:00		H-V	9:00			
3	V-H	11:45		V-H	11:45		T-V		9:30		
4	H-V	14:00		H-V	14:00		V-T		10:05		
5	V-H	16:45		H-V		14:25	V-H	11:45			
6	H-V	19:00		V-H	16:45		H-V		11:55		
7				H-V	19:00		V-H		13:15		
8				H-V		17:55	H-V	14:00			
9				V-H		19:05	H-V		14:25		
10							V-H		14:30		
11							V-H	16:45			
12							H-V		17:55		
13							T-V		18:25		
14							H-V	19:00			
15							V-T		19:05		
16							V-H		19:05		

Vervoersdata

- Rederij Doeksen
 - Gewone veerdienst (reisduur 1 uur 35 minuten):
 - VLIELAND
 - Catamaran
 - LxBxT = 68.8x17.0x2.6 m, Vs = 25 km/u, 950 pax, 50 cars
 - Propulsion 4 x 640 kW propellers
 - MIDSLAND
 - Mono hull
 - LxBxT = 77.9x12.6x2.6 m, Vs = 25 km/u, 700 pax, 53 cars
 - Propulsion 2 x 900 kW schroeven
 - NOORD NEDERLAND:
 - Catamaran hull
 - LxBxT = 65.6x15.0x1.8 m, Vs = 22 km/u, 12 pax, 449 ton vracht (182 m)
 - Propulsion 4 x 287 kW
 - Sneldienst (reisduur 45 minuten):
 - KOEGELWIECK
 - Catamaran
 - LxBxT = 35.5x10.0x1.6 m, Vs = 58 km/u, 312 pax, no cars
 - Propulsion 2 x 1650 kW waterjets
 - TIGER
 - Catamaran (boeg trimaran, zeegangsgedrag)
 - LxBxT = 52x12x1.4 m, Vs = 58 km/u, 414 pax, no cars
 - Propulsion 2 x 2000 kW waterjets
- Duur 2 uur
- Sneldienst 50 minuten
- Toenemende vraag, +2.4% toeristen en +1.6% eilanders /jaar
- 220.000 toeristen + 24.000 eilanders / 2018
- 6.400 eilanderauto's / 2018

5. Texel – Den Helder



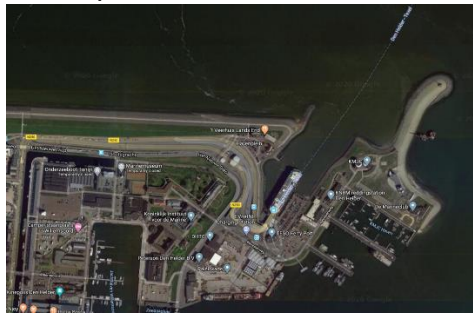
Dienstregeling

		Veer	Snel	Taxi
1	T-H	6:00		
2	H-T	6:30		
3	T-H	7:00		
4	H-T	7:30		
5	T-H	8:00		
6	H-T	8:30		
7	T-H	9:00		
8	H-T	9:30		
9	T-H	10:00		
10	H-T	10:30		
11	T-H	11:00		
12	H-T	11:30		
13	T-H	12:00		
14	H-T	12:30		
15	T-H	13:00		
16	H-T	13:30		
17	T-H	14:00		
18	H-T	14:30		
19	T-H	15:00		
20	H-T	15:30		
21	T-H	16:00		
22	H-T	16:30		
23	T-H	17:00		
24	H-T	17:30		
25	T-H	18:00		
26	H-T	18:30		
27	T-H	19:00		
28	H-T	19:30		
29	T-H	20:00		
30	H-T	20:30		
31	T-H	21:00		
32	H-T	21:30		

Vertrekpunt eiland:



Vertrekpunt Den Helder:



Vervoersdata

- TESO veerdienst Den Helder – Texel, reisduur 20 minuten
 - DOKTER WAGEMAKER
 - Mono hull
 - LxBxT = 130.4x22.7x4.05, Vs = 20 km/u, 1750 pax, 300 cars
 - Propulsion 4 x 1800 kW Azimuth-thrusters
 - TEXELSTROOM
 - Mono hull
 - LxBxT = 135.4x27.9x4.4 m, Vs = 20 km/u, 1750 pax, 380 cars
 - Propulsion 4 x 2000 kW Azimuth-thrusters
- TESO veerdienst
 - Toename personenvervoer 3.9%
 - 4.300.000 pax
 - Toename voertuigenvervoer 3.4%
 - 1.700.000 voertuigen
 - Bezettingsgraad ca. 35%

Eerste analyse:

- Schiermonnikoog en Ameland (laag frequent resp. hoog frequent, duur < 1 uur)
 - Door Wagenborg, Basis (50min) $F_n = 0.20 - 0.23 / 2.2 - 2.4$ kW/pax, sneldienst(20min) $F_n = 0.75 - 0.82 / 25 - 30$ kW/pax
 - **Basis +/- 1.8 – 2.0 kWh pp, Snel 8.3 – 10 kWh pp => groot verschil, snel onzuinig of de basis juist zuinig?**
 - Duidelijke diepgangsbepalking (~1.6 m)
 - Probleem schema houden (wordt geweten aan de pumpjets na ombouw van schroeven)
 - Nieuwbouw ontwerp, diesels
 - Veel dagjesmensen, daardoor veel meer pax
 - Goederenvervoer niet door Wagenborg (behalve vrachtwagens)
- Terschelling en Vlieland (laag frequent, duur <= 2 uur)
 - Door Rederij Doeksen, Basis $F_n = 0.24 - 0.28 / 2.6 - 4.1$ kW/pax, sneldienst $F_n = 0.71 - 0.86 / 10 - 11$ kW/pax
 - **Basis +/- 5.2 – 8.2 kWh pp, Snel +/- 7.5 – 8.25 kWh pp => Niet veel meer, snelle schepen zuiniger? Basis onzuinig?**
 - Diepgang veel groter (~ 3 m)
 - Zeegangsgedrag blijkt belangrijk, catamarans
 - Allegaartje aan schepen, veelal ombouw bestaande schepen
 - Twee nieuwe LNG boten, rest diesels
 - Eigen goederenvervoer
- Texel (hoog frequent, duur < 0.5 uur)
 - Door TESO, $F_n = 0.16 / = 4.6$ kW/pax
 - Geen diepgangsbepalking op route ($T = > 4$ m)
 - Uitgekiende ontwerpen, diesel-elektrisch, echte auto ferry's
 - Grote capaciteit
- Vervoersbehoefte groeit met 1% – 2% /jaar

Eerste notities:

- Optie minder baggeren + minder diepgang => hoeveel vaker moet er gevaren worden om aan vervoersvraag te voldoen?
- Optie minder baggeren + op getij varen => Is het time-window groot genoeg om voldoende auto's personen aan de overkant te krijgen?
- Bezetting: op moment van schrijven (14-09-2020):
 - Op vrijdag/zaterdag/zondag/maandag worden – ook nu in september – bijna alle auto-plaatsen voor Harlingen-Terschelling volgeboekt. Totaal zes afvaarten op vrijdag 18 september. In hoogseizoen dus weinig sprake van overcapaciteit (corona beperking onbekend).
 - **Totaal aantal plaatsen voor auto's op 18-09-2020 is 450.**
 - Voor personen bezetting geldt 50 tot 70% bezetting in weekend
 - Dinsdag/donderdag matige drukte
 - Woensdag rustigste dag – lijkt het
- Er is wat meer gedetailleerde bezettingsdata nodig m.b.t. pieken en dalen
 - Vervoersvraag in het weekend vs. doordeweeks
 - Vervoersvraag hoogseizoen vs laagseizoen
 - Cijfers per jaar niet voldoende om een 'logistiek concept' te definiëren

MARIN
P.O. Box 28

6700 AA Wageningen
The Netherlands

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

I www.marin.nl
   