DAMEN

Rijkswaterstaat
Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat

Eindrapportage

Duurzame Waddenveren (kenmerk: 31189151)

Document Historie

Rev	Datum	Beschrijving	Schrijver
Rev. 2.0	2023.10.25	Laatste opmerkingen verwerkt	BV
Rev. 1.1	2023.10.24	Definitieve versie	BV
Rev. 1.0	2023.10.02	Eerste concept versie	BV
Rev. 0.1	2023.08.31	Eerste opzet	BV

1 Contents

2 Afkortingen 6
3 Management samenvatting 7
4 Inleiding 11
5 Beleidskaders 12
5.1 Inleiding 12
5.2 Europese klimaatwet (‘Fit for 55’) 12
5.3 Agenda voor het waddengebied 2050 13
5.4 Natura 2000 – Beheerplan Waddenzee 14
5.5 Green Shipping Waddenzee ambitie 14
5.6 Intentieverklaring voor toekomstbestendig energiesysteem Friese Wadden 14
5.7 Europees Emissiehandelssysteem (ETS) 15
5.8 EU-MRV (Monitoring, Reporting and Verification) 15
5.9 Circulair economiepakket 15
5.10 Europese Richtlijn betreffende afvalbeheer 16
5.11 Europese Richtlijn betreffende energie-efficiëntie 16
5.12 Europese Richtlijn betreffende hernieuwbare energie 16
5.13 Voorstel voor herstructurering van de Energy Taxation Directive (ETD) 17
5.14 FuelEU Maritime 17
5.15 Europese Richtlijn betreffende duurzaamheidsrapportage 17
5.16 Europese Verordening betreffende batterijen en afgedankte batterijen 18
5.17 Verordening betreffende de totstandbrenging van een kader ter bevordering van duurzame beleggingen 2020/852 18
5.18 Europese Strategie voor blauwe groei 19
5.19 Europese Verordening betreffende scheepsrecycling 19
5.20 IMO GHG strategie 20
5.21 Voorstel Critical Raw Materials Act (‘CRMA’) 20
5.22 Samenvatting beleidskaders 21
6 Eigenschappen van energiedragers en hun implementatie 24
6.1 Inleiding 24
6.2 Elektriciteit 24
6.3 Waterstof (H_2) 30
6.4 Methanol (CH3OH) 32
6.5 Bio-LNG 34
6.6 Diesel 36

6.7 Bio-Diesel (Hydrotreated Vegetable Oil, HVO) 37
6.8 LNG 39
6.9 Samenvatting van de betrouwbaarheid en beschikbaarheid per energiedrager en haar conversie/opslag technologie 40
7 Huidige concessieovereenkomst & Tenderprocedures 43
7.1 Concessieovereenkomst na openbare aanbestedingsprocedure 43
7.2 Concurrentiegerichte dialoog 44
7.3 Innovatiepartnerschap 45
7.4 Mogelijke beoordelingscriteria 45
7.5 Positieve ervaringen met aanbestedingsprocedures 46
8 Ontwikkeling vaargebied waddenzee 47
8.1 Inleiding 47
8.2 VBA 2030 47
8.3 Algemene scheepsontwerp informatie en het effect van de vaarweg 47
8.4 MARIN: Dimensionering vaargeul Holwerd – Nes, aanvullend onderzoek 47
9 Wensen vanuit bewoners / belangenverenigingen 48
9.1 Gemeente Ameland 48
9.2 CWN 48
9.3 CWO 48
9.4 CWW 48
9.5 Gemeente Harlingen 48
9.6 Klantpanel en RvA Vlieland 48
9.7 Klantpanel en RvA Terschelling 49
9.8 Noardeast Fryslan 49
9.9 OV Bureau 49
9.10 Provincie Friesland 49
9.11 Gemeente Schiermonnikoog 49
9.12 Gemeente Terschelling 49
9.13 Gemeente Vlieland 50
9.14 VVV 50
9.15 Marktuitvraag 50
9.16 Algemene wensen samengevat 51
10 Eisen met betrekking tot technologie anders dan uitstoot van energiedragers 53
10.1 Inleiding 53
10.2 Flexibele voortstuwing 53

10.3 Energiebesparende maatregelen 53
10.4 Onderwatergeluid 53
10.5 Golfhinder 54
10.6 Materiaalgebruik, circulariteit en afvalstromen tijdens de bouw en operatie 55
11 Beschrijving van de huidige vervoersconcepten 56
11.1 Inleiding 56
11.2 Harlingen – Vlieland 56
11.3 Harlingen – Terschelling 61
11.4 Holwerd - Nes 66
11.5 Ferwert – Nes 70
11.6 Lauwersoog - Schiermonnikoog 73
12 Uitwerking vervoersconcepten 78
12.1 Inleiding 78
12.2 Beschrijving financiële analyse 78
12.3 Vervoersconcepten 80
12.4 Elektrisch varen 80
12.5 Lauwersoog – Schiermonnikoog 80
12.6 Holwerd - Nes 85
12.7 Ferwert - Nes 90
12.8 Concessie Waddenveren - Oost 90
12.9 Terschelling 94
12.10 Vlieland 98
12.11 Concessie Waddenveren - West 102
13 Conclusies en advies 106
13.1 Algemeen advies 107
13.2 Advies per route 112
14 Bibliografie 121
15 Lijst met Tabellen 124

2 Afkortingen

Afkorting	Beschrijving
CCS	Carbon Capture Storage
CfCH4	Emissiefactor met betrekking tot CH4
CfCO2	Emissiefactor met betrekking tot CO2
CfN20	Emissiefactor met betrekking tot N2O
CO2eq	CO2 equivalent, een vermenigvuldiging van een toegeschreven uitstoot (per energiedrager en conversie) met het GWP van die uitstoot
CRMA	Critical Raw Materials Act
Cslip	Emissiefactor met betrekking tot methaan slip
CWN	Coalitie Wadden Natuurlijk
CWO	Consumentenplatform Waddenveren Oost
CWW	Consumentenplatform Waddenveren West
ETD	Energy Taxation Directive
ETS	Emission trading scheme
EU	Europese unie
FC	Fuel Cell
GHG	Green House Gass
GT	Gross Tonnage
GWP	Global warming potential
ICE	Internal Combustion Engine
IMO	International Maritime Organisation
IRR	Internal Rate of Return
kW	Kilo Watt
kWh	Kilo Watt hour
LCV	Lower Caloric Value
Mj	MegaJoulle
MRV	Monitoring, Reporting and Verification
MVI	Maatschappelijk Verantwoord Inkopen
MW	Mega Watt
NAM	Nederlandse Aardolie Maatschappij
PvE	Programma van Eisen
RED	Renewable energy directive
RFNBO	Renewable fuel of non biological origin
TRL	Technologie Readiness Level
TtW	Tank to Wake
WtW	Well to Wake

3 Management samenvatting

3.1 Aanleiding

Momenteel zijn er twee concessies voor passagiersvervoer van en naar de Friese Waddeneilanden. Deze concessies eindigen in april 2029 na een looptijd van 15 jaar. Dit betekent dat het ministerie van Infrastructuur en Waterstaat (IenW) momenteel de voorbereidingen treft voor de nieuwe concessies voor de periode vanaf 2029. In dat kader werkt het ministerie dit jaar (2023) aan de Nota van Uitgangspunten (NvU) voor de concessies.

De nieuwe concessies moeten niet alleen een kwalitatief hoogwaardige en betrouwbare verbinding tussen het vasteland en de Waddeneilanden borgen, maar ook een bijdrage leveren aan de verduurzamingsopgave in het Waddengebied. De nieuwe concessies vormen daarmee een kans om, op basis van actuele inzichten, toekomstbestendige eisen te stellen aan de verduurzaming van de waddenveren. Om die reden heeft het ministerie aan Damen gevraagd om onderzoek te doen naar deze toekomstbestendige eisen.

De hoofddoelen van het onderzoek zijn om een vertaling van de beleidskaders te verstrekken, ten aanzien van de:

- Eisen aan de uitstoot van schepen
- Eisen en/of wensen t.a.v. de aandrijving van schepen vanuit zowel wenselijkheid als vanuit praktische haalbaarheid
- Eventuele overige eisen, bijvoorbeeld ten aanzien van de bouw en inrichting van schepen

en daarnaast een globaal inzicht te creëren in:

- de financiële consequenties
- de verwachte milieuwinst

leidend tot een overkoepelend advies ten aanzien van duurzaamheidseisen en de praktische en financiële haalbaarheid hiervan.

3.2 Vooronderzoek

Dit onderzoek is gestart met een vooronderzoek. Binnen het vooronderzoek zijn verschillende beleidskaders omtrent duurzaamheid, eigenschappen van verschillende energiedragers, mogelijke tenderprocedures, wensen vanuit bewoners / belangenverenigingen en alternatieve technologische eisen onderzocht. De bevindingen uit dit vooronderzoek zijn gebruikt in het vervolg ter toetsing van de haalbaarheid van mogelijke eisen met betrekking tot de veerdienst of zijn op zichzelf beschreven als mogelijke eisen voor de aanbesteding van de toekomstige concessies.

In het vervolg van het onderzoek is in eerste instantie een overzicht gegeven van de huidige vervoersconcepten met betrekking tot de routes, type schepen, vervoersaantallen en het energieverbruik. Voor deze vervoersconcepten is bekeken wat de impact is op de emissies, de bijbehorende financiële consequenties en de mogelijke benodigde aanpassingen aan de elektrische infrastructuur wanneer wordt overstapt naar een alternatieve energiedrager. De uitstoot per energiedrager is hierin bepaald door middel van vastgestelde emissie coëfficiënten en de financiële consequenties zijn bepaald door een relatieve ticketprijs stijging weer te geven op basis van IRR berekeningen bij een 15 jaar durende concessie. De bijkomende en mogelijk benodigde aanpassingen aan de elektrische infrastructuur zijn bepaald door middel van de

energievraag van de schepen en de huidige dienstregeling. Als laatste stap binnen de analyse zijn er aanpassingen gemaakt aan de scheepstypen en dienstregelingen. Deze aanpassingen zijn gemaakt met betrekking tot: langere vaartijden, alternatieve spreidingen van afvaarten, langere stoptijden en mogelijke andere scheepstypen. Deze aanpassingen hebben geleidt tot een analyse van 41 verschillende overkoepelende vervoerconcepten voor beiden concessies, allen onderzocht op dezelfde aspecten (uitstoot, ticketprijs, infrastructuur) wanneer wordt overstapt op een alternatieve energiedrager.

3.3 Analyse en conclusies

De analyses van de verschillende vervoersconcepten brengen voor de concessie Waddenveren-Oost de volgende punten naar voren:

- Alle alternatieve energiedragers resulteren in meer of minder mate in een verhoging van de operationele kosten van de veerdienst
- Een aantal uitwerkte geanalyseerde vervoersconcepten hebben een positief of negatief effect op de betrouwbaarheid en beschikbaarheid van de veerdienst
- Batterij-Elektrisch varen heeft relatief de minst grote financiële impact op de veerdienst, naast het gebruik van fossiele energiedragers of biodiesel
- Batterij-Elektrisch varen heeft de grootste uitstoot reductie tezamen met waterstof
- Batterij-Elektrisch varen heeft de op 1 na grootste CO_2eq [t] besparing per jaar ten opzichte van de procentuele ticketprijsstijging, na biodiesel.

Biodiesel is binnen de geschetste beleidskaders mogelijk als energiedrager aan het begin van de concessie. Voor het einde van de toekomstige concessie (na 2035) is er echter een additionele reductie in uitstoot benodigd (>70% t.o.v. 1990), wanneer het gewenst is te voldoen aan de landelijke gemiddelde emissiereductiedoelen (‘Fit for 55’). Het gebruik van deze energiedrager kan daarmee enkel gezien worden als overgangsoplossing.

De verschillende analyses laten verder zien dat het mogelijk is voor beiden routes om batterij-elektrisch te varen. In beiden gevallen zijn er echter aanpassingen nodig van de elektrische infrastructuur. Dit heeft ofwel een relatief kleine impact (veerdienst Schiermonnikoog), ofwel een grotere impact (veerdienst Ameland). Benodigde aanpassingen zullen een lang traject volgen waarbij is geadviseerd om dit zo snel mogelijk op te starten tezamen met de netbeheerder en andere belanghebbenden.

Om het traject van aanpassingen gedurende de concessie te faciliteren is er geadviseerd om een transitiepad mogelijk te maken.

Met betrekking tot mogelijke eisen omtrent emissies met betrekking tot de concessie hebben de uitkomsten van de analyses geleid tot het volgende advies voor de Nota van Uitgangspunten:

“Om de creativiteit binnen de aanbesteding te behouden is het advies om, afhankelijk van de eisen aan betrouwbaarheid en beschikbaarheid, geen specifieke oplossingsrichting/aandrijving maar een minimum emissiereductie percentage met betrekking tot het energieverbruik van het schip te eisen. Dit percentage kan gekozen worden aan de hand van beleidskaders en/of de gebiedsambities. Het kan daarbij enerzijds een vast percentage zijn waarbij gelijk de doelstellingen voor het einde van concessie gehaald worden of anderzijds kan er gewerkt worden met een variabel percentage gedurende de concessie, lees transitiepad. Mogelijke additionele emissiereducties, aangeboden door een rederij, kunnen daarbij positief worden meegenomen in de beoordeling. De mate waarin deze wordt meegenomen kan bepaald worden door een

afweging te maken tussen de financiële haalbaarheid, de reductie in uitstoot en het maatschappelijk belang van een lage / nul-emissie veerdienst."

De laagste minimum emissiereducties binnen de toekomstige concessie die daarbij gesteld kan worden zijn daarbij de doelstelling uit het Fit for 55 programma: 55% in 2030, 70% in 2035, 80% in 2040.

Wanneer de hoogte van het minimum percentage groter is dan 65% (gebruikte reductie met biodiesel) is het van belang dat de elektrische walinfrastructuur gereed is voor de start van de concessie. Dit lijkt voor beide concessies een uitdaging door de looptijd. Zoals eerder beschreven zal er hierdoor aan het begin van de concessie niet volledig voldaan kunnen worden aan de uitstoot eis. Hier dient rekening mee gehouden te worden binnen de aanbesteding, bijvoorbeeld door middel van een mogelijk transitiepad

De analyses van de verschillende vervoersconcepten brengen voor de concessie Waddenveren-West de volgende punten naar voren:

- Alle alternatieve energiedragers resulteren in meer of minder mate in een verhoging van de operationele kosten van de veerdienst
- Een aantal uitwerkte geanalyseerde vervoersconcepten hebben een positief of negatief effect op de betrouwbaarheid en beschikbaarheid van de veerdienst
- Alle onderzochte alternatieven leiden tot een verbetering van het financiële plaatje
- Varen op bio-LNG voor de MS Willem de Vlamingh / MS Willem Barentz en batterij-elektrisch varen voor alle nieuwe veren heeft relatief de minst grote financiële impact op de veerdienst, naast het gebruik van fossiele energiedragers en het volledig gebruik voor alle veerboten van biologische varianten van fossiele energiedragers.
- Deze optie, waarbij gebruik wordt gemaakt van een mix van groene energiedragers, heeft de 2 na grootste uitstoot reductie, na volledig elektrisch en waterstof.
- Daarnaast heeft het varen met een mix van groene energiedragers de één na grootste CO2eq [t] besparing per jaar ten opzichte van de procentuele ticketprijsstijging, na biodiesel.

De conclusies en adviezen met betrekking tot de concessie Waddenveren-West zoals beschreven in deze samenvatting zijn grotendeels gelijk aan die voor Oost en zijn hier daarom niet herhaald. De uitzondering hierop is de benodigde elektrische infrastructuur.

De verschillende analyses laten verder zien dat het mogelijk is voor beiden routes om batterij-elektrisch te varen met betrekking tot de schepen. In beiden gevallen zijn er echter grote aanpassingen nodig van de elektrische infrastructuur. Dit heeft mogelijk een relatief kleine impact voor Vlieland wanneer redundantie in de netaansluiting niet wordt gezien als verplichting en er vrijheid wordt gecreëerd in het verder spreiden van de dienstregeling van de snelveren. Voor Terschelling en Harlingen is de impact echter groot. De wadkabel naar Terschelling heeft onvoldoende capaciteit voor het elektrificeren van de veerdienst en zal moeten worden uitgebreid. Daarnaast zal de elektrische aansluiting voor Harlingen significant vergroot moet worden. In alle gevallen moet ook het voedende onderstation uitgebreid worden.

Ook deze aanpassingen zullen een lang traject volgen waarbij is geadviseerd om dit zo snel mogelijk op te starten tezamen met de netbeheerder en andere belanghebbenden.

Om het traject van aanpassingen gedurende de concessie te faciliteren is ook hier geadviseerd om een transitiepad mogelijk te maken.

3.4 Aanbevelingen

Naast de analyse van de verschillende concepten is er gekeken naar mogelijkheden ter verbetering van de financiële consequenties door middel van ondersteuning in verschillende varianten. Hier zijn een aantal opties geïdentificeerd:

1. Lange looptijd concessie
2. Eenmalig subsidiëren van verhoogde investeringen voor groene alternatieven
3. Garanties voor financiering van investeringen
4. Financiële bijdragen gedurende de concessie

Waarbij de impact van deze verschillende opties is weergegeven. Het wordt geadviseerd om verder onderzoek te doen naar deze mogelijkheden.

Als laatste, er zijn binnen het onderzoek in aantal aanbevelingen gedaan met betrekking tot verschillende onzekerheden. Deze zouden binnen de toekomstige aanbesteding tot uitdagingen kunnen leiden. De belangrijkste aanbevelingen hierin zijn:

- Probeer inzicht te creëren in de actuele en gevraagde vervoersvraag op piekmomenten
- Definieer het niveau van betrouwbaarheid en beschikbaarheid in de toekomstige concessies tezamen met de randvoorwaarden met betrekking tot spreiding van de dienstregeling

4 Inleiding

De veerdiensten naar de Waddeneilanden vormen niet alleen een essentieel transportnetwerk, maar ook een levenslijn naar het hart van een kostbaar natuurreservaat. Verscholen in het door UNESCO aangewezen Waddenzeegebied, fungeren deze veerboten als levensader voor zowel de lokale gemeenschappen als het opmerkelijke ecosysteem dat gedijt in deze unieke regio. Terwijl we aan de vooravond staan van duurzaam maritiem vervoer, ontvouwt zich een unieke kans met de aankomende vervanging van een groot aantal veerboten in het kader van de concessies. Deze aankomende vervanging biedt de kans om te verduurzamen en daarbij aan te sluiten bij de landelijke normen en ambities. Dit rapport onderzoekt de mogelijkheden en implicaties omtrent de verduurzaming van deze essentiële veerboten, waarbij gekeken wordt naar de balans tussen de duurzaamheidsbaten, de financiële haalbaarheid en de betrouwbaarheid van de veerdienst. Een uitdaging die de samenwerking tussen alle verschillende marktpartijen benodigd.

Binnen dit onderzoek hebben we de diverse uitdagingen waarmee marktpartijen worden geconfronteerd, samengevoegd met de bestaande beleidskaders met betrekking tot verduurzaming en het Waddengebied in het algemeen. Deze elementen hebben gediend als de (essentiële) randvoorwaarden voor ons onderzoek naar de financiële haalbaarheid en uitstootvermindering die gepaard gaan met mogelijke vervoersconcepten.

Om de financiële haalbaarheid te beoordelen, hebben we gebruikgemaakt van relatieve IRR (internal rate of return) berekeningen. Hierdoor hebben we inzicht verkregen in de mate van relatieve ticketprijsstijgingen die nodig zijn om een aangenomen rendement te behalen bij alternatieve vervoersconcepten.

Deze vastgestelde randvoorwaarden, in combinatie met de resultaten van de financiële en uitstoot analyses, hebben geleid tot om een advies over de eisen die gesteld kunnen worden aan de komende concessies. Dit advies weerspiegelt zowel de economische levensvatbaarheid van de voorgestelde vervoersconcepten als de noodzaak om de duurzaamheidsdoelstellingen te behalen.

De opbouw van dit rapport is als volgt. Hoofdstuk 3 belicht de diverse beleidskaders die van invloed zijn op de duurzaamheid van veerdiensten naar de Waddeneilanden, terwijl Hoofdstuk 4 zich richt op de eigenschappen en mogelijke implementatie van verschillende energiedragers. Mogelijke tenderprocedures worden besproken in Hoofdstuk 5, terwijl Hoofdstuk 6 recente ontwikkelingen binnen het vaargebied van de Waddenzee onder de loep neemt. Hoofdstuk 7 verkent de wensen vanuit bewoners en belanghebbenden, terwijl Hoofdstuk 8 ingaat op technologische eisen anders dan die voor energiedragers. Hoofdstuk 9 geeft inzicht in de huidige vervoersconcepten, en Hoofdstuk 10 analyseert zowel de huidige als alternatieve vervoersconcepten. Hoofdstuk 11, ten slotte, vat deze analyses samen en biedt advies met betrekking tot de verschillende duurzaamheidseisen en mogelijke implicaties voor de toekomst van de veerdiensten naar de Waddeneilanden.

5 Beleidskaders

5.1 Inleiding

Nederland en de Europese Unie hebben verschillende beleidskaders en initiatieven beschreven welke zijn gefocust op duurzaamheid en circulariteit. De geselecteerde onderstaand beschreven beleidskaders zijn diegene die betrekking hebben op 1 van de volgende onderdelen:

Emissies:

Scope 1 (Direct):
- Gebruik veerboten
- Brandstof verbruik

Scope 2 (Indirect):
- Ingekochte elektriciteit

Scope 3 (Verantwoordelijk voor buiten het eigen bedrijf):
- Afval
- Transport werknemers
- Onderdelen en onderhoud
- Aankoop veerboten
- Goederen voor verkoop aan boord (koffie, broodjes, etc.)

Waddengebied:
- Bewoners
- Natuurlijke ontwikkeling Waddenzee
- Ontwikkeling elektriciteitsnetwerk
- Integrale gebiedsontwikkeling
- Zelfvoorzienend waddengebied

Rapportage:
- Inzichtelijkheid van uitgestoten emissies over de levenscyclus

De onderzochte beleidskaders, strategieën, plannen en initiatieven zijn hier onder samenvattend weergegeven. Deze beleidskaders geven een uitgebreide analyse waarbij de hoofdlijnen worden beschreven, maar zijn niet limitatief.

Het hoofdstuk wordt afgesloten met een samenvattende tabel van de verschillende kaders in 5.22.

5.2 Europese klimaatwet (‘Fit for 55’)

Het belangrijkste beleidskader is het Europese klimaatbeleid. Dit heeft tot doel de uitstoot van broeikasgassen te verminderen en de klimaatverandering aan te pakken. De EU heeft de lidstaten wettelijk verplicht om tegen 2030 de uitstoot van broeikasgassen met ten minste 55% te verminderen ten opzichte van het niveau van 1990, [1]. Daarnaast is het doel vanuit Nederland om in 2035 een 70% en in 2040 een 80% reductie behaald te hebben [2]. In 2050 zijn de lidstaten verplicht klimaat neutraal te zijn. Uit het ‘Fit for 55’ pakket volgt een verdere uitwerking van beleidskaders en wetgeving omtrent bijvoorbeeld energie-efficiency, hernieuwbare energie, ruimtegebruik, energiebelasting en het emissiehandelsysteem. De belangrijke beleidskaders, die momenteel beschikbaar zijn, en hieruit volgen zijn onderstaand verder beschreven.

Toepasbaarheid:

- 55% reductie van broeikasgassen in 2030 t.o.v. 1990
- 70% reductie van broeikasgassen in 2040 t.o.v. 1990
- 80% reductie van broeikasgassen in 2050 t.o.v. 1990
- Klimaatneutraal in 2050

5.3 Agenda voor het waddengebied 2050

De Agenda voor het waddengebied 2050 beschrijft het gezamenlijk langetermijnperspectief en formuleert gezamenlijke doelen, handelingsprincipes en stappen richting uitvoeringsprogramma teneinde deze doelen te realiseren, [3].

De volgende kernwaarden zijn opgenomen met betrekking tot het Waddengebied:

- De dynamische natuur van de Waddenzee inclusief de overgangen naar de kust en de eilanden
- De rust, ruimte, stilte en duisternis
- De waardevolle landschappen en het cultureel erfgoed in dorpen en steden, op de eilanden en in de zee
- De visserij, de havens, landbouw, energie en recreatie als sterke en innovatieve economische sectoren
- Recreatie en toerisme een belangrijke economische sector, met een duurzaam aanbod

Hierbij zijn de volgende doelen omschreven:

- Hoofddoel voor het Waddengebied is dat het in 2050 veilig, vitaal en veerkrachtig is
- Veilig doordat we tijdig anticiperen op de gevolgen van klimaatverandering en zeespiegelstijging
- Eilanden zijn zelfvoorzienend in energie
- Een voorbeeld zijn met betrekking tot andere gebieden
- De natuur is en blijft van wereldklasse en ontwikkelt zich verder, in samenhang met de natuur over de grens

En de volgende leidende principes voor handelen:

- Ruimte voor bewoners, zij worden vroegtijdig betrokken bij ontwikkelingen
- Natuurlijke ontwikkeling Waddenzee – Bij ingrepen gaan we uit van een duurzame bescherming en zo natuurlijk mogelijke ontwikkeling van de Waddenzee
- Ecologie en economie versterken elkaar
- Regionaal en Internationaal verbonden – Samenhang binnen het waddengebied en de Noordzee
- Oplossingen zijn altijd integraal – Integrale gebiedsontwikkeling
- Werelderfgoed als verantwoordelijkheid en inspiratiebron
- Rekening houden met specifiek omstandigheden
- Adaptief werken in een dynamische omgeving
- Samen verantwoordelijk

Toepasbaarheid:

De kernwaarden, doelen en leidende principes kunnen als volgt worden samengevat

- Integrale oplossing waar toerisme, duurzaamheid en natuur in samenhang wordt verbeterd.
- Impact op natuur door minimaliseren van baggeren wordt beperkt, waarbij dit niet ten koste gaat van bereikbaarheid
- Eilanden zijn zelfvoorzienend

- Belang van toeristen moet gewaarborgd zijn

5.4 Natura 2000 – Beheerplan Waddenzee

Het huidige Natura 2000 – Beheerplan Waddenzee liep tot 2022. Een verlenging is gepland maar in afwachting van een aantal gemaakte bezwaren. Op het moment van schrijven is daarom gekeken naar het plan van 2016-2022. Het plan voor 2016-2022 beschrijft de volgende aspecten die een directe impact hebben op de waddenveren, [4]

.

- Het verminderen en tot nul brengen van de onttrekking van zand uit het gebied door baggeren
- Snelvarende waddentaxi's zijn alleen overdag toegestaan.
- Snelvaren (> 20km/h) is alleen toegestaan in de hoofd- en veerbootroutes
- De bereikbaarheid van de havens en eilanden moet gewaarborgd zijn door beperkte baggerwerkzaamheden in de vaargeulen en de inzet van veerboten die zijn afgestemd op de ondiepe Waddenzee.
- Een nader onderzoek naar het vervoersconcept en de infrastructuur moet uitwijzen of de route Holwerd – Ameland op een duurzame manier bereikbaar kan blijven, met minder baggerwerk

Toepasbaarheid:

- Beperken van baggeren en daarop mogelijk de vloot afstemmen
- De dienstregeling voor snelle schepen mag niet worden uitgebreid naar latere tijdstippen

5.5 Green Shipping Waddenzee ambitie

Green Shipping Waddenzee heeft de ambitie om de gestelde eisen voor emissiereductie te versnellen voor de waddenvloot. De ambitie is dat in 2030 60% van de 'Waddenvloot' CO2-vrij en zonder schadelijke emissies vaart (onder meer geluidsarm en stikstofvrij). Voor 2040 is dit aandeel op 100% gesteld, [5].

Toepasbaarheid:

De ambitie kan mogelijk meegenomen worden als een positieve beoordelingscriteria met betrekking tot de aangeboden energiedragers door de concessienemer.

5.6 Intentieverklaring voor toekomstbestendig energiesysteem Friese Wadden

De Friese Waddeneilanden, Provincie Fryslân en netbeheerder Liander hebben op 23 februari 2023 de "Intentieverklaring Friese Waddeneilanden" ondertekend. Het doel van de verklaring is om de samenwerking te versterken en gezamenlijk te onderzoeken welke (alternatieve) mogelijkheden er zijn om in de toekomstige energiebehoefte op de eilanden te voorzien.
Met de "Intentieverklaring Friese Waddeneilanden" sluiten partijen de aanleg van een of meerdere nieuwe wadkabels niet uit, maar beogen eerst maximaal in te zetten op alternatieven. Uiteindelijk gaat het om het hebben en houden van een stabiel energienetwerk met voldoende capaciteit tegen de laagste maatschappelijke kosten.

Toepasbaarheid:

Alternatieve mogelijkheden voor toegenomen gebruik van het elektriciteitsnetwerk moeten onderzocht worden voordat een keuze gemaakt kan worden voor het aanleggen van additionele wadkabels indien benodigd.

5.7 Europees Emissiehandelssysteem (ETS)

Het ETS is het belangrijkste instrument van de EU om de uitstoot van broeikasgassen te verminderen in verschillende sectoren. Hierbij kan onder andere gedacht worden aan de energieopwekking, de staalindustrie en de chemische industrie. Het ETS stelt een limiet aan de totale hoeveelheid uitstoot en geeft emissierechten uit. Deze kunnen worden verhandeld tussen de deelnemende bedrijven. Er zijn verschillende voorstellen voor uitbreiding van het EU-emissiehandelssysteem tot zeevervoer vanaf 2027, waarbij 50% van de emissies ontstaan uit “extra-EU” reizen voor schepen groter dan 5000 GT worden meegenomen [6]. De binnenvaart en kleinere schepen (als de huidige waddenveren) zijn nog niet in huidige plannen meegenomen, anders dan dat zij hun emissies vanaf 2025 moeten gaan rapporteren. Regelgeving voor schepen tussen de 400 en 5000 GT wordt besproken in 2026. Ook zijn er verdere gesprekken gaande omtrent ETS II waarbij de verwachting is dat deze ook voor de binnenvaart gaat gelden. De plannen zijn om dit zo breed mogelijk in te voeren in 2027. Inschattingen zijn dat dit tot 30% hogere kosten voor varen op fossiele brandstoffen met zich mee kan brengen.

Toepasbaarheid:
De ETS is niet direct toepasbaar op de Waddenveren op de korte termijn, maar binnen ETS II zal dit wel het geval worden. Dit zal een directe impact hebben op de operationele kosten en daarmee een verhoging van de ticketprijs wanneer gebruikt wordt gemaakt van brandstoffen met emissies. De verwachting is dat ETS II, tezamen met RED III zal leiden tot 30% hogere kosten geassocieerd met fossiele brandstoffen.

5.8 EU-MRV (Monitoring, Reporting and Verification)

De Monitoring, Rapportage en Verificatie (MRV) voor de EU was in 2017 de eerste stap in een groter proces om emissiegegevens van de scheepvaart te verzamelen en te analyseren. De EU MRV is verplicht voor schepen van meer dan 5.000 GT varende op EU-gerelateerde reizen. In 2022 is de MRV uitgebreid met een verplichte rapportage op N_2O en Methaan [7].

Toepasbaarheid:
De EU-MRV is niet direct verplicht voor Waddenveren, maar zou bruikbaar kunnen zijn om inzicht te vergaren in de emissies. Dit zou interessant zijn wanneer een transitiepad naar nul-emissie een oplossingsrichting voor de Waddenveren blijkt.

5.9 Circulair economiepakket

In 2015 heeft de EU een actieplan voor de circulaire economie aangenomen [8]. Deze heeft als doel de overgang naar een circulaire economie te bevorderen. Dit plan is later herzien in 2020. Het plan bevat aanbevelingen om afvalpreventie, recycling en hergebruik te stimuleren, evenals de bevordering van een duurzaam ontwerp, producten als dienst en de vermindering van het gebruik van hulpbronnen. Deel van de aanbevelingen kunnen ook worden teruggevonden in de later beschreven kaders en/of wetgeving omtrent afvalbeheer, energie-efficientie en de Europese Verordening betreffende batterijen en afgedankte batterijen.

Toepasbaarheid:
Het actieplan geeft geen directe regelgeving en/of richtlijnen omtrent circulariteit. De enige wetgeving op dit moment is de verordening betreffende batterijen. In het plan wordt er grotendeels gefocust op de emissies vanuit de gebruikte energie met betrekking tot vervoer. Daarbij moet in ogenschouw genomen worden dat de operationele emissies in de meeste veerdiensten een tiental groter zijn dan de emissies uitgestoten gedurende de aanbouw van nieuwe schepen (Damen

Shipyards Group). Gedurende het ontwerp zouden er daarom eisen moeten liggen op de operatie en de daarbij behorende scope 1, 2 en 3 emissies. Waarbij een mogelijke positieve beoordelingscriteria gekoppeld kan worden aan:

1. Transparantie gerelateerd aan materiaal gebruik
2. Circulaire bouwstrategieën als het voorbereiden op her-fabricage
3. Circulair (her)gebruik van materialen om afval te voorkomen
4. Strategieën om de levensduur van het schip te verlengen (onderhoud en reparatie)

5.10 Europese Richtlijn betreffende afvalbeheer

Deze richtlijn stelt bindende doelstellingen vast voor het beheer van verschillende soorten afval. Hieronder vallen verpakkingsafval, elektronisch afval en kunststoffen. Het doel is om afval te verminderen, recycling te bevorderen en de schadelijke effecten van afval op het milieu en de menselijke gezondheid te verminderen. De volgende richtlijnen voor 2030 zijn vastgesteld, [9]:

Table 1 – Proposed waste management targets

	2025	2030
Share of **municipal waste prepared for reuse and recycling**	60%	65%
Share of **municipal waste landfilled**	/	10%
Share of **all packaging waste** prepared for reuse and recycling	65%	75%
Share of **plastic packaging waste** prepared for reuse and recycling	55%	/
Share of **wood packaging waste** prepared for reuse and recycling	60%	75%
Share of **ferrous metal packaging waste** prepared for reuse and recycling	75%	85%
Share of **aluminium packaging waste** prepared for reuse and recycling	75%	85%
Share of **glass packaging waste** prepared for reuse and recycling	75%	85%
Share of **paper and cardboard packaging waste** prepared for reuse and recycling	75%	85%

Data source: European Commission, 2015.

Toepasbaarheid:
Verplichting voor de catering aan boord van de schepen en de daarbij horende afvalstroom.

5.11 Europese Richtlijn betreffende energie-efficiëntie

Bij deze richtlijn wordt een gemeenschappelijk kader vastgesteld met maatregelen voor het bevorderen van energie-efficiëntie binnen de Unie. Dit moet ertoe leiden dat de EU haar kerndoel inzake energie-efficiëntie van ten minste 40 % voor 2030 haalt; de richtlijn maakt ook voor verdere verbeteringen van de energie-efficiëntie na deze data mogelijk. [10]

Toepasbaarheid:
Energie efficiëntie meenemen in het ontwerp van de nieuwe veren.

5.12 Europese Richtlijn betreffende hernieuwbare energie

De lidstaten zorgen er samen voor dat het aandeel energie uit hernieuwbare bronnen in het bruto-eindverbruik van energie in de Unie in 2030 minstens 45 % bedraagt, [11]. De Commissie beoordeelt die doelstelling, teneinde uiterlijk in 2023 een wetgevingsvoorstel in te dienen voor een

verhoging daarvan indien er verdere aanzienlijke kostenbesparingen zijn in de productie van hernieuwbare energie, wanneer dat nodig is om te voldoen aan de internationale verplichtingen van de Unie voor het koolstofvrij maken, of wanneer een aanzienlijke daling van het energieverbruik in de Unie een dergelijke verhoging rechtvaardigt.

Toepasbaarheid:
Een mogelijke verplichting om een gedeelte van de afname van energie voor de veren uit hernieuwbare bronnen te laten bestaan.

5.13 Voorstel voor herstructurering van de Energy Taxation Directive (ETD)

De ETD is het Europese kader voor belasting van energieproducten, [12]. De ETD bevat regelgeving voor het structureel voorkomen van mogelijke concurrentievervalsing binnen de EU en stelt minimumaccijnzen vast om koolstofarme energie aan te moedigen. De eerste versie van de ETD is aangenomen in 2003 en een herziene versie is op dit moment in de maak. De herziene versie is een onderdeel van de ‘Fit for 55’ en neemt hierin extra maatregelen om het gebruik van nul-emissie brandstoffen te stimuleren.

Toepasbaarheid:
Geen directe toepasbaarheid, maar heeft een mogelijk effect op het prijsniveau van fossiele brandstoffen na adoptie. Dit geeft een mogelijk positiever effect op de business case van nul-emissie veren in vergelijking met veren varend op fossiele brandstoffen.

5.14 FuelEU Maritime

De voorgestelde FuelEU Maritime Regulation focust op het verlagen van de GHG-intensiteit van alle energie gebruikt aan boord van schepen [13]. Een volledige levenscyclusanalyse is vereist met betrekking tot CO2 equivalenten, waarbij progressieve reducties zijn vereist. De verordening gaat in op 1 Januari 2025 en is net als de ETS en EU-MRV vereist voor schepen boven de 5000 GT. De reductie is vereist voor energiegebruik in Europese havens, 100% van de energie gebruikt op routes binnen de EU en 50% van de energie gebruikt op routes buiten de EU. Er zal gestart worden met een 2% reductie in 2025, exponentieel groeiend tot 80% in 2050. De levenscyclus aanpak die de ‘well to wake’ CO2 equivalente emissies meeneemt behandelt een deel van de beperkingen uit de IMO-regelgeving, die kijkt naar CO2-emissies gecreëerd aan boord van het schip, e.g. ‘tank to wake’

Toepasbaarheid:
FuelEU Maritime is niet direct toepasbaar op de Waddenveren, maar zou een richtlijn kunnen geven omtrent de belastbaarheid van emissies.

5.15 Europese Richtlijn betreffende duurzaamheidsrapportage

Deze richtlijn verplicht grote ondernemingen om te rapporteren over niet-financiële informatie, waaronder milieuprestaties, sociale en personeel gerelateerde aspecten, respect voor mensenrechten en bestrijding van corruptie, [14]. Rapportages worden verplicht tussen 2024 en 2026 voor verschillende typen ondernemingen en zullen dus ook voor de operators van de waddenveren van toepassing zijn.

Toepasbaarheid:
De rapportage wordt een verplichting binnen de nieuwe concessie en zal moeten worden opgenomen in het bestek van eisen voor de rederij.

5.16 Europese Verordening betreffende batterijen en afgedankte batterijen

Deze verordening stelt regels vast voor de markttoegang van batterijen en stelt eisen aan de veiligheid, prestaties, duurzaamheid en recycling van batterijen in de EU, [15].

Toepasbaarheid:
Wanneer de nieuwe veren gebruik maken van batterijtechnologie, zullen de batterijen moeten voldoen aan de gestelde regelgeving.

5.17 Verordening betreffende de totstandbrenging van een kader ter bevordering van duurzame beleggingen 2020/852

In deze verordening worden de criteria vastgesteld om uit te maken of een economische activiteit als ecologisch duurzaam kan worden aangemerkt, met het oog op het bepalen van de mate waarin een belegging ecologisch duurzaam is, [16]. De verordening is bedoeld voor het beoordelen van potentiële investering voor financiële instellingen en geeft daarbij een uitgebreide uiteenzetting van de te hanteren criteria. In de verordening zijn de volgende doelstellingen van toepassing:

- de mitigatie van klimaatverandering
- de adaptatie aan klimaatverandering
- het duurzaam gebruik en de bescherming van water en mariene hulpbronnen
- de transitie naar een circulaire economie
- de preventie en bestrijding van verontreiniging
- de bescherming en het herstel van de biodiversiteit en ecosystemen

Annex 1 aan de verordening is beschrijft technische screeningscriteria voor het bepalen van de voorwaarden waarop een economische activiteit kwalificeert als een substantiële bijdrage aan het klimaat en daarbij geen schade aanricht. Deze screeningscriteria zijn gericht op de bovenstaande 6 doelstellingen. De criteria worden per activiteit beschreven waaronder (de Waddenzee is aangemerkt als binnenwater):

- 6.7 – Personenvervoer over binnenwateren
- 6.9 – Ombouw voor het personen- en goederenvervoer over binnenwateren
- 6.16 – Infrastructuur die koolstofarm vervoer over water mogelijk maakt

De beschreven criteria kunnen worden samengevat in

Doelstelling	**Criteria**
Mitigatie van klimaatverandering	Emissiereductie en positieve neveneffecten
Adaptie van klimaatverandering	Een risicoanalyse en mitigatie plan moet gemaakt worden voor de benoemde klimaat gerelateerde gevaren.
Duurzaam gebruik en de bescherming van water en mariene hulpbronnen	Risico's van aantasting van het milieu in verband met het behoud van de waterkwaliteit en het vermijden van waterstress worden geïdentificeerd en aangepakt met het oog op het bereiken van een goede watertoestand en een goed ecologisch potentieel.

Transitie naar een circulaire economie	Er zijn maatregelen getroffen om afval te beheren, zowel in de gebruiksfase als aan het einde van de levensduur, overeenkomstig met de afvalhiërarchie; met inbegrip van de controle en het beheer van gevaarlijke stoffen aan boord van schepen en het waarborgen van hun veilige recycling. Voor schepen met batterijen voor de voortstuwing omvatten deze maatregelen hergebruik en recycling van batterijen en elektronica, met inbegrip van kritieke grondstoffen daarin.
Preventie en bestrijding van verontreiniging	Motoren in schepen voldoen aan de emissiegrenswaarden van bijlage II bij Verordening (EU) 2016/1628 (met inbegrip van vaartuigen die aan die limieten voldoen zonder type goedkeuring oplossingen zoals uitlaatgassen nabehandeling).
Bescherming en het herstel van de biodiversiteit en ecosystemen	N/A

Vanaf 2029 worden de volgende criteria beschreven voor de ombouw van personenvervoer over binnenwateren zijn vergelijkbaar met die voor nieuwbouw trajecten.

Toepasbaarheid:
De verordening op zichzelf is niet direct toepasbaar wanneer het eigendom van de veren bij de rederijen ligt en niet bij een financiële instantie. Desalniettemin beschrijven de criteria een duidelijke methodiek voor het bepalen van de milieu impact van investeringen. Een bepaalde waardering zou gehangen kunnen worden aan de beschreven criteria ter beoordeling.

5.18 Europese Strategie voor blauwe groei

Deze strategie heeft tot doel duurzame groei in de maritieme sector te bevorderen, waarbij rekening wordt gehouden met milieubescherming, innovatie en werkgelegenheid [17]. Het omvat maatregelen om duurzame scheepvaart, maritieme energie, aquacultuur en kusttoerisme te stimuleren.

Toepasbaarheid:
Toepasbaar voor de veren in de strategie is het gebruik van nul-emissie brandstoffen en het beperken van verontreiniging als gevolg van een teveel aan nutriënten (eutrofiëring), vervuilende stoffen (voornamelijk plastic), zwerfvuil en onderwaterlawaai.

5.19 Europese Verordening betreffende scheepsrecycling

Deze verordening stelt regels vast voor de veilige en milieuvriendelijke recycling van schepen die onder de vlag van een EU-lidstaat varen, [18]. Het legt verplichtingen op aan scheepseigenaren en scheepswerven om te voldoen aan strenge milieunormen en veiligheidsvoorschriften.

Toepasbaarheid:
Bij vervanging van de huidige vloot zal de recycling van de vloot moeten voldoen aan de verordening.

5.20 IMO GHG strategie

In de IMO GHG strategie is door lidstaten overeengekomen dat (1) net-zero GHG-emissies worden bereikt in of rond 2050 en dat (2) indicatieve verificatie momenten zijn bepaald in 2030 en 2040 waarbij een reductie van 20% en 70% ten opzichte van 2008 moet zijn behaald, [19]. De doelstelling is weergegeven in onderstaande grafiek.

Toepasbaarheid:
De IMO GHG strategie is voor de wereldscheepvaart en is niet direct nationaal toepasbaar. De richtlijnen van de IMO en het 'fit for 55' pakket zijn echter niet direct vergelijkbaar aangezien ze uitgaan van verschillende referentieniveaus (2008 en 1990). Emissies binnen de EU waren in 2008 ~16% gedaald t.o.v. 1990 [20], wat betekent dat de resterende reductie vanuit 'Fit for 55' tot 2030 (39%) een hoger doel is dan de IMO GHG strategie. De IMO GHG strategie is daarmee niet toepasbaar voor de waddenveren.

5.21 Voorstel Critical Raw Materials Act ('CRMA')

Het voorstel is gestoeld op het veiligstellen van de waardeketen voor duurzame ruwe materialen, [21]. Hierbij is als doel gesteld dat vanaf 2030 de EU

1. 10% van de jaarlijkse consumptie van strategische materialen zelf uit mijnen haalt
2. 40% van het verwerken van de jaarlijkse consumptie van strategische materialen binnen de EU plaatsvindt
3. 15% van de jaarlijkse consumptie van strategische materialen gerecycled wordt

De beschreven materialen binnen Annex 1 van het voorstel zijn grotendeels materialen die binnen de maritieme industrie gebruikt worden voor de productie van batterijen, elektromotoren en elektrische apparatuur.

Toepasbaarheid:
De doelstellingen uit de CRMA kunnen kwalitatief meegenomen worden in de aanbesteding. Als eerder genoemd is de traceerbaarheid van materialen momenteel een uitdaging binnen de industrie. Daarnaast is het nog de vraag of het aanbod van secundaire materialen groot genoeg gaat zijn om te voldoen aan de doelstelling beschreven in 3. Aangezien het voorstel ook doelstelling beschrijft zou het meegenomen kunnen worden als mogelijke kwalitatieve beoordelingscriteria en niet als eis.

5.22 Samenvatting beleidskaders

De verschillende onderzochte beleidskaders zijn oftewel toepasbaar, gedeeltelijk toepasbaar of niet toepasbaar. De beleidskaders geven ook alleen een andere mogelijke toepasbaarheid. De toepasbaarheid van de beleidskaders in ingedeeld in:

1. Eis: Een harde eis die mogelijk gesteld kan worden binnen een nieuwe concessie
2. Beoordelingscriteria: Er zou een positieve beoordeling gehangen kunnen worden aan het meenemen van de beschreven richtlijnen in het kader
3. Richtlijn: Geeft mogelijk meer inzicht voor het beoordelen van andere eisen

De onderzochte beleidskaders zijn kort samengevat in onderstaande tabel.

Kader	**Toepasbaarheid**	**Type**
Europese klimaatwet ('Fit for 55')	55% reductie van broeikasgassen in 2030 t.o.v. 1990 Doel: 70% reductie van broeikasgassen in 2035 t.o.v. 1990 80% reductie van broeikasgassen in 2040 t.o.v. 1990 100% reductie in 2050	Mogelijke eis
Agenda voor het waddengebied 2050	De kernwaarden, doelen en leidende principes kunnen als volgt worden samengevat • Integrale oplossing waar toerisme, duurzaamheid en natuur in samenhang wordt verbeterd. • Impact op natuur door minimaliseren van baggeren wordt beperkt, waarbij dit niet ten koste gaat van bereikbaarheid • Eilanden zijn zelfvoorzienend • Belang van toeristen moet gewaarborgd zijn	Beoordelingscriteria
Natura 2000 – Beheerplan Waddenzee	• Beperken van baggeren en daarop mogelijk de vloot afstemmen • De dienstregeling voor snelle schepen mag niet worden uitgebreid naar latere tijdstippen	Beoordelingscriteria
Green shipping Waddenzee	De ambitie om 60% van de waddenvloot in 2030 CO2-vrij te hebben varen en 100% in 2040 kan mogelijk meegenomen	Beoordelingscriteria

	worden als een positieve beoordelingscriteria met betrekking tot de aangeboden energiedragers door de concessienemer.	
Intentieverklaring voor toekomstbestendig energiesysteem Friese Wadden	Alternatieve mogelijkheden voor toegenomen gebruik van het elektriciteitsnetwerk moeten onderzocht worden voordat een keuze gemaakt kan worden voor het aanleggen van additionele wadkabels indien benodigd.	Richtlijn
Circulaire economiepakket	Geen definitieve eisen, maar beschreven richtlijnen zouden gebruikt kunnen worden voor tendercriteria.	Beoordelingscriteria
Europese Richtlijn betreffende afvalbeheer	Doelstellingen voor afvalmanagement aan boord	Beoordelingscriteria
Europese Richtlijn betreffende energie-efficiëntie	Energie efficiëntie meenemen in het ontwerp van de nieuwe veren.	Beoordelingscriteria
Europese Richtlijn betreffende hernieuwbare energie (RED)	45% van het bruto-eindverbruik van energie moet uit hernieuwbare bronnen komen	Mogelijke eis
Europese Richtlijn betreffende duurzaamheidsrapportage	Er moet gerapporteerd worden over niet-financiële informatie, waaronder milieuprestaties, sociale en personeel gerelateerde aspecten, respect voor mensenrechten en bestrijding van corruptie	Mogelijke eis
Europese Verordening betreffende batterijen en afgedankte batterijen	Wanneer de nieuwe veren gebruik maken van batterijtechnologie, zullen de batterijen moeten voldoen aan verorderning 2020/0353 (COD)	Mogelijke eis
Verordening betreffende de totstandbrenging van een kader ter bevordering van duurzame beleggingen 2020/852	De verordening op zichzelf is niet direct toepasbaar wanneer het eigendom van de veren bij de rederijen ligt en niet bij een financiële instantie. Desalniettemin beschrijven de criteria een duidelijke methodiek voor het bepalen van de milieu impact van investeringen. Een bepaalde waardering zou gehangen kunnen worden aan de beschreven criteria ter beoordeling.	Beoordelingscriteria
Europese Strategie voor blauwe groei	Toepasbaar voor de veren in de strategie is het gebruik van nul-emissie brandstoffen en het beperken van verontreiniging als gevolg van een teveel aan nutriënten (eutrofiëring),	Beoordelingscriteria

	vervuilende stoffen (voornamelijk plastic), zwerfvuil en onderwaterlawaai.	
Europese Verordening betreffende scheepsrecycling	Bij vervanging van de huidige vloot zal de recycling van de vloot moeten voldoen aan de verordening.	Mogelijke eis
IMO GHG-strategie	Niet - lagere eis dan 'Fit for 55'	Mogelijke eis
Europees Emissiehandelssysteem (ETS)	Belastbaarheid van emmissies, mogelijk geimplementeerd onder ETS II	Richtlijn / Eis afhankelijk van implementatie ETS II
EU-MRV (Monitoring, Reporting and Verification)	Inzicht vergaren in emmissies ten tijde van een transitiepad	Richtlijn
FuelEU Maritime	FuelEU Maritime is niet direct toepasbaar op de Waddenveren, maar zou een richtlijn kunnen geven omtrent de belastbaarheid van emissies ter compensatie van niet nul-emmissieschepen	Beoordelingscriteria
Critical Raw Materials act	Een kwalitatieve beoordeling meenemen op de kritieke materialen met betrekking tot traceerbaarheid, verwerking binnen de EU en het gebruik van secundair materiaal.	Beoordelingscriteria

6 Eigenschappen van energiedragers en hun implementatie

6.1 Inleiding

De beschikbaarheid van (netto-)zero-emissie energiebronnen is gedurende de komende concessieperiode één van de meest belangrijke vraagstukken voor de verduurzaming van de toekomstige vloot. Beiden de locaties van de havens en de mogelijkheden voor de implementatie aan boord van een schip hebben hier een grote impact op. Dit heeft meerdere kanten, ten eerste is een groot gedeelte van de operationele kosten toe te schrijven aan het brandstofverbruik en is het daardoor van belang om een inzicht te krijgen in de veranderingen die dit teweeg brengt. Ten tweede is de beschikbaarheid van energie van belang om de betrouwbaarheid van de veerdiensten te kunnen garanderen. Als laatste zullen de verschillende technologieën een significante impact op de kostprijs van een nieuwbouw schip en de daarbij komende onderhoudskosten.

In het onderzoeken van de verschillende eigenschappen is voor sommige informatie gebruik gemaakt van aannames, daarnaast zit er een bepaalde onzekerheid in de prijzen en zijn er een aantal algemene uitdagingen gevonden die mee genomen moeten worden tijdens het lezen van onderstaande informatie. Deze zijn gegeven door:

- Prijzen zijn gegeven per kWh bij levering op de terminal. Verliezen bij overdracht van wal naar schip zijn meenomen in de efficiency van de aandrijfsystemen
- In de verwachte prijsniveaus zijn geen subsidies meegenomen zoals de bijdrage van het Europese Innovatiefonds aan waterstof (á 3 euro/kg)
- Kosten van aandrijvingen zijn gegeneraliseerd om tot snelle vervoersconcept iteraties te komen. De kosten zijn gegeneraliseerd op basis van huidige marktverwachtingen en ontvangen prijzen uit de markt. Ter referentie zijn onderdelen van schepen rondom een lengte van 50 meter, met een snelheid <20 knopen genomen. Dit leidt voor de kleinere, wat snellere schepen en de grotere schepen binnen dit onderzoek tot een iets grotere onzekerheid in de kostprijsinschatting. De onzekerheid in de kapitaalinvestering die hierdoor wordt geïntroduceerd is verwaarloosbaar te noemen kijkend naar de volledige operationele kosten over meerdere jaren.
- Niet alle kosten voor de implementatie en het gebruik van voorstuwing met alternatieve energiedragers zijn beschikbaar doordat sommige technologieën nog geen Technologie Readiness Level (TRL) 9 hebben bereikt. Hiervoor zijn huidige marktinschattingen gebruikt.
- Voor biobrandstoffen is de WtW (Well to Wake) emissie meegenomen, waarbij de onttrokken emissies uit de lucht niet zijn weergegeven in de gepresenteerde cijfers. Binnen de vervoersconcept analyse is een feedstock meegenomen die de uitstoot met 65% reduceert t.o.v. de fossiele varianten.

6.2 Elektriciteit

6.2.1 Emissies

Elektriciteit kan worden opgewekt uit duurzame en niet duurzame bronnen. Deze elektriciteit kan worden opgeslagen in batterijen en direct gebruikt worden voor de voorstuwing van schepen. De levering van de elektriciteit en dus de uitgestoten emissies is afhankelijk van de ingekochte energie. Een overzicht van de emissies is gegeven in Tabel 1.

Tabel 1 Brandstofeigenschappen Elektriciteit, [22]

		LCV	WtT	TtW				
Fuel class	**Pathway name**	**[Mj/g]**	**CO_2eq WtT**	**Vermogens omzetting**	**$CfCO_2$**	**CfCH4**	**CfN_2O**	**Cslip**
Others	Electricity	-	EU Energy mix	On-shore power supply (OPS)	-	-	-	-

6.2.2 Beschikbaarheid

De beschikbaarheid van elektriciteit kan opgedeeld worden in 2 onderdelen, energie en vermogen, waarbij voor deze onderdelen separaat naar de verschillend veerboot havens gekeken moet worden. In het algemeen is er in Nederland sprake van netcongestie, wat ook in het geval van de havens voor de veerdienst geldt. Dit betekent dat er op dit moment weinig tot geen vermogen voor grote netaansluitingen is in het waddengebied. Om die reden is uitgebreide informatie binnen dit onderzoek opgehaald over de energiehuishouding op de verschillende eilanden en de toekomstplanning. Of er volledige capaciteit voor de netkabel beschikbaar is in de onderstations of het vaste land is onbekend door de onbekende contractuele verplichtingen vanuit Liander / Enexis.

De beschreven informatie is gedurende het schrijven opgehaald om inzicht te creëren in de mogelijkheden en/of onmogelijkheden voor eventuele batterij elektrische voortstuwing. Een dergelijke voortstuwing heeft in tegenstelling tot voorstuwing met alternatieve energiedragers namelijk ook een kapitaalinvestering nodig in het elektriciteitsnetwerk. Al dan niet voor uitbreiding van kabels, peak-shaving of de oplader voor de boot. Daarbij is onderstaand informatie opgehaald om de mogelijke kosten inzichtelijk te maken en een zo goed mogelijk totaalperspectief te kunnen schetsen. Daarbij kan vernoemd worden dat onderstaande gegevens over verbruik jaarlijks wijzigen en dat wanneer een bepaalde richting gekozen wordt, een actuele studie met Liander / Enexis uitgevoerd zou moeten worden over de definitieve haalbaarheid, [23].

1. **Vlieland**
   - **Vermogen**
     Gemeente Vlieland heeft een onderzoek laten uitvoeren door Ekwadraat, [24]. Hier is gekeken naar fysieke netcongestie en niet naar contractuele. De volgende bevindingen gedaan:
       - Vlieland heeft een netkabel van -10 MW tot 10 MW
       - Vlieland heeft back-up dieselaggregaten met een gezamenlijk bereik van 0,4 tot 2,4 MW
       - Bij een volledige overgang van het eiland op elektriciteit met een centrale warmtepomp voor verwarming is de wadkabel voor grofweg max. 75% belast gedurende een winterdag (22 Januari 2021), zonder een elektrische veerdienst
       - Bij een volledige overgang van het eiland op elektriciteit met een centrale warmtepomp voor verwarming is de wadkabel voor grofweg max. 25% belast gedurende een zomerdag (13 Mei 2021), zonder een elektrische veerdienst
       - Terug levering door gebruik van zonnepanelen en/of wind is afhankelijk van de toekomstige investeringen. Dit kan met verwachte investering (7 MW aan zon) terug levering tot 2.5 MW in winter verzorgen en tot 7 MW in de zomer gedurende een bepaald tijdsspanne over de dag (Piek rond 12:00). Wanneer en of uiteindelijke eigen opwek gerealiseerd wordt is onbekend

- Terug levering kan in het sommige voorbeelden leiden tot een te hoog vermogen in vergelijking met de terug lever capaciteit van de kabel

De impact van een mogelijke elektrische veerdienst is beschreven onder de analyse van de vervoersconcepten in hoofdstuk 12.

- **Energie**

  De volgende bevindingen omtrent het energieverbruik kunnen gehaald worden uit het onderzoek van Ekwadraat
  - Bij een volledige overgang (excl. de veerdiensten) van het eiland op elektriciteit met een centrale warmtepomp voor verwarming is de wadkabel gemiddeld voor grofweg 60% belast op winterdagen, terug levering niet meegenomen
  - Bij een volledige overgang van het eiland op elektriciteit met een centrale warmtepomp voor verwarming is de wadkabel gemiddeld voor grofweg 20% belast op zomerdagen, terug levering niet meegenomen
  - Energieopwekking gedurende zomerdagen met de meegenomen scenario's is groter dan het gebruikte energieverbruik

2. **Terschelling**

   Gemeente Terschelling heeft een onderzoek laten uitvoeren door Ekwadraat, [25]. Hier is gekeken naar fysieke netcongestie en niet naar contractuele. De volgende bevindingen gedaan:

- **Vermogen**
  - Terschelling heeft een 2x netkabel van -7.5 MW tot 7.5 MW
  - Één van de twee netkabels is voor redundantie
  - De liander prognose voor 2023 geeft max. 5,3 MW belasting voor levering
  - De liander prognose voor 2023 geeft max. -0,8 MW belasting voor terug levering
  - Inclusief het direct laden (zonder batterijen) van een veerboot zou het vermogen boven een enkele wadkabel komen en zou er gekeken moeten worden of de redundante kabel gebruikt kan worden voor levering met een additionele back-up

De impact van een mogelijke elektrische veerdienst is beschreven onder de analyse van de vervoersconcepten in hoofdstuk 12.

- **Energie**
  - De liander prognose voor 2023 geeft een energielevering van 23.329 MWh
  - De liander prognose voor 2023 geeft een energie terug levering van 6 MWh
  - Gezamenlijk zorgt de levering en terug levering voor een gemiddelde wadkabel belasting van 44%

3. **Ameland**

   Over Ameland zijn de minst specifieke cijfers bekend. Het is echter bekend dat Ameland van alle eilanden de meeste elektrische infrastructuur heeft. Deze elektrische infrastructuur is momenteel voor een gedeelte aangelegd voor, en in gebruik door, de NAM. Het is onbekend of er naast het gebruik van de NAM nog een elektrische veerdienst kan varen wanneer deze ook op Ameland moet opladen. Mogelijk kan dat dit pas wanneer het NAM-platform stopt met de operatie waarvoor geen bekende geplande datum is. Dit zou meer dan 15 jaar kunnen duren en zal verder moeten worden afgestemd met Liander.

4. Schiermonnikoog

Gemeente Schiermonnikoog heeft een onderzoek laten uitvoeren door Ekwadraat, [26]. Hier is gekeken naar fysieke netcongestie en niet naar contractuele. De volgende bevindingen gedaan:

- **Vermogen**
  - Schiermonnikoog heeft een 2x netkabel van -4.6 tot 4.6 MW
  - Eén van de twee netkabels is voor redundantie
  - De liander prognose voor 2023 geeft max. 2.4 MW belasting voor levering
  - De liander prognose voor 2023 geeft max. -1.5 MW belasting voor terug levering
  - Warmtepompen zouden een additioneel piekvermogen van 5 MW betekenen
  - Er is op dit moment problematiek rondom de maximale capaciteit van de netkabel. Verwacht is dat de problematiek in 2024 is opgelost
  - Liander onderzoekt om de netspanning van 10 KV naar 20 KV waardoor de capaciteit verdubbelt, waardoor een verdubbeling in vermogen ontstaat. Hier is echter nog onbekend wat de impact hiervan is op de onderhoudskosten en/of betrouwbaarheid van de energievoorziening
  - Liander onderzoekt om de redundante kabel ook te gebruiken

De impact van een mogelijke elektrische veerdienst is beschreven onder de analyse van de vervoersconcepten in hoofdstuk 12.

- **Energie**
  - De liander prognose voor 2023 geeft een energielevering van 7.785 MWh
  - De liander prognose voor 2023 geeft een energie terug levering van -1.5 MWh
  - Gezamenlijk zorgt de levering en terug levering voor een gemiddelde wadkabel belasting van 23%

Het elektrisch opladen van de veren op Schiermonnikoog heeft een aantal additionele haken en ogen. In eerste instantie is de tijd van de veerboten op het eiland gelimiteerd. Daarnaast ligt de veerhaven vrij ver van het dorp en de meeste infrastructuur. Dit zou betekenen dat specifieke infrastructuur aangelegd moet worden voor het eventueel opladen van de veerboten.

De havens aan de vaste wal zijn integraal onderdeel van het net en er is daarom minder onderzoek gedaan naar de specifieke mogelijkheden. Investeringen en aanleg van additionele infrastructuur kunnen gebruikt worden voor verschillende doeleinden en hebben minder tot geen impact hebben op het natura 2000 gebied. De volgende informatie is wel opgehaald:

5. Harlingen

De Port of Harlingen ziet meer vraag naar elektrische aansluitingen in de haven en ziet ook dat dit voor extra bedrijvigheid in de omgeving zou kunnen zorgen. Het is echter bekend dat het onderstation wat de haven voedt op dit moment vol is. Daarvoor zal additionele capaciteit gecreëerd moeten worden. Deze additionele capaciteit zou op dat moment niet alleen bruikbaar zijn voor de veerboten maar ook om andere gebruikers in de haven te voorzien. Een voorbeeld is genoemd voor Noorse vrachtschepen die graag in Harlingen hun overslag zouden doen wanneer netcapaciteit beschikbaar is.

6. **Holwerd / Ferwert**
   Afhankelijk van een mogelijke keuze voor verplaatsing van de veerhaven, als beschreven in VBA 2030, zal de veerhaven voor Ameland op Holwerd of Ferwert zijn. In beiden gevallen is er sprake van een vol onderstation (Dokkum). Deze zal verzwaard moeten worden wanneer er sprake is van een elektrische veerdienst.

7. **Lauwersoog**
   In Lauwersoog lijkt er ruimte voor een kleine netaansluiting (<1.5 MW), de precieze uitwerking zal verder vorm moeten krijgen in samenwerking met Enexis, [23].

Voor alle eilanden en havens geldt dat een directe aansluiting van een mogelijk laadstation voor een veerboot niet mogelijk is door de beperkte netcapacteit en/of wenselijk is door de hoge aansluitkosten bij piekvermogens. Er zal in dit geval gebruik gemaakt moeten worden van een batterijbuffer. Deze batterijbuffer kan daarmee gebruikt worden voor peak-shaving (capaciteit van 1-3 uur). Hierbij zal gekeken moeten worden of dit, met een toekomstige verwachte vraag, een tussen- of eindoplossing is in vergelijking met het aanleggen van additionele wadkabels.

Additioneel is opgevallen dat de redundantie van de elektriciteitslevering voor de eilanden gelimiteerd is in vermogen. In bijv. het geval van Vlieland is het back-up vermogen momenteel significant lager dan het vermogen van de wadkabel. Dit heeft een effect op de mogelijke betrouwbaarheid van de veerdienst in het geval van batterij elektrisch varen, waarbij een redundantie aan boord van de schepen mogelijk benodigd zal zijn.

6.2.3 Prijsniveau

De elektriciteitsprijs meegenomen is in dit onderzoek is 0.10 € / kWh voor grootverbruikers. Dit is inclusief belastingen, maar exclusief netaansluitkosten, [27]. De prijs is gemiddelde marktprijs voor het vastleggen van energie voor de komende 15 jaar.

6.2.4 Implementatie en onderhoudskosten

De kostencomponenten voor de implementatie batterij elektrisch varen zijn:

Vermogensopwekking
Bij gebruik van batterij elektrische voorstuwing is er geen benodigde energieopwekking aan boord (naast een mogelijke redundantie in voorstuwingssystemen). Er is wel een benodigde walaansluiting voor het overbrengen van elektriciteit naar het schip. De volgende parameters zullen hier verder in het onderzoek voor worden meegenomen:

Onderdeel	Bedrag	Eenheid
Laadconnector	200	€ / kW
DC Lader	400	€ / kW
Batterijbuffer	500	€ / kWh

Het gebruik van een bufferbatterij heeft bij overcapaciteit op niet piekmomenten ook een 2^{e} verdienmodel. Dit 2^{e} verdienmodel komt vanuit de mogelijk om peak shaving aan de netbeheerder aan te kunnen bieden vanuit de eigenaar van de batterij. Inschattingen vanuit de markt, [27], zijn dat bij een 3MW/6MWh er een zogenoemde flexwaarde is van 700k euro. Dit is gelijk aan ongeveer 30% van de investering in de batterij. In de basis laat dit zien dat een batterij duaal gebruikt kan worden en de kosten niet enkel op de veerdienst afgeschreven hoeven te worden. Binnen Nederland is deze zogenoemde flexwaarde significant lager dan in andere landen. Dit heeft onder

andere te maken met de transportkosten, [28], van elektriciteit die moeten worden betaald door de batterij eigenaar. Dit onderwerp ligt niet binnen de expertise van de schrijvers van het rapport en zal mogelijk verder onderzocht moeten worden, indien als belangrijk gezien.

Kosten voor de aansluiting zijn vanaf het 10kV net meegenomen. Investeringen voor aanpassingen in het net zijn niet meegenomen en aangenomen te vallen onder de netaansluitkosten, [29]. Deze zijn gegeven als:

Capaciteit per aansluiting	**€ / meter / maand**
>3 MVA t/m 10 MVA	0,18

Netaansluitkosten zijn additioneel voor batterij elektrisch varen en zijn in het waddengebied gegeven door Liander en Enexis. Hierbij zijn de kosten van Liander als referentie meegenomen binnen dit onderzoek. De volgende actuele netbeheerkosten meegenomen, waarbij stijgingen in toekomst niet voorzien zijn, anders dan stijgingen gelijk aan de basisinflatie. Een voorbeeld van de verschillende aansluitkosten voor verschillende vermogens is gegeven door:

Vermogen aansluiting en verbruik [kW]	500	1000	2000	3500	5000
Periodiek	€ 53,63	€ 53,63	€ 101,91	€ 688,00	€ 688,00
Transport vast	€ 36,75	€ 36,75	€ 36,75	€ 230,00	€ 230,00
Transport kW contract	€ 910	€ 1.820	€ 3.640	€ 10.220	€ 14.600
Transport kW max	€ 1.295	€ 2.590	€ 5.180	€ 14.210	€ 20.300
Totaal per maand	€ 2.295	€ 4.500	€ 8.959	€ 25.348	€ 35.818
Totaal per jaar	€ 27.545	€ 54.005	€ 107.504	€ 304.176	€ 429.816

Deze kosten zullen worden meegenomen in de analyse van de verschillende vervoersconcepten.

Opslag
Voor batterij-elektrisch varen is opslag en distributie van de elektriciteit aan boord van het schip vereist. Afhankelijk van de systeem uitleg en keuzes gemaakt aan boord van een schip kunnen de volgende generieke parameters worden beschreven om financiële vergelijkingen te maken tussen verschillende aandrijfsystemen:

Onderdeel	**Bedrag**	**Eenheid**
Batterijen	500	€ / kWh
Omvormers + installatie	250	€ / kW

Onderhoudskosten
Onderhoudskosten aan een elektrische voorstuwing zijn minimaal. Dit heeft als effect dat de totale onderhoudskosten van een schip significant reduceren door het verminderen en/of tot nul brengen van de draaiuren van de hoofdmotoren. De procentuele afname in onderhoudskosten verschilt

hierin sterk in het type schepen en haar afmetingen. Onderhoudskostenreductie van 70% op jaarbasis (kleinere schepen) worden gezien, variërend tot reducties tot 25% (grotere schepen). Als basis zal worden aangenomen binnen dit onderzoek dat de algemene onderhoudskosten 2%, [30] van de nieuwbouwwaarde op jaarbasis zijn. Daar zullen de onderhoudskosten van de dieselmotor in het geval van batterij elektrische varende schepen van worden afgetrokken (beschreven in 6.6). De afschrijvingskosten van batterijen zullen hierbij worden opgeteld.

6.3 Waterstof (H_2)

6.3.1 Emissies

Waterstof kan worden onderverdeeld in grijze, blauwe en groene waterstof. Deze zijn geproduceerd uit aardgas + stroom, aardgas + stroom + CO_2 afvang of groene stroom + water. Binnen dit onderzoek is gekeken naar het prijsniveau, de uitstoot, implementatie en de beschikbaarheid van groene waterstof. Grijze en blauwe waterstof zijn niet verder bekeken, maar zouden mogelijk kunnen dienen als transitieoptie wanneer de beschikbaarheid van groene waterstof onvoldoende is en/of wanneer dit op de korte termijn een veel goedkopere optie blijkt te zijn.

Groene waterstof wordt geproduceerd uit elektriciteit en water. Er is ~50kWh aan elektriciteit nodig voor een kilogram waterstof. Een kilogram waterstof levert ~33 kWh aan energie. Er zijn bij het gebruik van groene waterstof dus meer verliezen in de keten dan bij batterij-elektrisch varen.

Waterstof als energiedrager kan gebruikt worden voor ICEs (Internal Combustion Engine) of FCs (Fuel cells). Het rendement is hierbij verschillend en de uitgestoten WtW emissies (Well to Wake) zijn voor de FCs 0. Bij de ICE is er een N_2O uitstoot afhankelijk van het type ICE en de temperatuur van de verbranding. Een overzicht van de brandstofeigenschappen en de emissies is gegeven in Tabel 2

Tabel 2 Brandstofeigenschappen groene waterstof, [22]

		LCV	WtT	TtW				
Fuel class	**Pathway name**	**[Mj/g]**	**CO_2eq WtT**	**Vermogens omzetting**	**$CfCO_2$**	**CfCH4**	**CfN_2O**	**Cslip**
RFNBOs	e-H2	0,12	N/A	FC	0	0	0	-
		0,12	N/A	ICE	0	0	TBD	-

6.3.2 Beschikbaarheid

De beschikbaarheid van (groene) waterstof lijkt op de lange termijn geen limiterende factor te zijn voor het gebruik als energiedrager aan boord van schepen. Op de korte/middellange termijn is het echter onzeker. Het aanbod zal in de komende jaren gelimiteerd zijn, al gaat de ontwikkeling snel, waarbij de vraag mogelijk een stuk groter is dan het aanbod. Dit zal mogelijk een impact hebben op de prijsstelling. Als voorbeeld kan hierbij genomen worden dat bijvoorbeeld Engie verwacht op dit moment een 100 MWe electrolyser te hebben in de Eemshaven in 2027. Het totale verbruik van de veerboten onder de waddenveren Oost en West concessies zou ~8% van de gemaakte groene waterstof van deze electrolysers gebruiken. Het lijkt in eerste instantie dus mogelijk om lokaal geproduceerde waterstof als energiedrager te gebruiken, maar de totale vraag van de industrie in hetzelfde gebied is hierbij onbekend. Hiernaast is Engie ook bezig met schaalvergroting richting de toekomst. Naast Engie verwachten ook de havens (Rotterdam) dat er mogelijkheden zullen zijn voor import. Om de betrouwbaarheid van de veerboten te kunnen garanderen zullen, door de onzekerheid in het aanbod en de prijs, er vaste raamcontracten met leveranciers vastgesteld moeten worden.

De beschikbaarheid van waterstof heeft echter ook te maken met het lokaal beschikbaar zijn op locatie van de havens. De geplande waterstof backbone van HyNetherlands zal niet in de buurt van de waddenhavens komen, waardoor transport zal moeten plaatsvinden via vrachtwagens. Dit heeft een additionele kostenimpact op de prijs van waterstof. In dit geval is voor elke haven meegenomen dat er dagelijks een bunker vrachtwagen moet aankomen.

6.3.3 Prijsniveau

De waterstof prijs (groene waterstof) meegenomen in dit onderzoek is 0,33 € / kWh voor gasvormige waterstof en 0,40 € / kWh voor vloeibare waterstof, [31]. Beiden is inclusief transportkosten van 3,5 € / kg om de waterstof op de terminal te krijgen. De prijs is exclusief mogelijke Europese innovatiefonds subsidies.

6.3.4 Implementatie en onderhoudskosten

De verwachting is dat de bredere implementatie van waterstof als energiedrager voor de aandrijving van schepen nog een aantal jaren op zich zal laten wachten, [32]. Er zijn een aantal schepen die op dit moment op waterstof varen, maar dit zijn veelal onderzoeksprojecten. De regelgeving omtrent de opslag en distributie van waterstof aan boord van schepen, tezamen met de huidige stand van de technologie voor brandstoffencellen maakt de implementatie momenteel complex en risicovol. De verwachting is dat deze situatie pas rond 2026-27 zal gaan veranderen. Daarnaast zal de technologie voor brandstofcellen in grotere vermogens nog tot 2030 of daarna op zich laten wachten. Vanaf dat moment is wel de verwachting dat brandstofcellen in combinatie met batterijen zouden kunnen leiden tot een verhoogde kostenefficiëntie. Dit is niet meegenomen in onderstaande cijfers.

De ICE voor waterstof maakt gebruik van de Otto-cycle, een ideaal thermodynamisch kringproces dat gebruikt wordt als vergelijkingsproces voor de verbranding bij sommige verbrandingsmotoren met ontstekingsmechanisme. Dit is gelijk aan een motor die op LNG draait. De otto-cycle heeft een lage ‘belastingsrespons’ wanneer enkel op gas gedraaid wordt. De precieze technische implicaties zijn binnen dit rapport niet beschreven, maar de implicaties op de betrouwbaarheid zijn wel meegenomen. ICEs die enkel op gas draaien en gebruikt worden voor een directe voorstuwing hebben een lagere betrouwbaarheid [33]. Dit kan worden opgelost met energieopslag aan boord, maar dit heeft implicaties op de kostprijs en efficiency. Binnen dit onderzoek zijn de ICEs als directe voorstuwing meegenomen, maar moet rekening gehouden worden met een lagere betrouwbaarheid van de schepen, kwalitatief beschreven.

Vermogensopwekking

Vermogensopwekking aan boord voor waterstof kan gebeuren met behulp ICE’s of FC. De verwachting is dat de kosten voor de brandstofceltechnologie in de toekomst significant zullen dalen, maar de verwachting is dat dit nog niet zo zal zijn op het startmoment van de toekomstige concessies. De huidige kosten zijn gegeven door:

Onderdeel	Bedrag	Eenheid
Brandstofcel (~52% efficiëntie)	1500	€ / kW

ICE (~42% efficiëntie)	1100	€ / kW
Nabehandeling voor ICE	10	€ / kW

Opslag
De opslag van waterstof kan op 2 manieren gebeuren, in vloeibare en gasvorm. De kosten voor opslag zijn gegeven door:

Onderdeel	Bedrag	Eenheid
Gasvormig (type 4, kunststof cilinders)	1000	€ / kg
Vloeibaar	300	€ / kg

Binnen de vervoersconcepten analyse zijn type 4 cilinders meegenomen door betere gewichtseigenschappen. Het vloeibaar opslaan van waterstof is niet meegenomen doordat huidige inschattingen zijn dat hiervoor een groot volume (>50m^3) benodigd is om verdamping van de waterstof te voorkomen. Dit is niet gezien als haalbaar op de kleinere en snelle schepen.

Onderhoudskosten
Onderhoudskosten voor de voorstuwing met waterstof zijn nog vrijwel onbekend door de geringe toepassing. Binnen dit onderzoek zijn de volgende kosten aangenomen [34]:

1. ICEs 20% lagere onderhoudskosten hebben dan Diesel gedreven ICEs.
2. Brandstofcellen een afschrijvingsperiode van 20.000 draaiuren hebben met een 70% afgeschreven waarde
3. Kunststof opslagtanks 5000x gevuld kunnen worden, waarna de waarde 70% is afgeschreven

6.4 Methanol (CH3OH)

6.4.1 Emissies

Er zijn verschillende manieren om Methanol te produceren. De 3 manieren waar op dit moment het meeste naar gekeken wordt is:

1. Kraken uit aardgas
2. Bio-methanol: de CO_2 uit biomassa combineren met waterstof
3. E-methanol: de CO_2 vanuit CO2 afvanging combineren met waterstof

Alle 3 de varianten kunnen op dit moment verkocht worden als groene methanol, waarbij de gekraakte methanol uit aardgas groen wordt ‘gemaakt’ door het opkopen van certificaten vanuit die biogas industrie, genaamd Mass-balancing. Onder het ‘Fit for 55’ programma gaat dit uitgefaseerd worden en daarvoor wordt hier ook niet naar gekeken.

Bio-methanol wordt gefabriceerd uit biomassa, waarbij de WtW emissiereducties afhankelijk zijn van de gebruikte biomassa. Dit zal gecertificeerd moeten gebeuren onder toekomstige wetgeving. Reducties kunnen gehaald worden tot >65%, maar zijn sterk verschillend door de gebruikte biomassa.

E-methanol is een RFNBO en wordt geproduceerd uit de combinatie tussen CO2 vanuit CO2 afvanging combineren en groene waterstof. Wanneer een groene waterstof gebruikt wordt is de

brandstof geclassificeerd als een RFNBO, waarbij de bron van CO2 afvanging nog niet is meegenomen. Hierbij kan bijvoorbeeld op de korte termijn ook gebruikt gemaakt worden van CO2 afvanging uit CCS (Carbon Capture Storage) vanuit de industrie. De verwachting is wel dat rond 2035 de CCS vanuit ofwel lucht ofwel afval moet gebeuren. De 'Well to Tank' emissies zijn daarbij negatief, waarbij er wel een uitstoot bij verbranding is. Deze is gelijk aan de negatieve emissies vanuit. Een overzicht van de brandstofeigenschappen en de emissies is gegeven in Tabel 3

Tabel 3 Brandstofeigenschappen methanol [22]

		LCV	WtT	TtW				
Fuel class	**Pathway name**	**[Mj/g]**	**CO_2eq WtT**	**Vermogens omzetting**	**$CfCO_2$**	**CfCH4**	**CfN_2O**	**Cslip**
Liquid biofuels	Biomethanol Production Pathways of Directive (EU) 2018/2001	0,02	5,1-46,3	All ICEs	1,375	0,00005	0,00018	-
RFNBOs	e-Methanol	0,02	N/A	All ICEs	1,375	0,00005	0,00018	-

6.4.2 Beschikbaarheid

De beschikbaarheid van groene methanol in de komende jaren lijkt meer gelimiteerd te zijn dan waterstof. De productie zal lager dan de vraag zijn, waarbij grote maritieme rederijen zich vormen in consortia met hun eigen productie. Hierdoor zal methanol in een groene variant (bio- en/of e-methanol) een gelimiteerde beschikbaarheid hebben in de komende jaren. Bedrijven als LowLands Methanol, FinCo en BIOMCN/OCI zijn bezig met opzetten van productiefaciliteiten, maar die zullen nog ver onder de verwachte vraag zitten. Er zal daarbij import nodig zijn, waarbij wereldwijd pas verwacht wordt dat er vanaf 2026 opgeschaald gaat worden met de productie. Het zal hierna nog een lange periode duren voordat vraag en aanbod uitgebalanceerd zijn. Om de betrouwbaarheid van de veerboten te kunnen garanderen zullen, door de onzekerheid in het aanbod en de prijs, redundanties (e.g. Dual-Fuel) aan de scheepskant ingebouwd moeten worden en/of zullen er vaste raamcontracten met leveranciers vastgesteld moeten worden.

6.4.3 Prijsniveau

De e-methanol prijs meegenomen in dit onderzoek is 0,33 € / kWh en is gebaseerd op een gemiddelde prijsverwachting bij 0,12 € / kWh voor elektriciteit (inclusief de netaansluitkosten) tezamen met de gemiddelde kosten van CO_2 afvang uit industrie en uit de lucht, [35], [36], [37]

6.4.4 Implementatie en onderhoudskosten

De ontwikkeling voor Methanol gaat snel. Er komen steeds meer motoren op de markt die kunnen draaien op Methanol. Hierbij is de verwachting dat er tussen 2026-2029 geen grote uitdagingen zullen zijn om Methanol aandrijvingen op schepen te implementeren.

De kostencomponenten voor de implementatie van methanol aan boord van een schip (in de huidige markt) zijn ingeschat op:

Vermogensopwekking
Vermogensopwekking aan boord voor Methanol kan gebeuren met behulp ICE's of FC. De verwachting is dat de kosten voor de brandstofceltechnologie in de toekomst significant zullen dalen, maar de verwachting is dat dit nog meer dan 10 jaar zal duren. De huidige kosten zijn gegeven door:

Onderdeel	Bedrag	Eenheid
Brandstofcel (~52% efficiëntie)	1800	€ / kW
ICE (~42% efficiëntie)	1500	€ / kW
Nabehandeling voor ICE	10	€ / kW

Binnen de kosten voor Methanolmotoren en brandstofcellen is het methanolpack meegenomen.

Opslag
De opslag van methanol gebeurt in stalen constructietanks aan boord van schepen. De basis hiervan is vergelijkbaar met die van Diesel. De distributie door het schip is echter vergelijkbaar met die van LNG. Er is veel additionele apparatuur benodigd voor de opslag wat methanol, waarnaast ook extra ruimte en ander type leidingen gebruikt worden. Als referentiewaarde voor de verschillende analyses zijn kostprijzen gebruikt van schepen in aanbouw binnen Damen.

Onderhoudskosten
Onderhoudskosten voor de voorstuwing met Methanol zijn nog vrijwel onbekend. De verwachting is dat onderhoudskosten net iets hoger liggen dan die van Diesel voorstuwing [38]. Binnen dit onderzoek is een 10% toename meegenomen. Voor de onderhoudskosten van FC technologie zijn dezelfde waarden als beschreven onder waterstof meegenomen.

6.5 Bio-LNG

6.5.1 Emissies

Biogas kan worden geproduceerd in verschillende processen waarbij de meest gebruikelijke vergisting is. De feedstock voor deze energiedragers is in veel gevallen afvalstromen of energiegewassen. Het biogas wordt daarna gekoeld tot -162℃ tot bio-LNG. De bio-LNG kan dan als energiedrager aan boord van een schip gebracht worden en verbrand worden voor de voortstuwingsenergie. De hierbij uitgestoten emissies bij de energiedrager generatie zijn sterk afhankelijk aan de gebruikte feedstock. Voor de verbranding is de uitstoot gelijk aan die van fossiele LNG. Een range van uitgestoten emissies, waarbij de productie kant is meegenomen in de WtT emissies, maar niet de onttrokken CO_2eq gedurende het maken van de feedstock, is gegeven in Tabel 4.

Tabel 4 Brandstofeigenschappen Bio-LN [22]

		LCV	WtT	TtW				
Fuel class	**Pathway name**	**[Mj/g]**	**CO_2eq WtT**	**Vermogens omzetting**	**$CfCO_2$**	**CfCH4**	**CfN_2O**	**Cslip**

Liquid biofuels	Liquefied Biomethane	0,05	46,3-69,7	LNG Otto - medium	2,75	0	0,00011	3,1
		0,05	46,3-69,7	LNG Otto - slow	2,75	0	0,00011	1,7
		0,05	46,3-69,7	LNG diesel	2,75	0	0,00011	0,2

6.5.2 Beschikbaarheid

De productie van biobrandstoffen is op de globale schaal ingewikkeld door de beschikbaarheid van voldoende feedstock. Ter illustratie, om de gehele maritieme industrie van biobrandstoffen te voorzien is met de huidige technologie net iets meer dan 5% van de huidige wereldwijde landbouwgrond nodig, [39]. Bij de 2 meest gebruikte feedstocks worden er daarnaast ook vraagtekens gezet bij de verdere duurzaamheid en of beschikbaarheid. Eetbare gewassen zullen concurreren met de voedselproductie, niet eetbare gewassen zullen leiden tot verdere ontbossing en afval is gelimiteerd beschikbaar om te zetten in biobrandstoffen. Om deze redenen is bijvoorbeeld HVO op dit moment al gelimiteerd beschikbaar. Hetzelfde geldt voor bio-LNG, indien al beschikbaar. De feedstock voor deze brandstoffen zal daarnaast concurreren met veel andere markten als de luchtvaart, industrie, bio-centrales etc. Ten voorbeeld ligt er op dit moment een wetsvoorstel om 80% van de beschikbare bio-LNG verplicht beschikbaar te maken voor woningen, [40]. De verwachting is dat de limitering in het aanbod zullen leiden tot hoge marktprijzen voor andere markten.

6.5.3 Prijsniveau

De bio-LNG prijs kan op dit moment niet bepaald worden door de hoge onzekerheden binnen de markt. De verwachte en aankomende regelgeving zorgt ervoor dat de huidige prijsverwachting van bio-LNG tussen de 2-5x hoger zal zijn dan die van normale LNG. Dit is nog onafhankelijk van de beschikbaarheid, [40]

6.5.4 Implementatie en onderhoudskosten

LNG heeft in de grotere motoren op dit moment geen onzekerheden in de implementatie aan boord van grotere passagiersschepen. Voor kleinere schepen blijft de implementatie van LNG als energiedrager, tezamen met alle gasvormige brandstoffen, een uitdaging door de explosiezone die rondom de opslag moet zitten.

De kostencomponenten voor de implementatie van bio-LNG aan boord van een schip (in de huidige markt) zijn ingeschat op:

Vermogensopwekking
Voor de motor zijn de volgende kosten meegenomen:

Onderdeel	**Bedrag**	**Eenheid**
Motor	880	€ / kW
Generator	100	€ / kW
Uitlaatgassen nabehandeling	100	€ / kW

De ICE voor LNG maakt gebruik van de Otto-cycle. De otto-cycle heeft een lage 'belastingsrespons' wanneer enkel op gas gedraaid wordt. De precieze technische implicaties zijn binnen dit rapport niet beschreven, maar de implicaties op de betrouwbaarheid zijn wel meegenomen. ICEs die enkel op gas draaien en gebruikt worden voor een directe voorstuwing hebben een lagere betrouwbaarheid [33]. Dit kan worden opgelost met energieopslag aan boord, maar dit heeft implicaties op de kostprijs en efficiency. Binnen dit onderzoek zijn de ICEs als directe voorstuwing meegenomen, maar moet rekening gehouden worden met een lagere betrouwbaarheid van de schepen, kwalitatief beschreven.

Opslag
De opslag voor LNG gebeurt onder druk en op lage temperatuur in cyrovaten. Daarnaast moeten er dubbelwandige leiding aangebracht worden en is er additionele regelapparatuur. Dit brengt hogere kosten met zich mee t.o.v. de opslag van Diesel.

Onderdeel	Bedrag	Eenheid
Opslag	4	€ / kWh
Distributie	2x Diesel	

Onderhoudskosten
Voor de onderhoudskosten is bekend dat er kleine verschillen met biodiesel motoren zijn. Dit is erg afhankelijk van het gebruik. Om die reden zijn de onderhoudskosten gelijk gehouden met die van Diesel motoren.

6.6 Diesel

6.6.1 Emissies
Op dit moment gebruiken de meeste veerboten Diesel. Dit is een fossiele brandstoffen met een bepaalde emissie uitstoot. De emissies per brandstof zijn weergegeven in Tabel 5

Tabel 5 Brandstofeigenschappen fossiel: Diesel [22]

		LCV	WtT	TtW				
Fuel class	**Pathway name**	**[Mj/g]**	**CO_2eq WtT**	**Vermogens omzetting**	**$CfCO_2$**	**CfCH4**	**CfN_2O**	**Cslip**
Fossil	MGO MDO ISO 8217 grades DMX to DMB	0,043	14,4	Alle ICEs	3,206	0,00005	0,00018	-

6.6.2 Beschikbaarheid
De beschikbaarheid van Diesel / LNG als fossiele brandstoffen wordt niet gezien als een uitdaging en is om die reden niet verder onderzocht.

6.6.3 Prijsniveau

De dieselprijs meegenomen in dit onderzoek is 0,071 € / kWh en is gebaseerd op 41,5 MJ/kg, 10% toeslag voor transport en de bunkerprijs op 14-08-2023, [41]

Een 2e variant in de prijsstelling van Diesel is in het toekomstige geval dat de accijnsvrijstelling komt te vervallen (met een aanpassing van de Akte van Mannheim) en een implementatie van ETS II en RED III. Inschattingen van het Ministerie van Financiën en verschillende werkgroepen zijn dat deze individuele maatregelen zullen leiden tot een prijsstijging van 60-100%, [42] (vervallen accijnsvrijstelling) en 30% (implementatie ETS II en RED III). De dieselprijs in dit geval zal minimaal 0,148 € / kWh (0,071 € / kWh + 30% + 60%) worden gebaseerd op 0,24 L/kWh uit een motor, 10% toeslag voor transport en de bunkerprijs op 14-08-2023.

6.6.4 Implementatie en onderhoudskosten

Diesel heeft geen huidige uitdagingen voor de implementatie van de techniek aan boord van schepen. De dichtheid is 837 kg/m3 en er is geen additioneel volume nodig voor de opslag van de brandstof naast het volume van de opgeslagen brandstof.

De kostencomponenten voor de implementatie van Diesel aan boord van een schip (in de huidige markt) zijn ingeschat op:

Vermogensopwekking
Voor de motor is er uitgegaan van de gemiddelde kosten voor een medium speed diesel motor. Hierbij zijn de volgende kosten meegenomen:

Onderdeel	Bedrag	Eenheid
Motor	350	€ / kW
Generator	100	€ / kW
Uitlaatgassen nabehandeling	100	€ / kW

Opslag
De kosten voor opslag en distributie van diesel aan boord van een schip zijn minimaal door de integratie in de staalconstructie. De volgende parameters zijn meegenomen:

Onderdeel	Bedrag	Eenheid
Opslag	1000	€ / m^3

De onderhoudskosten van een diesel aandrijvingssysteem zijn ter referentie relatief op 100% gezet. Als basisgetal is hierin genomen dat er 25 € / draaiuur van de motoren wordt uitgegeven aan onderhoudskosten.

6.7 Bio-Diesel (Hydrotreated Vegetable Oil, HVO)

6.7.1 Emissies

Voor Bio Diesel wordt waterstof gebruikt om zuurstofmoleculen uit vetzuren van afval en restmateriaal te verwijderen. Hierdoor ontstaat een hernieuwbare brandstofbasis die direct gebruikt

kan worden in de meeste ICEs, zonder aanpassingen. De hierbij uitgestoten emissies bij de energiedrager generatie zijn sterk afhankelijk aan de gebruikte feedstock. Voor de verbranding is de uitstoot bijna gelijk aan die van fossiele Diesel. Een range van uitgestoten emissies, waarbij de productie kant wel is meegenomen in de WtT emissies, maar niet de onttrokken CO_2eq gedurende het maken van de feedstock, is gegeven in Tabel 6.

Tabel 6 Brandstofeigenschappen HVO [22]

		LCV	WtT	TtW				
Fuel class	**Pathway name**	**[Mj/g]**	**CO_2eq WtT**	**Vermogens omzetting**	**$CfCO_2$**	**CfCH4**	**CfN_2O**	**Cslip**
Fossil	Hydrotreated Vegetable Oil (HVO)	0,044	33,4-70	Alle ICEs	3,115	0,00005	0,00018	-

6.7.2 Beschikbaarheid

De productie van biobrandstoffen is op de globale schaal ingewikkeld door de beschikbaarheid van voldoende feedstock. Ter illustratie, om de gehele maritieme industrie van biobrandstoffen te voorzien is met de huidige technologie over de 5% van de huidige wereldwijde landbouwgrond nodig, [39]. Bij de 2 meest gebruikte feedstocks worden er daarnaast ook vraagtekens gezet bij de verdere duurzaamheid en of beschikbaarheid. Eetbare gewassen zullen concurreren met de voedselproductie, niet eetbare gewassen zullen leiden tot verdere ontbossing en afval is gelimiteerd beschikbaar om te zetten in biobrandstoffen. Om deze redenen is bijvoorbeeld HVO op met moment al gelimiteerd beschikbaar. Hetzelfde geldt voor bio-LNG, indien al beschikbaar. De feedstock voor deze brandstoffen zal daarnaast concurreren met veel andere markten als de luchtvaart, industrie, bio-centrales etc. De verwachting is dat de limitering in het aanbod zullen leiden tot hoge marktprijzen.

6.7.3 Prijsniveau

De biodieselprijs meegenomen in dit onderzoek is 0,134 € / kWh en is gebaseerd op 41,5 MJ/kg, 10% toeslag voor transport en de bunkerprijs op 14-08-2023, [43]

6.7.4 Implementatie en onderhoudskosten

Biodiesel heeft geen huidige uitdagingen voor de implementatie van de techniek aan boord van schepen. De dichtheid is 837 kg/m3 en er is geen additioneel volume nodig voor de opslag van de brandstof naast het volume van de opgeslagen brandstof.

De kostencomponenten voor de implementatie van HVO aan boord van een schip (in de huidige markt) zijn ingeschat op:

Vermogensopwekking

Voor de motor is er uitgegaan van de gemiddelde kosten voor een medium speed diesel motor. Hierbij zijn de volgende kosten meegenomen:

Onderdeel	Bedrag	Eenheid

Motor	350	€ / kW
Generator	100	€ / kW
Uitlaatgassen nabehandeling	100	€ / kW

Opslag
De kosten voor opslag en distributie van diesel aan boord van een schip zijn minimaal door de integratie in de staalconstructie. De volgende parameters zijn meegenomen:

Onderdeel	Bedrag	Eenheid
Opslag	1000	€ / m^3

De onderhoudskosten zijn ter referentie relatief op 105% gezet door een verhoging aan onderhoud voor het extra vervangen van pakkingen. Uitgaande dat de hoofdmotor ~25% van de onderhoudskosten vertegenwoordigt is er als basisgetal hierin genomen dat er 30 € / draaiuur van de motoren wordt uitgegeven aan onderhoud.

6.8 LNG

6.8.1 Emissies

Op dit moment gebruiken een aantal veerboten LNG. Dit is een fossiele brandstoffen met een bepaalde emissie uitstoot, vergelijkbaar met die van Diesel wanneer niet alleen naar CO2 gekeken wordt. De emissies per brandstof zijn weergegeven in Tabel 7

Tabel 7 Brandstofeigenschappen fossiel: LNG [22]

		LCV	WtT	TtW				
Fuel class	**Pathway name**	**[Mj/g]**	**CO_2eq WtT**	**Vermogens omzetting**	**$CfCO_2$**	**$CfCH_4$**	**CfN_2O**	**Cslip**
Fossil	LNG	0,049	18,5	LNG Otto - medium	2,75	0	0,00011	3,1
		0,049	18,5	LNG Otto - slow	2,75	0	0,00011	1,7
		0,049	18,5	LNG diesel	2,75	0	0,00011	0,2

6.8.2 Beschikbaarheid

De beschikbaarheid van Diesel / LNG als fossiele brandstoffen wordt niet gezien als een uitdaging en is om die reden niet verder onderzocht.

6.8.3 Prijsniveau

De LNG-prijs meegenomen in dit onderzoek is 0,156 € / kWh en is gebaseerd op 160 g/kWh en toeslag voor transport- en bunkerprijs op 22-08-2023, [43].

6.8.4 Implementatie en onderhoudskosten

LNG heeft in de grotere motoren op dit moment geen onzekerheden in de implementatie aan boord van grotere passagiersschepen. Voor kleinere schepen blijft de implementatie van LNG als

energiedrager, tezamen met alle gasvormige brandstoffen, een uitdaging door de explosiezone die rondom de opslag moet zitten.

De kostencomponenten voor de implementatie van bio-LNG aan boord van een schip (in de huidige markt) zijn ingeschat op:

Vermogensopwekking
Voor de motor zijn de volgende kosten meegenomen:

Onderdeel	Bedrag	Eenheid
Motor	880	€ / kW
Generator	100	€ / kW
Uitlaatgassen nabehandeling	100	€ / kW

De ICE voor LNG maakt gebruik van de Otto-cycle. De otto-cycle heeft een lage 'belastingsrespons' wanneer enkel op gas gedraaid wordt. De precieze technische implicaties zijn binnen dit rapport niet beschreven, maar de implicaties op de betrouwbaarheid zijn wel meegenomen. ICEs die enkel op gas draaien en gebruikt worden voor een directe voorstuwing hebben een lagere betrouwbaarheid [33]. Dit kan worden opgelost met energieopslag aan boord, maar dit heeft implicaties op de kostprijs en efficiency. Binnen dit onderzoek zijn de ICEs als directe voorstuwing meegenomen, maar moet rekening gehouden worden met een lagere betrouwbaarheid van de schepen, kwalitatief beschreven.

Opslag
De opslag voor LNG gebeurt onder druk en op lage temperatuur in cyrovaten. Daarnaast moeten er dubbelwandige leiding aangebracht worden en is er additionele regelapparatuur. Dit brengt hogere kosten met zich mee t.o.v. de opslag van Diesel.

Onderdeel	Bedrag	Eenheid
Opslag	4	€ / kWh
Distributie	2x Diesel	

Onderhoudskosten
Voor de onderhoudskosten is bekend dat er kleine verschillen met diesel motoren zijn. Dit is erg afhankelijk van het gebruik. Om die reden zijn de onderhoudskosten gelijk gehouden met die van diesel motoren.

6.9 Samenvatting van de betrouwbaarheid en beschikbaarheid per energiedrager en haar conversie/opslag technologie

De betrouwbaarheid en beschikbaarheid van de verschillende energiedragers beschreven in dit hoofdstuk is samengevat en weergegeven in Tabel 8.

Tabel 8 Samenvatting van de betrouwbaarheid en beschikbaarheid per energiedrager en haar conversie/opslag technologie

Energiedrager		Type	Betrouwbaarheid en beschikbaarheid

Elektrisch	Voortstuwing	Opslag	Er zijn voldoende mogelijkheden voor de levering van batterijen om in de opslag van energie te voorzien. Er is voor geen enkele route een probleem voorzien met betrekking tot de implementatie aan boord van de schepen.
		-	Batterij elektrische voorstuwing is meerdere jaren in gebruik en voldoende beschikbaar. De betrouwbaarheid van de voorstuwingssystemen is hoog.
	Energie		De infrastructuur voor de levering van elektriciteit is voor zo goed als elke route een uitdaging met betrekking tot zowel de betrouwbaarheid (enkele wadkabel naar Vlieland) en de beschikbaarheid (onvoldoende capaciteit). Dit moet worden opgelost voordat batterij-elektrisch varen een haalbaar alternatief is.
Waterstof	Voortstuwing	Opslag	De opslag van waterstof aan boord is op dit met moment ofwel significant duurder dan de opslag van Diesel, ofwel significant zwaarder. Daarnaast is de regelgeving nog onvolledig wat zorgt voor een verhoogd financieel risico bij nieuwbouw. De verwachting is dat dit in de komende jaren zal verbeteren.
		FC	Fuel cell technologie is in ontwikkeling en lijkt voordelig wanneer uitontwikkeld. De huidige uitdagingen binnen deze technologie, hogere efficiency bij hoge belasting tezamen met hoge onderhouds/vervangingskosten, worden niet verwacht te zijn opgelost voor de start van de aankomende concessies.
		ICE	De toepassing van waterstof in ICE's is in ontwikkeling en lijkt bruikbaar voor sommige toepassingen. In de financiële analyse is een directe voortstuwing met waterstof motoren gebruikt, waarbij rekening gehouden moet worden aan gelijke reducties in betrouwbaarheid als die van LNG aangedreven ICE's. Oplossingen om de betrouwbaarheid gelijk te krijgen met bijv. batterij-elektrisch varen zullen zorgen voor een toename in prijs en daarmee slechter uitkomen in het financiële plaatje.
	Energie		Groene waterstof lijkt in voldoende volume beschikbaar te zijn binnen de toekomstige concessies. De prijs is echter erg onzeker door de onbekende toekomstige vraag en het aanbod. Transport van waterstof zal daarnaast dagelijks naar de terminals moeten gebeuren, wat extra uitdagingen met zich mee zal brengen. Voor het bunkeren op terminals is nog weinig tot geen regelgeving. Dit zal verder onderzocht moeten worden.
Bio-Methanol	Voortstuwing	Opslag	De opslag van Methanol aan boord van schepen is redelijk ontwikkeld en brengt niet veel uitdagingen.
		FC	Gelijk aan waterstof
		ICE	Methanol motoren zijn binnen de huidige markt nog niet beschikbaar voor alle vermogens. De vermogens voor de autoveren zijn beschikbaar, maar motoren voor de snelveren zijn nog in ontwikkeling. De betrouwbaarheid van de motoren lijkt vergelijkbaar met die van Dieselmotoren.
	Energie		De meningen over de beschikbaarheid van bio-Methanol lopen uiteen. Het lijkt daarbij beschikbaar te zijn, maar de prijzen zijn onzeker. Nederlandse productie is daarbij minimaal in de komende jaren, waarbij de bio-Methanol geïmporteerd zal moeten worden.
e-Methanol	Voortstuwing	Opslag	Gelijk aan bio-Methanol

		FC	Gelijk aan bio-Methanol
		ICE	Gelijk aan bio-Methanol
	Energie		De meningen over de beschikbaarheid van e-Methanol lopen uiteen. Het lijkt moeilijk beschikbaar te zijn voor het begin van de komende concessies. Daarnaast zijn de prijzen waarschijnlijk onzeker (en hoog).
Diesel	Voortstuwing	Opslag	Geen speciale opmerkingen
		ICE	Geen speciale opmerkingen
	Energie		De beschikbaarheid van Diesel is zeker. De prijs van Diesel is echter op dit moment onzeker voor de toekomst door mogelijke extra belastingen op uitstoot (ETS) of het verminderen van accijnsontheffingen.
Bio-Diesel	Voortstuwing	Opslag	Geen speciale opmerkingen
		ICE	Geen speciale opmerkingen
	Energie		De beschikbaarheid van bio-Diesel is onzeker. De feedstock is gelijk aan de van Bio-Methanol en Bio-LNG en is op het moment al moeilijk voorradig. De toenemende vraag is onzeker, waardoor ook de beschikbaarheid onzeker wordt. Dit heeft een effect op de volatiliteit van de prijs en daarmee de betrouwbaarheid.
Bio-LNG	Voortstuwing	Opslag	Geen speciale opmerkingen
		ICE	Geen speciale opmerkingen
	Energie		De beschikbaarheid van bio-LNG is onzeker. De feedstock is gelijk aan de van Bio-Diesel en Bio-LNG en is op het moment al moeilijk voorradig. De toenemende vraag draagt daarbij niet bij aan de onzekerheid. Er zijn daarnaast gesprekken over het toeschrijven van percentages van de beschikbare bio-LNG aan huishoudens. Dit heeft een effect op de volatiliteit van de prijs en daarmee de betrouwbaarheid.
LNG	Voortstuwing	Opslag	Geen speciale opmerkingen
		ICE	Geen speciale opmerkingen
	Energie		LNG-motoren hebben bij directe voorstuwing een additionele uitdaging op het betrouwbaarheidsvlak door de lage ‘belastingsrespons’ . De heeft een effect op de algehele betrouwbaarheid van de veerdienst.

7 Huidige concessieovereenkomst & Tenderprocedures

De huidige overeenkomsten, **[44] [45]**, met de rederijen zijn concessieovereenkomsten van 15 jaar waarin verschillende onderdelen zijn opgenomen. Onder de opgenomen onderdelen in de concessies vallen het eigendom en de exploitatie van de veren op de verschillende routes volgens het Programma van Eisen. Hierbij moet gebruik gemaakt worden van de huidige infrastructuur, aanleginrichtingen en wal faciliteiten, waarvoor een huursom wordt afgedragen.

Richtlijnen betreffende concessieovereenkomsten als die voor de Waddenveren zijn beschreven in [46], waar mogelijke aanbestedingsprocedures binnen meerdere bronnen uitvoerig zijn beschreven en samengevat, als [47]. Voor dit specifieke onderzoek is onderstaand een kort overzicht van deze samenvattingen gegeven met betrekking tot de mogelijke procedures voor de waddenveren, afhankelijk van de uiteen splitsing en/of samenbrengen van de verschillende onderdelen, als eigendom en exploitatie.

Deze verschillende mogelijke aanbestedingsprocedures worden binnen dit onderzoek beschreven omdat de verschillende opties het in meer of mindere mate mogelijk maken om bepaalde eisen te kunnen stellen en/of een onderhandeling of dialoog op te starten. Het bijvoorbeeld aanbieden van een transitiepad voor alternatieve brandstoffen is voor sommige aanbestedingsprocedures makkelijker dan voor andere. Bepaalde eisen die gesteld zouden kunnen worden hebben daarmee een effect op de te volgen procedure.

7.1 Concessieovereenkomst

Een concessie is een overeenkomst met een leverancier voor de uitvoering van een werk of dienst, waarbij de tegenprestatie een exploitatierecht is. Het volledige of gedeeltelijke risico ligt hierbij bij de exploitant. Zonder risico bij de exploitant, wordt gesproken een normale overheidsopdracht. Het kan zijn dat de aanbestedende dienst een (jaarlijkse) bijdrage levert in de exploitatie, of een bijdrage ontvangt uit de winst, of dat er geen bijdrage wordt geleverd of wordt ontvangen, [48]. In het geval van de Waddenveren zijn de huidige concessies nul euro overeenkomsten.

7.1.1 Looptijd concessie

Voor concessies die langer duren dan 5 jaar, is de maximale looptijd van de concessie beperkt tot de periode waarin van een concessiehouder redelijkerwijs verwacht mag worden de investeringen die hij heeft gemaakt voor de exploitatie van de werken en diensten (samen met een rendement op geïnvesteerde vermogen) terug te verdienen. Dit rekening houdend met de investeringen die nodig zijn om de specifieke contractuele doelstellingen te halen. Voor openbaar vervoer aanbestedingen wordt een gekeken naar het Besluit personenvervoer 2000, artikel 36, waarin een maximale loopduur van 15 jaar is beschreven, [49].

7.1.2 Procedure

- Aankondiging met beschrijving opdracht en voorwaarden voor deelneming
- De geschiktheidseisen, uitsluitingsgronden, technische en functionele specificaties en gunningscriteria worden gecommuniceerd
- Delen van indicatief tijdsschema voor de procedure
- Met inschrijvers kan onderhandelt worden, waarbij het voorwerp van de overeenkomst, de gunningscriteria en de minimumeisen zoals omschreven in de aanbestedingsstukken in de loop van de onderhandelingen niet worden gewijzigd
- Gunningsbeslissing

7.2 Openbare procedure

Dit is een van de meest voorkomende procedures. Er is één ronde waarbij inschrijvers kunnen aanbieden met een offerte op het beschreven Programma van Eisen. Er is geen onderhandeling.

7.2.1 Beoordeling:

- Beste prijs-kwaliteitsverhouding, of,
- De laagste prijs, of,
- De laagste kosten op basis van kosteneffectiviteit

7.2.2 Voordelen:

- Veel concurrentiedruk
- Hele markt kan zich inschrijven
- Lage administratieve last

7.2.3 Nadelen:

- Weinig vrijheid voor de opdrachtgever en inschrijvers
- Mogelijk veel offertes
- Lange procedure door voorgeschreven minimumtermijnen
- Onderhandelen niet toegestaan
- Eigen ervaringen met inschrijvers worden niet meegenomen

7.3 Niet-openbare procedure

Deze procedure vindt plaats in twee ronden, waar in de eerste een ronde de meeste geschikte gegadigden worden geselecteerd op basis van gestelde minimum (geschiktheids) eisen. De geselecteerde gegadigden worden naderhand uitgenodigd een inschrijving te doen op het beschreven Programma van Eisen voor de 2e ronde.

7.3.1 Beoordeling 2e ronde:

- Beste prijs-kwaliteitsverhouding, of,
- De laagste prijs, of,
- De laagste kosten op basis van kosteneffectiviteit

7.3.2 Voordelen:

- Concurrentiedruk op gegadigden
- Hele markt kan zich inschrijven
- Aantal inschrijvers kan worden beperkt met daarbij de administratieve last

7.3.3 Nadelen:

- Weinig vrijheid voor de opdrachtgever en inschrijvers
- Lange procedure door voorgeschreven minimumtermijnen
- Onderhandelen niet toegestaan
- Eigen ervaringen met inschrijvers worden niet meegenomen

7.4 Concurrentiegerichte dialoog

De concurrentiegericht dialoog is grotendeels gelijk aan de mededingingsprocedure met de uitzondering dat een inschrijving pas gebeurt na het plaatsvinden van de dialoog. De inschrijvingen na de dialoog worden beoordeeld op beste prijs-kwaliteitverhouding. Met de winnende inschrijving kan na afloop onderhandeld worden over de voorwaarden zolang de wezenlijke aspecten van de inschrijving ongewijzigd blijven.

7.4.1 Voordelen:

- Er is veel ruimte om een goede oplossing te vinden voor complexe/duurzame/innovatieve projecten

- Concurrentiedruk op de gegadigden

7.4.2 Nadelen:

- De procedure is arbeidsintensief
- Er bestaat ruimte voor subjectieve beoordeling
- Er is maar 1 ronde voor inschrijving na de dialoogfase

7.5 Innovatiepartnerschap

Deze procedure kan gebruikt worden voor de aanschaf van producten, werken en diensten die nog niet op de markt beschikbaar zijn (of in ieder geval niet met het door u gewenste prestatieniveau). Binnen het innovatiepartnerschap wordt een probleem door de opdrachtgever gespecificeerd en wordt innovatieve oplossingen inclusief een onderzoek en ontwikkelfase aangeboden.

De wetgeving rondom het innovatiepartnerschap is op het moment van schrijven nog vrij ruim, waarbij er weinig jurisprudentie is. Dit geeft veel vrijheid tot de inrichting van de aanbestedingsprocedure. De procedure kan gebruikt worden wanneer er een uniek aspect binnen de aanbesteding is. In het geval van de waddenveren kan hierbij gedacht worden aan allerlei aspecten op technologisch maar ook organisatorisch vlak, ten voorbeeld:

1. De integrale gebiedsontwikkeling voor de elektrische infrastructuur indien de toekomstige schepen batterij elektrisch worden
2. De implementatie van technologieën die nog niet product gereed zijn – waterstof voorstuwing
3. Grenzen binnen wetgeving
4. Implementatie van autonome technologieën
5. Beschikbaarheid van materialen / energiebronnen
6. Het overgrote gedeelte van de waddenveren zal vervangen moeten worden binnen de toekomstige concessies. Dit kan uniek genoemd worden binnen de wereld. Het zorgt ervoor dat er een grote stap richting een duurzame veerdienst gezet kan worden, maar betekent ook dat een minder passende oplossingsrichting pas mogelijk gerectificeerd kan worden na de levensduur van de nieuwe vloot (>2050).
7. De problematiek en onzekerheid omtrent vaarweg bij de dienst Holwerd - Ameland

Binnen het partnerschap kan een doorontwikkeling van de veerdienst worden geborgd. Hiermee kunnen er sturingsmechanismen worden toepast op verschillende aspecten als duur, mee-investering en anderen. Het innovatiepartnerschap kan daarbij nog steeds een dicht gekaderde aanbesteding zijn.

7.5.1 Voordelen:

- Gezamenlijke innovatie
- Meer ruimte voor interactie
- Mogelijkheid tot vroegtijdig beëindigen

7.5.2 Nadelen:

- De procedure is arbeidsintensief en heeft een lange looptijd
- De keuze is beperkt tot de aanbieders

Sommige eigenschappen van de procedure, als een onderhandeling en de mogelijkheden tot een transitiepad zijn in mindere mate ook aanwezig binnen een concessieopdracht. Hierbij kan een vergelijking gemaakt worden met de aanbesteding van Personenvervoer over Water vanuit de provincie Zuid-Holland. Hierbij is opgenomen dat de concessie verlengd wordt wanneer een bepaalde emissiereductie in de voorgaande periode is behaald. Afhankelijk van de complexiteit van de concessieopdracht zal er een keuze gemaakt moeten worden. Het wordt geadviseerd om additioneel juridisch advies over de mogelijkheden in te winnen wanneer de verschillende keuzes uit mogelijke eisen zijn bepaald.

7.6 Mogelijke beoordelingscriteria

Beoordelingscriteria omtrent duurzaamheid kunnen op verschillende manieren worden samengesteld. Een aantal eisen omtrent vaartuigen zijn al vastgelegd binnen de MVI-criteria, [50]. Veel van deze eisen zijn echter ook indirect gevangen in de huidige wet- en regelgeving voor nieuwbouw schepen onder Nederlandse binnenvaartwetgeving. De eisen die nog verder uitgelicht kunnen worden en waarvan het nadere onderzoek de haalbaarheid moet aantonen worden gezien als:

- Laagste mogelijke emissies van well to wake
- Laagst mogelijk energieverbruik
- Circulariteit in de zin van
    - Gebruik secundair materiaal
    - Gebruik van materiaal met x% recycling potentiaal
    - Ontwerp voor onderhoud
- Andere eisen omtrent emissies
    - Onderwatergeluid
    - Golfhinder
- Beperking van baggeren op de route Nes-Holwerd
- De integrale bijdrage van de oplossing aan de samenleving

7.7 Positieve ervaringen met aanbestedingsprocedures

Alle verschillende mogelijkheden binnen de aanbestedingswetgeving komen voor. Afhankelijk van land en type project wordt er andere typen aanbestedingen gebruikt. Hierbij is er wel een trend gaande om vaker naar mogelijkheden te kijken voor aanbestedingen in dialoog tezamen met positieve beoordelingscriteria, criteria waarbij bonuspunten verdiend kunnen worden wanneer een verbeteringen ten opzichte van een minimumeis worden aangeboden. Dit wordt gebruikt om verbeterde implementatie van snel veranderende technologieën te krijgen en binnen de verschillende geïnterviewde partijen wordt gemerkt dat hierbij een hoger creatief niveau gehaald wordt om tot innovatieve oplossingen te komen. Voorbeelden hiervan zijn het overstappen op compleet nieuwe bouwmaterialen om toekomstbestendig te zijn (carbon fibre), schepen volledig batterij elektrisch uitvoeren omdat de business case beter was dan varen op HVO (7x Damen Ferry 2306 E3, Schip van het jaar 2021) en de toepassing van een circulair interieur voor de concessie personenvervoer over water-oost.

Deze positieve beoordelingscriteria met eventueel een bodemvoorwaarde, leidt onder andere tot:

1. Meer beloven bij aanbiedende partijen wat zorgt voor meer eigenaarschap binnen een aanbiedende organisatie en daardoor een hogere verbeterpotentieel
2. Meer creativiteit en een betere aansluiting bij wat de markt kan

De uitdaging voor de aanbestedende partij is daarbij wel een objectieve vergelijking te maken doordat er mogelijk veel verschillende aanbiedingen zullen worden gemaakt.

8 Ontwikkeling vaargebied waddenzee

8.1 Inleiding

Één van de onderdelen mee te nemen voor de toekomstige concessies zijn de ontwikkelingen omtrent de vaargeulen waar de veerdiensten gebruik van maken. Deze infrastructuur zorgt voor restricties en additionele eisen rondom een mogelijk nieuw scheepsontwerp voor de toekomstige duurzame veren. Binnen dit onderzoek zijn de randvoorwaarden en conclusies vanuit het VBA 2030 en de MARIN rapportage: DIMENSIONERING VAARGEUL HOLWERD – NES, Aanvullend onderzoek samengevat en zullen die dienen als mogelijke randvoorwaarden en eisen voor de te ontwerpen scheepsconcepten.

8.2 VBA 2030

Het VBA 2030 onderzoek is 2 weken voor het opleveren van dit onderzoek beschikbaar gekomen. Hierdoor zijn niet alle volledige conclusies meegenomen. Om voortgang te kunnen boeken binnen dit onderzoek is besloten om zowel een mogelijk veerdienst vanaf Holwerd en een vanaf Ferwert te onderzoeken met betrekking tot het scheepsontwerp en de daarbij horende energievraag. Daarnaast zijn binnen de analyse van de verschillende vervoersconcepten in hoofdstuk 12 een aantal verschillende concepten gekozen waarbij het effect op de businesscase van een mogelijke diepgangsreductie inzichtelijk wordt gemaakt.

8.3 Algemene scheepsontwerp informatie en het effect van de vaarweg

Varen op ondiep water heeft een significant effect op de energievraag van een schip, waarbij een schip ontworpen en varend op ondiep water tientallen procenten grotere energievraag kan hebben dan een schip ontworpen en varend op diep water. Een mogelijke onbekende vaarweg en daarbij niet geoptimaliseerd scheepsontwerp kan daardoor leiden tot een grote inefficiëntie op de lange termijn voor de veerdienst. Het is daardoor van groot belang dat ofwel een definitieve keuze van de mogelijke vaarwegen is gemaakt voor het uitbrengen van de aanbesteding voor de mogelijke concessies, danwel het mogelijk maken van een transitie pad binnen de aanbesteding en concessies waarbij de keuze van de vaarwegen en de bijbehorende investering op een later moment besloten kunnen worden.

8.4 MARIN: Dimensionering vaargeul Holwerd – Nes, aanvullend onderzoek

De volgende onderdelen zijn uit het MARIN onderzoek, voor de route Holwerd-Nes, gehaald om voor verdere input in dit onderzoek te gebruiken:

1. De vaargeul wordt onderhouden tot -3.80m NAP
2. Het benodigde vermogen voor varen in de vaargeul op de verschillende secties als beschreven in het rapport zal meegenomen worden in de gemiddelde en maximale energievraag van de schepen

9 Wensen vanuit bewoners / belangenverenigingen

Voor het onderzoek naar de wensen met betrekking tot een duurzame veerdienst vanuit de bewoners en belangenverenigingen is gebruik gemaakt van publiek beschikbare informatie vanuit de vervoersplannen van Wagenborg en Doeksen (2018-2023) tezamen met een samenvatting van een marktuitvraag van IenW. Deze wensen zullen in het vervolg van het onderzoek worden meegenomen als randvoorwaarden voor de vervoersconcepten en kunnen mogelijk leiden tot aanbevelingen voor het PvE (pakket van Eisen).

9.1 Gemeente Ameland

9.1.1 Vervoersplannen

- Betrouwbaarheid van de veerdienst is van groot belang
- De aansluiting voor scholieren is belangrijk met een afvaart om 07:45 en retour tussen 14:30 en 15:00
- Kwaliteit voor de reizigers staat synoniem aan “op tijd”

Verder geen andere punten dan anderen belanghebbenden.

9.2 CWN

9.2.1 Vervoersplannen

Geen andere input dan anderen belanghebbenden.

9.3 CWO

9.3.1 Vervoersplannen

Geen andere input dan anderen belanghebbenden.

9.4 CWW

9.4.1 Vervoersplannen

- Autocapaciteit in eerste en laatste afvaart is belangrijk om te behouden
- OV verbinding is belangrijk
- Vrachtverbinding zou de passagiersverbinding niet mogen verstoren
- Tariefdifferentiatie werkt
- Spreiding in afvaarten gewenst bij extra afvaarten
- Kortere vakanties nemen toe en daarmee de vraag naar de sneldienst
- Er zou meer capaciteit voor vracht naar Vlieland moeten zijn

Verder geen andere punten dan anderen belanghebbenden.

9.5 Gemeente Harlingen

9.5.1 Vervoersplannen

Geen andere input dan anderen belanghebbenden.

9.6 Klantpanel en RvA Vlieland

9.6.1 Vervoersplannen

- Perceptie van vol moet meegenomen worden in de indeling van de schepen
- Vracht zou moeten worden meegenomen in de concessie
- De capaciteit voor incidentele vracht zou vergroot moeten worden
- Er is het gevoel dat er te weinig autocapaciteit is
- Er zijn veel drukke weekendafvaarten

Verder geen andere punten dan anderen belanghebbenden.

9.7 Klantpanel en RvA Terschelling

9.7.1 Vervoersplannen

- Tarieven zijn hoog
- De oprijservice werkt goed
- Er moet een betere afstemming komen op dag gasten
- Er moet een evenwicht zijn tussen natuur, kosten en bewoners / toeristen

Verder geen andere punten dan anderen belanghebbenden.

9.8 Noardeast Fryslan

9.8.1 Vervoersplannen

- Het zou mogelijk zijn om de dienstregeling te verruimen tot een 5 kwartiersdienst mocht dit de betrouwbaarheid op afvaarttijden verhogen

Verder geen andere punten dan anderen belanghebbenden.

9.9 OV Bureau

9.9.1 Vervoersplannen

Geen andere input dan anderen belanghebbenden.

9.10 Provincie Friesland

9.10.1 Vervoersplannen

- Verbinding met OV belangrijk
- Vaartijden graag korter niet langer
- Verduurzaming van buffetten en andere technologieen aan boord wordt toegejuicht

Geen andere input dan anderen belanghebbenden.

9.11 Gemeente Schiermonnikoog

9.11.1 Vervoersplannen

Geen andere input dan anderen belanghebbenden.

9.12 Gemeente Terschelling

9.12.1 Vervoersplannen

- Snelveer zou de laatste dienst in de avond moeten zijn
- Het hebben van een reserveboot met mogelijke ijsbreekcapaciteit is van belang voor de betrouwbaarheid van de dienst

Verder geen andere punten dan anderen belanghebbenden.

9.13 Gemeente Vlieland

9.13.1 Vervoersplannen

- Zitplaatsgarantie is belangrijk
- Separate bagageafhandeling werkt goed

Verder geen andere punten dan anderen belanghebbenden.

9.14 VVV

9.14.1 Vervoersplannen

Geen andere input dan anderen belanghebbenden.

9.15 Marktuitvraag

Partijen zien de nieuwe concessies als kans om duurzaamheidsambities voor de toekomst mee te nemen. Wel zijn partijen verdeeld over het belang van duurzaamheid. De meeste partijen geven aan in de toekomst graag duurzame veerdiensten te zien, aansluitend bij regionale en landelijke ambities, maar niet ten koste van de vervoerskwaliteit (snelheid, comfort, frequentie, capaciteit, etc.) en prijs. Ten aanzien van eventuele meerkosten van duurzaam vervoer bepleiten verschillende partijen dat slechts een (zeer) minimaal deel van de eventuele meerkosten bij de reiziger terecht mag komen, gelet op de huidige hoogte van de tarieven. Hierbij maken enkele partijen wel een uitzondering voor de tarieven voor auto's (van toeristen), waar eventuele meerkosten wel zouden kunnen worden doorberekend. Een enkele partij maakt de koppeling met de kosten voor de baggerinspanning, welke mogelijk gereduceerd zou kunnen worden door varen op getij. Overigens vragen enkele partijen zich af of er op langere termijn sprake is van meerkosten, omdat de brandstofkosten naar verwachting lager zullen liggen en er mogelijk subsidies beschikbaar zijn.

Enkele andere aandachtspunten die door een of meerdere partijen meegeven, zijn:
Sommige decentrale overheden (gemeenten, provincie) hebben de ambitie om voorop te lopen op het gebied van duurzaamheid en energietransitie. Zij vinden een zo duurzaam mogelijke, liefst emissie-loze, voortstuwing wenselijk. Andere gemeenten geven aan dat zij aansluiten aan bij nationale ambities;

De duurzaamheidsambities en -eisen en de infrastructuur moeten bij elkaar aansluiten en ook bij de provinciale ontwikkelingen (zoals vastgelegd in het pMIEK, provinciaal Meerjarenprogramma Infrastructuur Energie en Klimaat). Houd rekening met de doorlooptijd, kosten en complexiteit van een elektriciteitskabel naar de eilanden. Neem bij afwegingen omtrent infrastructuur ook de ambitie van zelfvoorzienende eilanden in beschouwing;

Houd rekening met de kosten en risico's voor rederijen. Om de aanschaf van emissie-loze schepen (grotendeels) terug te verdienen, zou een lange(re) looptijd van de concessies overwogen kunnen worden;

Duurzame oplossingen zijn nog volop in ontwikkeling. Houd, vanwege de lange looptijd van de concessies, rekening met een bepaalde (door)ontwikkeling binnen de concessieperiode;

Duurzaamheid, naast de aandrijving en brandstof van schepen, in een breder perspectief plaatsen en ook kijken naar o.a.:

De baggerinspanning, met name voor de verbinding van en naar Ameland. Sommige partijen geven aan dat op de huidige weg doorgaan, niet meer kan ('water naar de zee dragen') en dat we moeten zoeken naar andere oplossingen dan meer baggeren;

Het autogebruik op de eilanden, en daarmee samenhangend de auto overzettingen. Dit ook i.r.t. parkeertarieven aan de wal, de aansluiting op ander OV en een (goed werkend) systeem voor bagagevervoer (rekening houdend met het type bagage dat men naar eilanden meeneemt); Alternatieve vervoersconcepten, zoals op tij varen, met kleinere schepen varen en/of goederen- en autovervoer ontkoppelen van personen- en fietsvervoer.

9.16 Algemene wensen samengevat

De algemene wensen vanuit bewoners en anderen belanghebbenden zijn onderverdeeld in drie verschillende type wensen:

1. **Randvoorwaarde:** Deze wensen kunnen vertaald worden naar een mogelijke basisconditie voor de veerdienst en de te onderzoeken vervoersconcepten
2. **Input voor alternatieve vervoersconcepten:** Wensen mee te nemen in het onderzoek bij de samenstelling van de alternatieve vervoersconcepten
3. **Kwalitatieve beoordelingscriteria:** Additionele beoordelingscriteria omtrent de waarde van een mogelijk vervoersconcept naast de te onderzoeken emissies en financiële impact

Waarbij de type wensen invloed hebben op:

1. De betrouwbaarheid
2. De afmetingen van de schepen
3. De flexibiliteit van de vloot waarbij goed ingespeeld kan worden op een variërende vraag gedurende het jaar
4. Het type voorstuwing
5. De financiële randvoorwaarden van de concessies

De volgende wensen zijn uit het onderzoek gehaald:

Wens	**Type**	**Invloed**
De betrouwbaarheid in de zin van het op tijd komen en het % uitval van de veerdienst is het belangrijkst en mag niet beïnvloed worden door duurzaamheid	Mogelijke randvoorwaarde	Betrouwbaarheid
Ontmoedigen van de auto voor meerdere eilanden zou moeten worden meegenomen in alternatieve vervoersconcepten	Input voor alternatieve vervoersplannen	Afmetingen schepen
Het separaat varen met vracht, al dan niet op tij, zou moeten worden bekeken in alternatieve vervoersconcepten	Input voor alternatieve vervoersplannen	Flexibiliteit van de vloot
Er zou moeten worden aangesloten bij andere ontwikkelingen omtrent duurzaamheid op de eilanden (e.g. integraal)	Kwalitatieve beoordeling	Voorstuwingstype

Een langere concessieperiode zou moeten worden overwogen wanneer dit een verbetering in de duurzaamheidseisen teweeg kan brengen	Input voor alternatieve vervoersplannen	Financieel
Alternatieve verbetering naast uitstoot van emissies in de lucht zouden onderzocht moeten worden	Kwalitatieve beoordeling	Voorstuwingstype
Duurzame ontwikkelingen met betrekking tot elektrisch zouden moeten passen in het energiesysteem, aansluiting bij PMIEK (provincie) is dus belangrijk	Input voor alternatieve vervoersplannen	Voorstuwingstype
Algemene duurzaamheidseisen zijn verschillend per partij, zijnde aansluitend bij landelijke overheidsplannen tot vooroplopen en zo duurzaam mogelijk	Kwalitatieve beoordeling	Voorstuwingstype
Aanpassingen aan kwaliteit, frequentie, prijs en langere vaartijden zijn niet acceptabel als dit benodigd zou zijn om duurzaamheid mogelijk te maken	Kwalitatieve beoordeling	Type schepen en flexibiliteit van de vloot
De leefbaarheid op de eilanden moet gewaarborgd blijven	Mogelijke randvoorwaarde	-
Kwaliteit voor de reizigers staat synoniem aan “op tijd” met mogelijk een hogere betrouwbaarheid door ruimere dienstregeling	Input voor alternatieve vervoersplannen	Flexibiliteit van de vloot
Verhogen van de capaciteit voor de snelveerdienst naar Terschelling	Input voor alternatieve vervoersplannen	Flexibiliteit van de vloot
Hogere capaciteit van vracht	Input voor alternatieve vervoersplannen	Flexibiliteit van de vloot
Belang van autocapaciteit voor de laatste afvaart, tezamen met een sneldienst als laatste afvaart (mogelijk tegenstrijdig)	Input voor alternatieve vervoersplannen	Flexibiliteit van de vloot
Capaciteit voor incidentele vracht zou vergroot moeten worden	Input voor alternatieve vervoersplannen	Flexibiliteit van de vloot
Drukte van weekendafvaarten zou aangepakt moeten worden	Input voor alternatieve vervoersplannen	Flexibiliteit van de vloot

10 Eisen met betrekking tot technologie anders dan uitstoot van energiedragers

10.1 Inleiding

Voor de toekomstige waddenveren zijn er een aantal technologische onderwerpen geïdentificeerd die bijdragen aan de duurzaamheid, maar niet direct een effect hebben op de emissies vanuit de voorstuwing van de schepen. Al deze onderwerpen hebben niet direct een impact op het vervoersconcept, maar kunnen wel worden meegenomen binnen de ontwikkeling van de nieuwe veren als mogelijke randvoorwaarden. De achtergrond van deze onderwerpen is binnen dit hoofdstuk beschreven.

10.2 Flexibele voortstuwing

De nieuwe schepen voor de veerdiensten zullen een levensduur hebben die overkoepelend is aan de concessies. Keuzes die voor de komende concessies gemaakt worden hebben daarmee een invloed tot na 2050. Mogelijke oplossingsrichtingen voor type aandrijvingen die niet in één keer naar nul-emissie gaan hebben daarmee mogelijk benodigde ombouwkosten na de huidige concessies om te kunnen voldoen aan de beleidskaders die dan gelden.

Technologisch is het mogelijk om een voorstuwing op zo’n manier te ontwikkelen dat die flexibel is met betrekking tot de gebruikte energiedragers. Dit geeft de mogelijkheid om, wanneer er een niet nul-emissie voortstuwing wordt aangeboden, te vereisen dat het binnen de nieuwe schepen mogelijk is om over te stappen naar een energiedrager die daarbij wel voor een nul-emissie oplossing zorgt. De complexiteit en kosten van deze overstap kunnen daarbij kwalitatief beoordeeld worden.

10.3 Energiebesparende maatregelen

Het energieverbruik van schepen is opgedeeld in 2 verschillende onderdelen. De energie benodigd voor de voorstuwing en de energie benodigd voor alle andere verbruikers aan boord. Voor beide onderdelen zijn er veel verschillende middelen om het energieverbruik te verlagen en daarmee de mogelijkheid te scheppen de operationele kosten te verlagen. Het toepassen van energiebesparende technologieën heeft bij energiedragers die emissies veroorzaken het voordeel dat de uitstoot direct evenredig verminderd. De consequentie in sommige gevallen is dat ze een negatieve impact kunnen hebben op de gevraagde investering. Deze voor- en nadelen zijn beiden van effect voor reducties in energie benodigd voor de voorstuwing en die voor andere gebruikers.

Het advies voor de toekomstige aanbesteding zal gaan over een vereiste emissiereductie en de daarbij wenselijke of acceptabele investeringsimpact. Deze financiële impact zal afhankelijk zijn van de aanbieding van de verschillende rederijen. Deze eis, gekoppeld aan positieve beoordelingscriteria en minimumeis, zal er automatisch voor zorgen dat de rederijen zullen aanbieden met de optie die het beste evenwicht biedt tussen uitstootreductie en financiële haalbaarheid. Hier zullen om die reden automatisch energiebesparende maatregelen in meegenomen worden, mocht dit een verbetering van de aanbieding geven. Om die reden zijn binnen de onderzoek alternatieve energiebesparende maatregelen niet beschreven.

10.4 Onderwatergeluid

Onderwatergeluid heeft een negatieve impact op de fauna. Het verstoort de communicatie en zoektocht naar voedsel van zee(zoog)dieren. Voor onderwatergeluid wordt het onderscheid gemaakt tussen de geluid wat ontstaat bij de transient (accelereren en decelereren) en geluid dat

ontstaat tijdens de vaart. Er bestaat geen regelgeving met betrekking tot onderwater geluid voor beide punten, waarbij het ook niet in de verwachting ligt dat die er zal komen. Doordat de huidige schepen in een Natura 2000 gebied varen is er echter wel wat voor te zeggen om bepaalde eisen te stellen aan onderwatergeluid.

Voor het geluid wat ontstaat tijdens de vaart zijn er wel normerende industrie standaarden waar aan voldaan kan worden. De meest geaccepteerde is de SILENT notatie van DNV, maar er zijn ook alternatieven van BV. Deze notatie beschrijft voor verschillende klasses (hydro-akoestisch onderzoek, seismisch onderzoek, visserij, algemeen onderzoek of gecontroleerde geluidsemissies) limieten met betrekking tot het onderwatergeluid voor bepaalde frequentieranges. De meest toepasselijke voor de waddenveren zou de DNV Silent E notatie zijn. Deze notatie zorgt voornamelijk in een beperking van het onderwatergeluid binnen de frequenties waarop zoogdieren communiceren. Dit doet deze notatie door zich te focussen op het voorkomen van cavitatie geluid. Dit is voornamelijk toepasselijk voor schepen die met een schroef worden aangedreven, waarbij de kostenimpact relatief klein is voor het toepassen. Voor schepen aangedreven met een pumpjet voorstuwing (Ameland) zal er extra onderzoek benodigd zijn voor het toepassen.

Het onderwatergeluid wat ontstaat gedurende versnellen en vertragen (transient) is niet binnen industriestandaarden beschreven. Aandacht omtrent dit type geluid wordt op dit moment alleen gezien binnen de Marine, waarbij gezocht wordt naar manieren om het transient geluid actief te reduceren door middel van feedback en control sytemen. Daarnaast is een kwantitatieve beoordeling voor dit soort eisen lastig door ingewikkelde referentiemetingen. Dat maakt eisen omtrent transient onderwatergeluid duur.

10.5 Golfhinder

Golfhinder wordt met name veroorzaakt door het transversale deel van de golfen die ontstaan bij het varen van schepen. Het divergerende deel van de golven loopt weg van de route van het schip en leidt dus tot kortstondiger effect en het dempt uit naarmate de afstand toeneemt terwijl het transversale deel zich met het schip mee blijft bewegen en zodanig langdurig overlast kan veroorzaken. Het zijn met name deze transversale golfen die zorgen voor erosie en een nadelig effect hebben op andere schepen. In ondiep water (waddengebied) worden de transversale golven daarnaast versterkt door bodemeffecten, waardoor de precieze locatie (bodemmorfologie) veel invloed heeft op het ter plaatse geldende golfregime.

Er bestaat geen regelgeving omtrent de maximale golfhoogte, waarbij het ook niet in de verwachting ligt dat die er zal komen. Doordat de huidige schepen in een Natura 2000 gebied varen is er echter wel wat voor te zeggen om bepaalde eisen te stellen aan golfhinder.

Voor het bepalen van een maximale golfhoogte wordt er in veel gevallen uitgegaan van een referentiewaarde ten op zichtte van de huidige situatie en locatie. Hiervoor is een kwantificering van die referentiewaarde bij een bepaalde diepgang nodig die gedurende de bouw van de schepen theoretisch getest kan worden en die na oplevering gevalideerd kan worden.

Binnen de aanbesteding kan dit kwalitatief worden aangeboden. Er kan daarbij beschreven worden hoe er voor gezorgd zal worden dat de golfhoogte, en daarmee impliciet de golfhinder, in ieder geval minder of gelijk zal zijn aan die van de huidige vloot. Na oplevering van de nieuwe schepen zal dit kwantitatief kunnen worden aangetoond. In de meeste gevallen leidt een lage eis omtrent golfhinder, in ieder geval gelijk of minder, niet tot kostenverhogingen binnen het ontwerp. Er zijn kleine meerkosten verbonden voor het benodigde onderzoek en testen.

10.6 Materiaalgebruik, circulariteit en afvalstromen tijdens de bouw en operatie

Circulariteit in termen van het gebruik van hernieuwbare materialen, ontwikkeling voor onderhoud, hergebruik van materialen worden in meer of mindere mate al toegepast binnen de maritieme industrie. Vaak blijkt dit echter lastig te kwantificeren en beoordelen. Een aantal voorbeelden en de mogelijke complicaties hierbij zijn:

1. Schepen zijn kapitaalintensieve producten en worden in veel gevallen al ontworpen voor reparatie en gemakkelijk onderhoud gedurende de levensduur.
2. De scheepsbouw is een integratiemarkt met veel tussenpartijen totdat het eindproduct bij de werf als integrator binnenkomt. De traceerbaarheid van grondstoffen binnen de productie van deelsystemen is op dit moment op een minimaal niveau en wordt bijvoorbeeld binnen regelgeving alleen geregeld voor batterijen. Als voorbeeld is binnen een intern onderzoek van Damen gevonden dat via traceerbaarheid en certificeren van materialen maar voor 5% aangetoond kan worden dat een schip circulair is, terwijl via generieke getallen dit percentage rond de 45% zou moeten liggen.
3. Beschikbaarheid van materialen voor recycling, e.g. secundair materiaal, ligt vaak nog ver onder de vraag naar materialen. Voor (scheepsbouw)staal is de verwachting dat het aanbod van staal schroot 50% van de vraag naar staal voorziet rond 2050. Voor materialen waarvan pas recent een opschaling van de omvang plaatsvind ligt een voldoende aanvoer van circulair materiaal vermoedelijk nog verder in de toekomst. Gedacht kan worden aan de beschikbaarheid van grondstoffen voor batterijen en de toenemende vraag naar magneten in elektrische aandrijvingen.

De uitdagingen waar tegenaan wordt gelopen binnen de maritieme industrie zijn niet erg anders dan andere industrieën. Ook in andere infrastructurele projecten is het bijvoorbeeld lastig om de oorsprong van grondstoffen te achterhalen. Binnen tenderprocedures wordt er hiervoor vaak gekozen voor positieve beoordelingscriteria met eventueel een bodemvoorwaarde, dit leidt onder andere tot:

1. Meer beloven bij aanbiedende partijen wat zorgt voor meer eigenaarschap binnen een aanbiedende organisatie en daardoor een hogere verbeterpotentieel
2. Meer creativiteit en een betere aansluiting bij wat de markt kan

In dit soort gevallen kan er een bepaalde push ge-eist worden vanuit de overheid omtrent circulariteit. De eisen op dit gebied kunnen bijvoorbeeld gesteld worden met betrekking tot:

- Gebruik secundair materiaal
- Gebruik van materiaal met x% recycling potentiaal
- Ontwerp voor onderhoud
- Ontwerp voor circulariteit of ontmantelbaarheid

De beste aanbieding zal daarmee automatisch uit de aanbesteding komen. Er kan daarbij gekozen worden om de circulariteit aantoonbaar (Op dit moment lastig door beperkte traceerbaarheid) of aannemelijk te maken. Voor het kunnen ontmantelen van schepen, systemen en componenten kan er een positieve motivatie opgenomen worden voor het aandeel componenten dat zonder mechanische bewerking te scheiden is, te denken valt aan het niet toepassen van gespoten isolatie of het gebruiken van elektrische componenten die toegankelijk blijven ook als ze ingebouwd zijn in grotere systemen.

11 Beschrijving van de huidige vervoersconcepten

11.1 Inleiding

Binnen dit hoofdstuk is een overzicht gegeven van de huidige vervoerconcepten. De verschillende type schepen, operationele profielen, afvaarten, passagiersaantallen, energieverbruik, piekvraag en algemene opmerkingen dienen als input voor de verschillende vervoersconcepten in hoofdstuk 12.

11.2 Harlingen – Vlieland

Het huidige vervoersplan richting Vlieland bestaat uit 2 verschillende soorten diensten:

1. Autoveerdiensten
2. Snelveerdiensten

Er wordt ook vracht vervoerd, gedeeltelijk via de autoveer, gedeeltelijk via een separate boot. Het vervoer via de separate boot valt niet onder de concessie. Cijfers over het zijn niet publiek vermeld en zijn daarom ingeschat. Deze inschatting is gemaakt aan de hand van de bekende cijfers voor Ameland en Schiermonnikoog. Hierbij is een inschatting gemaakt van de hoeveelheid vracht vervoerd per inwoner en per toerist, waarbij deze referentiegetallen van Ameland en Schiermonnikoog met betrekking tot Vlieland zijn gebruikt om de hoeveelheid vracht vervoerd te bepalen.

11.2.1 Huidige schepen

Deze diensten worden normaliter uitgevoerd door de volgende schepen:

Eiland	Vlieland	Vlieland
Naam	Ms Vlieland	Ms Tiger
Lengte	68	52
Breedte	17	12
Snelheid [knopen]	14	32
Passagiers	950	414
Auto's	50	0
Bouwjaar	2005	2002

De MS Tiger kan ook in sommige gevallen vervangen worden door de MS Koegelwieck. Dit is een kleiner schip. Ter referentie is binnen dit onderzoek de Tiger aangehouden.

11.2.2 Route

De schepen naar Vlieland varen een route over de vaargeul als aangegeven in Figuur 1. De afstand van de route is 33.3 km.

Figuur 1 Route naar Vlieland

11.2.3 Autoveer operationeel profiel

Het ingeschatte operationeel profiel (op basis van AIS data) voor de autoveer naar Vlieland is weergegeven in Tabel 9.

Tabel 9 Operationeel profiel autoveer Vlieland

Actie	Tijd [min]	Afstand [km]	Snelheid [kts]
Manoeuvreren	1	0	0
Versnellen naar havensnelheid	1	0,1	3
Uit de haven varen	5	0,8	5,5
Versnellen naar maximale snelheid	2	0,5	8,5
Varen op maximum snelheid	77	30,9	13
Vertragen naar havensnelheid	2	0,5	8,5
Varen in de haven	5	0,8	5,5
Vertragen	1	0,1	3
Manoeuvreren	1	0	0
Liggen in de haven	gevarieërd	0	0

11.2.4 Snelveer operationeel profiel

Het ingeschatte operationeel profiel (op basis van AIS data) voor de snelveer naar Vlieland is weergegeven in Tabel 10 .

Tabel 10 Operationeel profiel snelveer Vlieland

Actie	Tijd [min]	Afstand [km]	Snelheid [kts]
Manoeuvreren	1	0	0
Versnellen naar havensnelheid	1	0,1	4
Uit de haven varen	5	1,2	8
Versnellen naar maximale snelheid	2	1,2	19,5
Varen op maximum snelheid	32	28,6	29
Vertragen naar havensnelheid	2	1,2	19,5

Varen in de haven	5	1,2	8
Vertragen	1	0,1	4
Manoeuvreren	1	0	0
Liggen in de haven	gevarieërd	0	0

11.2.5 Afvaarten

Het aantal afvaarten naar Vlieland is al een relatief lange tijd stabiel. Hierin is er 3x per dag een afvaart, gedurende het volledige jaar, van de autoveer. Het aantal afvaarten van de sneldienst is aan het toenemen over de jaren, waarbij ook de verwachting is dat de vraag naar deze dienst in de toekomst groter wordt door de trend in kortere vakantie (zie hoofdstuk 9). De afvaarten (retour Harlingen-Vlieland telt als 2 afvaarten) zijn weergegeven over het jaar in Figuur 2 en Figuur 3.

Figuur 2 Afvaarten autoveer HV

Figuur 3 Afvaarten sneldienst HV

11.2.6 Passagiers & auto aantallen

De laatst bekende passagier en autoaantallen zijn weergegeven in Tabel 11

De hoeveelheid vervoerde vracht is onbekend en is daarom ingeschat op basis van het aantal inwoners en de beschikbare data vanuit de Vervoersplannen voor Ameland en Schiermonnikoog. De vervoerde vracht per voetpassagier naar het eiland is voor deze eilanden tussen de 0.11 en 0.16 meter vracht per passagier per jaar. Het maximum hierin (0.16 meter per passagier) is meegenomen om de vraag naar vrachtvervoer voor Vlieland in te schatten. Hiervoor is meegenomen dat 23% van de vracht separaat met een vrachtboot naar het eiland gebracht wordt, dit is equivalent aan 1x per week, [51], varen met de Noord-Nederland waarbij een gemiddelde bezetting van 90% wordt behaald. De gemiddelde bezetting van de capaciteit van de schepen is op jaarbasis uitgerekend. Precieze cijfers over het aantal afvaarten zijn niet beschikbaar. Deze zijn daarom uitgerekend op basis van de dienstregelingen met een toeslag van 5% voor vraag gestuurd varen.

Tabel 11 Vervoersaantallen Vlieland 2021 (*schuingedrukt* is een inschatting) [51]

	Autoveer	**Sneldienst**	**Vrachtboot**	**Totaal**
Passagiers – Bewoners	91.5 %	8.5%	0%	19788
Passagiers – Toeristen				213046
Auto's – Bewoners	100%	0%		6832 [PAE]
Auto's - Toeristen				0
Vracht	*77%*	0%	*23%*	*37253 [LM] / 8098 [PAE]*

11.2.7 Piekvraag

De piek in het aantal afvaarten beschreven in tijdstabel vindt plaats in de zomermaanden op Vrijdag. Op deze dagen zijn er:

Dienst	Afvaarten	Tijd in haven Vlieland [min]	Tijd in haven Harlingen [min]
Autoveer	3	75	75
Sneldienst	2	15	15

Het aantal passagiers en auto's wat vervoerd wordt op deze piekdagen is onbekend. Deze zijn echter wel benodigd om een inschatting te maken van de mogelijkheden om vervoersplannen te wijzigen. Hier zijn de volgende aannames gemaakt:

- 1 afvaarten met de autoveer zit vol met PAE, de passagiersbezetting is 80%
- 2 afvaarten met de autoveer hebben een 70% PAE bezetting en een passagiersbezetting van 60%
- De sneldienst heeft 1 volle afvaart
- De sneldienst heeft 1 afvaart met 50% bezetting

11.2.8 Huidige energievraag per schip, per route

Het energieverbruik van de veren naar Vlieland is niet weergegeven in de vervoersplannen, zoals bij de routes naar Ameland en Schiermonnikoog. Het energieverbruik is om die reden uitgerekend met behulp van interne Damen software programma's aan de hand van het geschetste operationeel profiel. Deze berekening heeft de actuele rompvorm nodig, welke onbekend is. Om die reden zijn vergelijkbare schepen gebruikt die in de buurt komen van de huidige vloot.

Het ingeschatte verbruik van de veerboten is weergegeven in Tabel 27.

Tabel 12 Energieverbruik per schip naar Vlieland 2021

Schip	Brandstof [Liter]	Energie [kWh]	Afvaarten	Gem. energieverbruik [kWh]
MS Vlieland	1551312	6463800	2160	2850
MS Tiger	194718	846600	332	2550

Op de route naar Vlieland ervaren de schepen niet in dezelfde mate de effecten van ondiep water als op de route naar Ameland. Er is echter nog steeds een effect door een diepte van de vaargeul van ~10 meter. Om die reden is een toeslag van 10% meegenomen op het berekende energieverbruik.

Naast het gemiddelde energieverbruik zijn er ook piekmomenten door bijvoorbeeld slecht weer. Indien er mogelijk batterij-elektrisch gevaren wordt, moet de laadinfrastructuur op deze piekmomenten worden uitgelegd. Voor deze piekmomenten is een additionele toeslag van 15% meegenomen.

11.2.9 Algemene opmerkingen

Er zijn ook interinsulaire afvaarten tussen Terschelling en Vlieland. De interinsulaire afvaarten worden binnen de analyse voor de operationele profielen niet individueel bekeken, maar als sneldienst gezien, om de volgende redenen:

- Het levert een versimpeling op, waarbij de interinsulaire dienst erg varieert in het aantal afvaarten per jaar
- Het energieverbruik van de interinsulaire dienst kleiner is dan een afvaart naar Terschelling en Vlieland samen, waardoor dit niet de piekvraag vertegenwoordigt
- De interinsulaire dienst is geen onderdeel van de concessie maar een oplossing om meer/gecombineerde afvaarten in te kunnen zetten

11.3 Harlingen – Terschelling

Het huidige vervoersplan richting Terschelling bestaat uit 2 verschillende soorten diensten:

1. Autoveer
2. Snelveer

Er wordt ook vracht vervoerd, gedeeltelijk via de autoveer, gedeeltelijk via een separate boot. Het vervoer via de separate boot valt niet onder de concessie. Cijfers over het zijn niet publiek vermeld en zijn daarom ingeschat. Deze inschatting is gemaakt aan de hand van de bekende cijfers voor Ameland en Schiermonnikoog. Hierbij is een inschatting gemaakt van de hoeveelheid vracht vervoerd per inwoner en per toerist, waarbij deze referentiegetallen van Ameland en Schiermonnikoog met betrekking tot Terschelling zijn gebruikt om de hoeveelheid vracht vervoerd te bepalen.

11.3.1 Huidige schepen

Deze diensten worden normaliter uitgevoerd door de volgende schepen:

Eiland	Terschelling	Terschelling	Terschelling	Terschelling
Naam	Ms Willem de Vlamingh	Ms Willem Barentz	Ms Friesland	Ms Tiger
Lengte	70	70	69	52
Breedte	17,3	17,3	16	12
Snelheid [knopen]	16	16	14	32
Passagiers	692	692	1100	414
Auto's	60	60	100	0
Bouwjaar	2020	2020	1989	2002

De MS Tiger kan ook in sommige gevallen vervangen worden door de MS Koegelwieck. Dit is een kleiner schip. Ter referentie is binnen de onderzoek de Tiger aangehouden.

11.3.2 Route

De schepen naar Vlieland varen een route over de vaargeul als aangegeven in Figuur 4. De afstand van de route is 38.1 km. In sommige gevallen kan gebruik gemaakt worden van het Schuitengat. Dit zorgt voor een verkorting van de route en een verlaging van het energieverbruik. Omdat het gebruik voornamelijk positieve effecten met zich mee brengt in termen van duurzaamheid, is het buiten beschouwing gelaten en wordt het slechtste scenario daarmee onderzocht.

Figuur 4 Route naar Terschelling

11.3.3 Autoveer operationeel profiel

Het ingeschatte operationeel profiel voor de autoveer naar Terschelling is weergegeven in Tabel 13.

Tabel 13 Operationeel profiel autoveer Terschelling

Actie	Tijd [min]	Afstand [km]	Snelheid [kts]
Manoevreren	1	0	0
Versnellen naar havensnelheid	1	0,1	3
Uit de haven varen	5	0,8	5,5
Versnellen naar maximale snelheid	2	0,5	8,5
Varen op maximum snelheid	100	35,5	12
Vertragen naar havensnelheid	2	0,5	8,5
Varen in de haven	5	0,8	5,5
Vertragen	1	0,1	3
Manoevreren	1	0	0
Liggen in de haven	gevarieërd	0	0

11.3.4 Snelveer operationeel profiel

Het ingeschatte operationeel profiel voor de snelveer naar Terschelling is weergegeven in Tabel 14.

Tabel 14 Operationeel profiel snelveer Terschelling

Actie	Tijd [min]	Afstand [km]	Snelheid [kts]

Manoevreren	1	0	0
Versnellen naar havensnelheid	1	0,1	4
Uit de haven varen	5	1,2	8
Versnellen naar maximale snelheid	2	1,2	19,5
Varen op maximum snelheid	32	33,6	34
Vertragen naar havensnelheid	2	1,2	19,5
Varen in de haven	5	1,2	8
Vertragen	1	0,1	4
Manoevreren	1	0	0
Liggen in de haven	gevarieërd	0	0

11.3.5 Afvaarten

Het aantal afvaarten naar Terschelling varieert over de jaren. Hierin is er 3x per dag een afvaart, gedurende het volledige jaar, van de autoveer. Het aantal afvaarten van de sneldienst is aan het toenemen over de jaren, waarbij ook de verwachting is dat de vraag naar deze dienst in de toekomst groter wordt door de trend in kortere vakantie (zie hoofdstuk 9). De afvaarten (retour Harlingen-Vlieland telt als 2 afvaarten) zijn weergegeven over het jaar in Figuur 5 en Figuur 6.

Figuur 5 Afvaarten autoveer HT

Figuur 6 Afvaarten sneldienst HT

11.3.6 Passagiers & auto aantallen

De laatst bekende passagier en autoaantallen zijn weergegeven in Tabel 15. De hoeveel vervoerde vracht is onbekend en is daarom ingeschat op basis van het aantal inwoners en de beschikbare data vanuit de Vervoersplannen voor Ameland en Schiermonnikoog. De vervoerde vracht per voetpassagier naar het eiland is voor deze eilanden tussen de 0.11 en 0.16 meter vracht per passagier per jaar. Het maximum hierin (0.16 meter per passagier) is meegenomen om de vraag naar vrachtvervoer voor Terschelling in te schatten. Hoeveel hiervan vervoerd wordt per vrachtboot is onbekend. Hiervoor is meegenomen dat 61% van de vracht separaat met een vrachtboot naar het eiland gebracht wordt, dit is equivalent aan gemiddeld 1.7x per dag varen met een belading van 80%.

De gemiddelde bezetting van de capaciteit van de schepen is op jaarbasis uitgerekend. Hierin zit een aanname in verwerkt. Er wordt met verschillende autoveren gevaren die een verschillende capaciteit hebben. Hier is voor aangenomen dat gemiddeld 60% van de afvaarten gebeurt met de nieuwere schepen (MS Vlamingh en MS Barentz) en 40% van de afvaarten plaatsvindt met de MS Friesland. Precieze cijfers over het aantal afvaarten zijn niet beschikbaar. Deze zijn daarom uitgerekend op basis van de dienstregelingen met een toeslag van 15% voor vraag gestuurd varen.

Voor het vrachtvervoer zijn hoeveelheid afvaarten uit de dienstregeling van Doeksen meegenomen.

Tabel 15 Vervoersaantallen Terschelling 2021 (*schuingedrukt* is een inschatting)

	Autoveer	Sneldienst	Vrachtboot	Totaal
Passagiers – Bewoners	62 %	38%	0%	60863
Passagiers – Toeristen				459534
Auto's – Bewoners	100%	0%		12084 [PAE]

Auto's - Toeristen				42840 [PAE]
Vracht	*39%*	0%	*61%*	*148174 [LM] / 32211 [PAE]*

11.3.7 Piekvraag

De piek in het aantal afvaarten beschreven in tijdstabel vindt plaats in de zomermaanden op Zondag en is gehaald vanuit de te boeken afvaarten op de website van Doeksen in Augustus. Op deze dagen zijn er:

Dienst	Afvaarten	Tijd in haven Terschelling [min]	Tijd in haven Harlingen [min]
Autoveer	7	25	25
Sneldienst	5	15	15
Vrachtboot	2	25	25

Het aantal passagiers en auto's wat vervoerd wordt op deze piekdagen is onbekend. Deze zijn echter wel benodigd om een inschatting te maken van de mogelijkheden om vervoersplannen te wijzigen. Hier zijn de volgende aannames gemaakt:

- 2 afvaarten met de autoveer zit vol met PAE, de passagiersbezetting is 80%
- 5 afvaarten met de autoveer hebben een 70% PAE bezetting en een passagiersbezetting van 60%
- De sneldienst heeft 2 volle afvaarten
- De sneldienst heeft 3 afvaarten met 50% bezetting
- De vrachtboot heeft 80% bezetting

11.3.8 Huidige energievraag per schip, per route

Het energieverbruik van de veren naar Terschelling is niet weergegeven in de vervoersplannen, zoals bij de routes naar Ameland en Schiermonnikoog. Het energieverbruik is om die reden uitgerekend met behulp van interne Damen software programma's aan de hand van het geschetste operationeel profiel. Deze berekening hebben de actuele rompvorm nodig, welke onbekend is. Om die reden zijn vergelijkbare schepen gebruikt die in de buurt komen van de huidige vloot.

Het ingeschatte verbruik van de veerboten is weergegeven in Tabel 27.

Tabel 16 Energieverbruik per schip naar Terschelling 2021

Schip	Brandstof [Liter]	Energie [kWh]	Afvaarten	Gem. energieverbruik per enkele trip [kWh]
MS Willem de Vlamingh	734539	3193650	2265	2350
MS Friesland	729330	3171000		3500
MS Noord-Nederland	412620	1794000	897	2000
MS Tiger	1609356	6997200	2744	2550

Op de route naar Terschelling ervaren de schepen niet in dezelfde mate de effecten van ondiep water als op de route naar Ameland. Er is echter nog steeds een effect door een diepte van de vaargeul van ~10 meter. Om die reden is een toeslag van 10% meegenomen op het berekende energieverbruik.

Naast het gemiddelde energieverbruik zijn er ook piekmomenten door bijvoorbeeld slecht weer. Indien er mogelijk batterij-elektrisch gevaren wordt, moet de laadinfrastructuur op deze piekmomenten worden uitgelegd. Voor deze piekmomenten is een additionele toeslag van 15% meegenomen.

11.3.9 Algemene opmerkingen

Er zijn ook intersulaire afvaarten tussen Terschelling en Vlieland. Deze worden binnen de analyse voor de operationele profielen niet individueel bekeken, maar als sneldienst gezien, om de volgende redenen:

- Het levert een versimpeling op, waarbij de intersulaire dienst erg varieert in het aantal afvaarten per jaar
- Het energieverbruik van de intersulaire dienst kleiner is dan een afvaart naar Terschelling en Vlieland samen, waardoor dit niet de piekvraag vertegenwoordigt
- De intersulaire dienst is geen onderdeel van de concessie maar een oplossing om meer/gecombineerde afvaarten in te kunnen zetten

11.4 Holwerd - Nes

Het huidige vervoersplan richting Terschelling bestaat uit 2 verschillende soorten diensten:

1. Autoveer
2. Snelveer

11.4.1 Huidige schepen

Deze diensten worden normaliter uitgevoerd door de volgende schepen:

Eiland	Ameland	Ameland	Ameland
Naam	Sier	Oerd	Fostaborg
Lengte	73,2	73,2	21,8
Breedte	15,9	15,9	7
Snelheid [knopen]	10,3	10,3	21,6
Passagiers	1200	1200	48
Auto's	72	72	0
Bouwjaar	1995	2003	2012

11.4.2 Route

De schepen naar Ameland varen een route over de vaargeul als aangegeven in Figuur 7. De afstand van de route is 11,1 km.

Figuur 7 Route naar Ameland

11.4.3 Autoveer operationeel profiel

Het ingeschatte operationeel profiel voor de autoveer naar Ameland is weergegeven in Tabel 17.

Tabel 17 Operationeel profiel autoveer Ameland

Actie	Tijd [min]	Afstand [km]	Snelheid [kts]
Manoevreren	1	0	0
Versnellen naar havensnelheid	2	0,2	2,5
Uit de haven varen	4	0,2	2
Versnellen naar maximale snelheid	2	0,4	7
Varen op maximum snelheid	32	9,4	9,5
Vertragen naar havensnelheid	2	0,4	7
Varen in de haven	4	0,6	5
Vertragen	2	0,2	2,5
Manoevreren	1	0	0
Liggen in de haven	gevarieërd	0	0

11.4.4 Snelveer operationeel profiel

Het ingeschatte operationeel profiel voor de snelveer naar Ameland is weergegeven in Tabel 18.

Tabel 18 Operationeel profiel snelveer Ameland

Actie	Tijd [min]	Afstand [km]	Snelheid [kts]
Manoevreren	0,5	0	0
Versnellen naar havensnelheid	0,5	0,1	8
Uit de haven varen	2,5	0,9	12
Versnellen naar maximale snelheid	1	0,5	17
Varen op maximum snelheid	11	7,5	22

Vertragen naar havensnelheid	1	0,6	19
Varen in de haven	2,5	0,9	12
Vertragen	0,5	0,1	8
Manoevreren	0,5	0	0
Liggen in de haven	gevarieërd	0	0

11.4.5 Afvaarten

Het aantal afvaarten naar Ameland varieert gedurende het jaar. De afvaarten (retour Holwerd-Ameland telt als 2 afvaarten) zijn weergegeven over het jaar in Figuur 8 en Figuur 9. Het aantal afvaarten weergegeven in de vervoersplannen wijkt af van de dienstregeling door mogelijk vraag gestuurd varen. Om die reden worden de aantallen uit de vervoersplannen meegenomen. Het aantal afvaarten in 2021 waren:

Tabel 19 Afvaarten AH 2021

Dienst	Afvaarten
Autoveer	6896
Snelveer	4952

Figuur 8 Afvaarten autoveer AH

Figuur 9 Afvaarten sneldienst AH

11.4.6 Passagiers & auto aantallen

De laatst bekende passagier en autoaantallen zijn weergegeven in Tabel 20. De gemiddelde bezetting van de capaciteit van de schepen is op jaarbasis uitgerekend.

Tabel 20 Vervoersaantallen Ameland 2021 (*schuingedrukt* is een inschatting)

	Autoveer	**Sneldienst**	**Totaal**
Passagiers – Bewoners	91.6%	8.4%	766590
Passagiers – Toeristen			
Auto's – Bewoners	100%	0%	104144 [PAE]
Auto's - Toeristen			
Vracht	100%	0%	122451 [LM] / 26619 [PAE]

11.4.7 Piekvraag

De piek in het aantal afvaarten beschreven in tijdstabel vindt plaats in de zomermaanden op vrijdag. Op deze dagen zijn er:

Dienst	Afvaarten	Tijd in haven Nes[min]	Tijd in haven Holwerd [min]
Autoveer	12	15	15
Sneldienst	10	10	10

Het aantal passagiers en auto's wat vervoerd wordt op deze piekdagen is onbekend. Deze zijn echter wel benodigd om een inschatting te maken van de mogelijkheden om vervoersplannen te wijzigen. Hier zijn de volgende aannames gemaakt:

- 4 afvaarten met de autoveer zit vol met PAE, de passagiersbezetting is 50%
- 8 afvaarten met de autoveer hebben een 60% PAE bezetting en een passagiersbezetting van 35%

- De sneldienst heeft 2 volle afvaarten
- De sneldienst heeft 8 afvaarten met 50% bezetting

11.4.8 Huidige energievraag per schip, per route

Het verbruik van de veerboten is vermeld in de vervoersplannen, [52]. Deze zijn weergegeven in Tabel 21.

Tabel 21 Energieverbruik per schip naar Ameland 2021

Schip	Brandstof [Liter]	Energie [kWh]	Afvaarten	Gem. energieverbruik [kWh]
Sier	1630309	7890527	6898	2121
Oerd	1735916	7410495		
Fostaborg	449200	2041818	4952	412

Op de route naar Ameland krijgen de schepen te maken met ondiep water. Dit heeft een significant effect op de snelheid en het energieverbruik. Meer is hier over weergegeven in vaarwegonderzoek van het Marin, [53]. Het gemiddelde energieverbruik van Sier en Oerd komt overeen met het varen op vol vermogen (4x650 kW, M.S. Sier) gedurende de hele route. Het energieverbruik (en de vaartijd) varieert daarbij met het getij. Het varen bij laagwater (extreme) kost hierbij 69% meer energie dan het varen op hoogwater (extreme). Hierbij is gekeken naar de huidige schepen.

De Fostaborg heeft een gemiddeld verbruik van 412 kWh per afvaart. Kleinere schepen met een lage diepgang lieten in eerder onderzoek een verschil in vermogen zien van <25%, [54]. Deze spreiding zal voor dit schip meegenomen worden in het vervolg van het onderzoek.

11.4.9 Algemene opmerkingen

- De autoveer naar Ameland lijkt een grote overcapaciteit op het aantal passagiers te hebben, met een gemiddelde bezitting van 8.4%. Dit is laag in vergelijking met de andere routes.
- De laad en lostijd voor de autoveer op piekmomenten is kort. Er zijn binnen het belanghebbenden onderzoek veel opmerkingen over het verlengen van de veerdienst naar een 5-kwartiers dienstregeling. Dit zou ten gunste komen van batterij-elektrisch varen.
- De MS Fostaborg heeft een relatief hoog energieverbruik voor het type schip. Hier is mogelijk ruimte voor optimalisatie.

11.5 Ferwert – Nes

De mogelijke verplaatsing van de veerhaven naar Ferwert heeft een effect op het energieverbruik en de route van de veerboot. Alleen de verschillen met de route vanuit Holwerd zijn hier beschreven.

11.5.1 Route

De schepen naar Ameland zullen varen op een route over de vaargeul als aangegeven in Figuur 10. De afstand van de route is 11,0 km. Ongeveer gelijk met de afstand vanaf Holwerd. Om die reden kan een gelijke dienstregeling aangehouden worden.

Figuur 10 Route Ferwert – Nes

11.5.2 Verwachte energievraag per schip, per route

De route vanaf Ferwert heeft voor een aantal secties van de route een grotere diepgang dan de route naar Holwerd. Figuur 11 geeft een weergave van de dieptes uit RWS kaarten van 2023 rapport van Dec 2020, [55].

Figuur 11 Diepgang in vaargeulen

Sectie 10 en 11 van de vaargeul als beschreven in het Marin rapport blijven gelijk voor de route naar Ferwert, maar vanaf dat moment wijzigt de Route. Met de wijziging van de route zijn er, gegeven de informatie uit Figuur 11, andere diepgangen dan op de huidige route. Dit heeft als effect dat de schepen dichterbij hun maximumsnelheid kunnen varen bij gelijk vermogen.

Het inschatte verbruik van de veerboten is daarmee bepaald op basis van de maximum vaarsnelheden bij bepaald dieptes, in genoemde secties, uit het MARIN rapport. Een inschatting van de benodigde energie wordt daarmee:

Tabel 22 Energieverbruik per schip naar Ameland 2021

Schip	Brandstof [Liter]	Energie [kWh]	Afvaarten	Gem. energieverbruik [kWh]
Sier	2891986	12573854	6898	1822
Oerd				
Fostaborg	432805	1881760	4952	380

Een energiereductie van voor de autoveren lijkt te verwachten wanneer de route van Holwerd naar Ferwert zou verplaatsen. Dit is op basis van de huidige schepen, varende op vol vermogen, die een energiewinst behalen door een hogere vaarsnelheid (tot 10.8 knopen). Voor de sneldienst is de winst een stuk kleiner, door de al lagere diepgang van de huidige schepen.

Er moet hierbij vermeld worden dat de inschatting gedaan is om een gevoel van het energieverbruik bij het verplaatsen van de route te krijgen. In dit geval kan er aangenomen dat het energieverbruik in ieder geval niet toeneemt en mogelijk afneemt. Wanneer een definitieve beslissing genomen wordt voor het verplaatsen van de route naar Ferwert zal een uitgebreider onderzoek moeten plaatsvinden naar de mogelijk positieve neveneffecten omtrent het energiegebruik van de veren. Om deze reden zal deze route ook niet verder geanalyseerd worden met betrekking tot alternatieve vervoersconcepten.

11.6 Lauwersoog - Schiermonnikoog

Het huidige vervoersplan richting Schiermonnikoog bestaat uit 2 verschillende soorten diensten:

1. Autoveer
2. Snelveer

11.6.1 Huidige schepen

Deze diensten worden normaliter uitgevoerd door de volgende schepen:

Eiland	Schiermonnikoog	Schiermonnikoog	Schiermonnikoog
Naam	Rottum	Monnik	Esonborg
Lengte	58	58	22
Breedte	13,8	13,8	6,1
Snelheid [knopen]	10,8	10,8	21,6
Passagiers	1000	1000	48
Auto's	48	48	0
Bouwjaar	1985	1985	2018

11.6.2 Route

De schepen naar Schiermonnikoog varen een route over de vaargeul als aangegeven in Figuur 12. De afstand van de route is 11,1 km.

Figuur 12 Route naar Schiermonnikoog

11.6.3 Autoveer operationeel profiel

Het ingeschatte operationeel profiel voor de autoveer naar Ameland is weergegeven in Tabel 23.

Tabel 23 Operationeel profiel autoveer Schiermonnikoog

Actie	Tijd [min]	Afstand [km]	Snelheid [kts]
Manoevreren	1	0	0
Versnellen naar havensnelheid	1	0,1	2,5
Uit de haven varen	4	0,2	2
Versnellen naar maximale snelheid	1	0,2	7
Varen op maximum snelheid	26	9,2	11,5
Vertragen naar havensnelheid	1	0,2	7
Varen in de haven	4	0,6	5
Vertragen	1	0,1	2,5
Manoevreren	1	0	0
Liggen in de haven	gevarieërd	0	0

11.6.4 Snelveer operationeel profiel

Het ingeschatte operationeel profiel voor de snelveer naar Ameland is weergegeven in Tabel 24.

Tabel 24 Operationeel profiel snelveer Schiermonnikoog

Actie	Tijd [min]	Afstand [km]	Snelheid [kts]
Manoevreren	0,5	0	0
Versnellen naar havensnelheid	0,5	0,1	8
Uit de haven varen	2,5	0,9	12
Versnellen naar maximale snelheid	1	0,5	17
Varen op maximum snelheid	11	7,5	22
Vertragen naar havensnelheid	1	0,6	19
Varen in de haven	2,5	0,9	12
Vertragen	0,5	0,1	8
Manoevreren	0,5	0	0
Liggen in de haven	gevarieërd	0	0

11.6.5 Afvaarten

Het aantal afvaarten naar Schiermonnikoog is stabiel gedurende het jaar. De afvaarten (retour Lauwersoog-Schiermonnikoog telt als 2 afvaarten) zijn weergegeven over het jaar in Figuur 13 en Figuur 14. Het aantal afvaarten weergegeven in de vervoersplannen wijkt af van de dienstregeling door mogelijk vraag gestuurd varen. Om die reden worden de aantallen uit de vervoersplannen meegenomen. Het aantal afvaarten in 2021 waren:

Tabel 25 Afvaarten LS 2021

Dienst	Afvaarten
Autoveer	3676
Snelveer	2725

Figuur 13 Afvaarten autoveer LS

Figuur 14 Afvaarten sneldienst LS

11.6.6 Passagiers & auto aantallen

De laatst bekende passagier en autoaantallen zijn weergegeven in Tabel 26. De gemiddelde bezetting van de capaciteit van de schepen is op jaarbasis uitgerekend.

Tabel 26 Vervoersaantallen Schiermonnikoog 2021 (*schuingedrukt* is een inschatting)

	Autoveer	**Sneldienst**	**Totaal**
Passagiers – Bewoners	94.1%	5.9%	352250
Passagiers – Toeristen			
Auto's – Bewoners	100%	0%	7010 [PAE]
Auto's - Toeristen			
Vracht	100%	0%	36744 [LM] / 7938 [PAE]

11.6.7 Piekvraag

De piek in het aantal afvaarten beschreven in tijdstabel vindt plaats op maandag tot vrijdag. Op deze dagen zijn er in 2023:

Dienst	Retour afvaarten	Minimale tijd in haven Schiermonnikoog[min]	Minimale tijd in haven Lauwersoog [min]
Autoveer	5	15	75
Sneldienst	4.5	10	10

Het aantal passagiers en auto's wat vervoerd wordt op deze piekdagen is onbekend. Deze zijn echter wel benodigd om een inschatting te maken van de mogelijkheden om vervoersplannen te wijzigen. Hier zijn de volgende aannames gemaakt:

- 1 afvaart met de autoveer zit vol met PAE, de passagiersbezetting is 50%

- 4 afvaarten met de autoveer hebben een 60% PAE bezetting en een passagiersbezetting van 35%
- De sneldienst heeft 2 volle afvaarten
- De sneldienst heeft 2.5 afvaarten met 50% bezetting

11.6.8 Huidige energievraag per schip, per route

Het verbruik van de veerboten is vermeld in de vervoersplannen, [52]. Deze zijn weergegeven in Tabel 27.

Tabel 27 Energieverbruik per schip naar Ameland 2021

Schip	Brandstof [Liter]	Energie [kWh]	Afvaarten	Gem. energieverbruik [kWh]
Rottum	494972	2152052	3676	776
Monnik	161123	700535		
Esonborg	199824	868800	2725	318

Voor de route naar Schiermonnikoog, in tegenstelling tot de route naar Ameland is er geen vaarwegonderzoek beschikbaar. Er is in dit geval vanuit gegaan dat er geringe ondiep water effecten zijn. Er is daarbij wel meegenomen dat er een mogelijke spreiding in het energieverbruik zit van 20% door andere weersinvloeden (wind, golfen etc.)

11.6.9 Algemene opmerkingen

- De autoveer lijkt een relatief grote capaciteit te hebben voor de gemiddelde bezetting van de schepen op de huidige dienstregeling.

12 Uitwerking vervoersconcepten

12.1 Inleiding

De beschreven beleidskaders hebben consequenties voor de financiën en de milieuaspecten van de verschillende vervoersconcepten. In het eerdere vooronderzoek zijn deze beleidskaders tezamen met de generieke kostparameters en uitstoot voor de verschillende schepen en energiedragers beschreven. Deze informatie is binnen dit hoofdstuk gebundeld tot een globaal overzicht in de effecten die ontstaan door het toepassen van alternatieve energiedragers. De effecten zijn hierbij per vervoersconcept en energiedrager weergegeven in:

1. Implicaties op de ticketprijs
2. De verwachte milieuwinst uitgedrukt in CO_2equivalent
3. De verwachte milieuwinst uitgedrukt in CO_2equivalent per % ticketprijs verandering
4. Benodigde elektrische infrastructuur
5. Kwalitatieve impact op de beschikbaarheid en betrouwbaarheid van de vervoersconcept alternatieven

De beschreven effecten vormen aan het eind van het onderzoek, tezamen met de gestelde randvoorwaarde in het vooronderzoek, de basis voor het overkoepelend advies t.a.v. de te hanteren duurzaamheidsuitgangspunten en de praktische en financiële haalbaarheid hiervan.

Dit hoofdstuk start met een beschrijving van de uitgevoerde financiële analyse. Daarna volgt een uitleg over de algemeen toegepaste wijzigingen in de vervoersconcepten. Vanaf paragraaf 12.5 wordt de uitwerking van de verschillende veerdienstroutes beschreven. In eerste instantie worden de diensten behorende bij de Waddenveren-Oost concessie beschreven, waarna een combinatie van de volledige concessie Waddenveren-Oost volgt. Vanaf paragraaf 12.9 worden de diensten behorende bij de Waddenveren-West concessie beschreven, waarna wordt afgesloten met een combinatie van volledige Waddenveren-West concessie.

12.2 Beschrijving financiële analyse

De financiële analyse voor de verschillende vervoersplannen is uitgevoerd door middel van relatieve IRR (Internal Rate of Return) berekeningen voor een 15 jaar durende concessies. De Internal Rate of Return is een methode die in de financiële analyse kan worden gebruikt om het rendement van een potentiële investering in te schatten op de langere termijn. De IRR is de disconteringsvoet die de netto contante waarde (NCW) van een project nul maakt. Met andere woorden, de IRR is het verwachte samengestelde jaarlijkse rendement van een project of investering.

De financiële cijfers van de huidige vervoersplannen zijn onbekend, maar een inschatting van het verdienvermogen is gemaakt aan de hand van de gemiddelde ticketprijs en jaarlijkse vervoersaantallen als beschreven in het vooronderzoek. Het ingeschatte verdienvermogen is weergegeven in Tabel 28. Additionele inkomsten uit bijvoorbeeld horeca zijn hierbij niet meegenomen en geven potentieel een verbeterd resultaat. Er wordt daarbij echter geen relatief verschil tussen de verschillende concepten verwacht. De verschillende kostenaspecten die zijn meegenomen en gevarieerd voor de verschillende vervoersconcepten in de IRR-berekeningen zijn weergegeven in Tabel 29.

De beschreven getallen zijn geen exacte representatie van het financiële model van de vervoersconcepten en zijn onderhevig aan een onzekerheidsmarge. De cijfers zijn bedoeld om een inzicht te verschaffen in de relatieve verschillen van de vervoersplannen bij het kiezen voor alternatieve voorstuwingen of alternatieve invullingen van het vervoersconcept. Kleine verschillen zullen door de aanwezige onzekerheidsmarge niet direct een richting geven. Grotere verschillend zullen dit echter wel doen.

Om tot deze relatieve verschillen te komen is er voor beiden concessies uitgegaan van een IRR=5%, indien opererend met de huidige energiedragers, de huidige passagiersaantallen en een nieuwe vloot. De 5% zegt hierbij niks over het echte verdienvermogen op de routes, maar is gebruikt als referentiewaarde. Dit percentage is alleen aangehouden voor de overkoepelende concessies. De IRR voor de separate diensten is hieruit berekend.

Extra kosten (overhead, walpersoneel, infrastructuur, verzekeringen etc.) die binnen de huidige vervoersplannen gemaakt worden, naast de kosten zoals beschreven in Tabel 29, zijn gegeneraliseerd en aangevuld om tot de IRR van 5% te komen. Het gegeneraliseerde percentage is naderhand constant gehouden voor de berekeningen van alternatieve voorstuwingen en vervoersconcepten.

Tabel 28 Kost aspecten meegenomen in IRR-berekeningen

Concessie	Eiland	Type dienst	Verdienvermogen [mln Euro]
Waddenveren - Oost	Schiermonnikoog	Autoveer	32.5
		Vracht	
		Sneldienst	
	Ameland	Autoveer	
		Vracht	
		Sneldienst	
Waddenveren - West	Terschelling	Autoveer	41.5
		Vracht	
		Sneldienst	
	Vlieland	Autoveer	
		Vracht	
		Sneldienst	

Tabel 29 Kost aspecten meegenomen in IRR-berekeningen

Aspect	Invoer
Afschrijving van investeringen op nieuwe schepen en elektrische walinfrastructuur	Per Vervoersplan en Scheepstypes specifiek, afschrijvingstermijn van 30 jaar
Rentelast	Per Vervoersplan en Scheepstypes specifiek, vaste rentevoet van 7.5%
Onderhoudskosten	Per Vervoersplan, voortstuwing en Scheepstypes specifiek
Bemanningskosten	Per Vervoersplan en Scheepstypes specifiek
Energiekosten	Per voorstuwing specifiek, aan de hand van de energievraag
Inflatie	2% (ECB doelstelling)
Energie inflatie	2% voor iedere energiedrager
Jaarlijkse ticketprijsstijging	1.5%
Passagiersaantallen	Per Vervoersplan als gerapporteerd in het vooronderzoek

Inflatie, energie-inflatie en ticketprijsstijging zijn binnen dit onderzoek vastgezet op de bovengenoemde waarden. Er moet hierbij wel vernoemd worden dat deze percentages een significante impact hebben op de absolute cijfers. Daarnaast moet erbij vermeld worden dat de

energie-inflatie van 2% voor alle type brandstoffen waarschijnlijk niet de juiste representatie van de werkelijkheid geeft. Er valt te beargumenteren dat de inflatie voor sommige energiedragers hoger al dan niet lager zal zijn. Omdat er binnen dit onderzoek gekeken wordt naar de relatieve ticketprijstoename voor verschillende vervoersconcepten en energiedragers is echter gekozen om binnen elke berekening gelijke waarden aan te houden en hier geen variatie in te laten ontstaan.

12.3 Vervoersconcepten

Voor het analyseren van de relatieve impact op de duurzaamheid en financiën van de concessies zijn verschillende wijzigingen in de vervoerconcepten aangebracht. Deze wijzigingen zijn gemaakt met betrekking tot:

1. Langere vaartijden (ter vermindering van energieverbruik)
2. Alternatieve spreiding van afvaarten (om gelijktijdig opladen te voorkomen)
3. Langere stoptijden (om een langere laadtijd voor elektrische schepen te creëren)
4. Andere scheepstypen
    a. Lichter (ter vermindering van energieverbruik)
    b. Kleiner (ter vermindering van energieverbruik)
    c. Geen zware lading op de huidige schepen (ter vermindering van de diepgang)

In vele gevallen leeft de gedachte dat het verminderen van autovervoer van en naar de eilanden leidt tot kleinere en minder diepgaande schepen. Dit zou ten goede kunnen komen aan het baggerbesluit. Deze gedachte is gedeeltelijk juist. Minder vervoer kan mogelijk leiden tot kleinere schepen. De aantallen bij het overzetten hebben hierbij echter weinig invloed op de diepgang van deze schepen. Kleinere schepen hebben meer diepgang bij gelijke hoeveelheid lading (in gewicht) op het dek. Er is om die reden voornamelijk gekeken naar het verplaatsen van de zware lading naar separate vrachtschepen, waarbij het dagelijks vervoer van goederen voor horeca en supermarkten plaats blijft vinden via de autoveerboten. Dit is ook een nadrukkelijke wens gebleken van de verschillende eilanden.

12.4 Elektrisch varen

Voor elektrisch varen zijn de benodigde investeringen in infrastructuur achter de netaansluiting meegenomen in de investeringskosten. Hierbij zijn de kosten van de transformator, mogelijk batterijbuffer, lader en laadconnector inbegrepen. Een geïnstalleerde batterijbuffer heeft mogelijk een duaal gebruik, als eerder beschreven paragraaf 6.2. De additionele opbrengsten van dit duale gebruik zijn afhankelijk van de toekomstige besluiten omtrent de energiewet en de dubbele transportkosten. Om inzichtelijk te maken wat het effect zou zijn wanneer de volledige investeringen in een mogelijk batterijbuffer niet gedragen hoeft te worden door de concessiehouder is een additionele optie meegenomen in de analyse voor de verschillende energiedragers. Deze optie is genoemd: Elektrisch_exinfra.

12.5 Lauwersoog – Schiermonnikoog

De veerdienst van Lauwersoog naar Schiermonnikoog is geanalyseerd op 4 verschillende vervoersconcepten. Deze concepten zijn beschreven in Tabel 30.

Tabel 30 Wijzigingen voor alternatieve vervoersconcepten Schiermonnikoog

	Type wijzigingen	Effect op kosten

Huidig	Geen wijzigingen	Geen
Alternatief 1	1. Huidige dienstregeling voor de autoveer blijft in stand 2. Kleinere en ondiepere autoveer 3. Grotere sneldienst voor merendeel van passagiersvervoer in de zomer 4. Het vervoer van zware lading wordt overgenomen door een separate vrachtboot 5. Lichte vracht blijft nog steeds vervoerd worden met de autoveer om te voorzien in bevrachting van restaurants, supermarkten, hotels etc. binnen een constante dienstregeling	1. Hogere investeringskosten door meerdere schepen in de vloot 2. Hogere bemanningskosten door meer de vloot 3. Lagere energiekosten door meer flexibiliteit in de dienstregeling
Alternatief 2	1. Huidige dienstregeling voor de autoveer en sneldienst blijft in stand 2. Kleinere autoveer	1. Lagere investeringskosten door kleinere schepen 2. Lagere energiekosten door kleinere schepen
Alternatief 3	1. Huidige type schepen blijft in stand 2. Huidige dienstregeling blijft in stand 3. Er wordt maar 1 autoveer gekocht ter vervanging van de vloot	1. Lagere investeringskosten door 1 nieuw schip te kopen

Om de wijzigingen aangegeven in Tabel 30 te analyseren is de vloot weergegeven in Tabel 31.

Tabel 31 Schepen in dienstregeling voor alternatieve vervoersconcepten Schiermonnikoog

	Aantal	**Aantal**	**Afmetingen**	**Max. Diepgang**	**Capaciteit**
Huidig	2	Autoveer	58 x 13.8 meter	1.7 meter	48 [PAE] / 900 [PAX]
	1	Snelveer	22 x 6.1 meter	1.3 meter	48 [PAX]
Alternatief 1	2	Autoveer	42 x 12 meter	1.5 meter	25 [PAE] / 200 [PAX]
	1	Snelveer	40 x 9 meter	1.5 meter	300 [PAX]
	1	Vrachtboot	42 x 12 meter	1.7 meter	25 [PAX] / 12 [PAX]
Alternatief 2	2	Autoveer	50 x 14 meter	1.7 meter	40 [PAE] / 600 [PAX]
	1	Snelveer	22 x 6.1 meter	1.3 meter	48 [PAX]
Alternatief 3	1	Autoveer	58 x 13.8 meter	1.7 meter	50 [PAE] / 900 [PAX]
	1	Snelveer	22 x 6.1 meter	1.3 meter	48 [PAX]

De spreiding van de vervoersvraag is ingeschat op basis van de piekbelasting beschreven in het vooronderzoek. De impact van de wijzigingen op de maandelijkse vervoerscapaciteit is weergegeven in Figuur 15 en Figuur 16.

Doordat het een inschatting is kan het zijn dat het verschil tussen die pieken en dalen in de passagiersvervoersvraag minder groot zijn dan weergegeven. Dit zou geen wijzigingen veroorzaken in de verschillende alternatieve vervoersconcepten. In dat geval zouden er alleen ook nog andere niet onderzochte vervoersconcepten mogelijk kunnen zijn.

Figuur 15 Vervoerscapaciteit personen voor alternatieve vervoersconcepten Schiermonnikoog (alternatieven beschrijven het aanbod)

Figuur 16 Vervoerscapaciteit auto's + vracht voor alternatieve vervoersconcepten Schiermonnikoog (alternatieven beschrijven het aanbod)

Voor de verschillende vervoersconcepten zijn de relatieve wijzigingen in investerings-, bemannings-, financierings-, onderhouds- en energiekosten bepaald tezamen met de effecten op het energieverbruik en de daarbij horende uitstoot per mogelijke energiedrager. De resultaten van de IRR- en emissie-berekeningen voor de verschillende alternatieven zijn weergegeven in Tabel

32. De percentages in de tabel geven de benodigde ticketprijsstijging in percentages om tot een IRR=5% in de overkoepelende concessie te komen. De impact op de betrouwbaarheid en beschikbaar voor de verschillende energiedragers is niet los beschreven, maar kan gevonden worden in 6.9.

Tabel 32 Relatieve ticketprijstoename, uitstoot en effecten op betrouwbaarheid en beschikbaarheid voor alternatieve vervoersconcepten Schiermonnikoog (FC = Fuel Cell, ICE = Internal Combustion Engine) om tot een IRR=5% te komen

		Energiedrager	**Elektrisch**	**Elektrisch_exinfra**	**Waterstof**	**Waterstof**	**Bio-Methanol**	**Bio-Methanol**	**e-Methanol**	**e-Methanol**	**Diesel**	**Diesel + -**	**Bio-Diesel**	**Bio-LNG**	**LNG**
		Energie conversie	-	-	FC	ICE	FC	ICE	FC	ICE	ICE	ICE	ICE	ICE	ICE
Schiermonnikoog	**Huidig**	Relatieve prijsstijging [%]	81	77	>100	>100	>100	>100	>100	>100	53	63	61	>100	71
		CO2eq [t] / jaar uitstoot	0	0	0	0	161	186	13	15	558	558	193	144	467
		CO2eq [t] / jaar bespaard per % ticketprijsstijging	-20	-23	-	-	-	-	-	-	-	0	-46	-	-5
		Betrouwbaarheid en beschikbaarheid	Geen wijzigingen												
	Alt. 1	Relatieve prijsstijging [%]	>100	97	>100	>100	>100	>100	>100	>100	71	80	77	>100	89
		CO2eq [t] / jaar uitstoot	0	0	0	0	128	147	11	12	441	441	152	114	369
		CO2eq [t] / jaar bespaard per % ticketprijsstijging	-	-17	-	-	-	-	-	-	-	0	-48	-	-4
		Betrouwbaarheid en beschikbaarheid	Dit alternatief verbetert de betrouwbaarheid en beschikbaarheid. Door het verkleinen van de autoveer, het vergroten van de snelveer en het toevoegen van een vrachtboot komt er extra flexibiliteit in de dienstregeling, Dit komt ten goede aan de hoeveelheid afvaarten in de zomerperiodes.												
	Alt. 2	Relatieve prijsstijging [%]	71	66	>100	94	>100	91	>100	>100	43	53	51	91	61
		CO2eq [t] / jaar uitstoot	0	0	0	0	161	186	13	15	558	558	193	144	467
		CO2eq [t] / jaar bespaard per % ticketprijsstijging	-20	-24	-	-11	-	-8	-	-	-	0	-46	-9	-5
		Betrouwbaarheid en beschikbaarheid	In dit alternatief is de betrouwbaarheid en/of beschikbaarheid gelijk. Door het verkleinen van de autoveer is er sprake van een geringe afname van capaciteit voor de piekmomenten. In deze gevallen kan gevaren worden met de 2e veer.												
	Alt.3	Relatieve prijsstijging [%]	26	19	53	49	51	48	94	94	5	16	13	50	20
		CO2eq [t] / jaar uitstoot	0	0	0	0	161	186	13	15	558	558	193	144	467

		CO2eq [t] / jaar bespaard per % ticketprijsstijging	-27	-40	-12	-13	-9	-9	-6	-6	-	0	-46	-9	-6
		Betrouwbaarheid en beschikbaarheid	Dit alternatief geeft een gereduceerd beschikbaarheid (niet schaalbaar) en een gereduceerde betrouwbaarheid (uitval betekent niet varen) door een gereduceerde investering in enkel één nieuwe autoveer. Deze investeringen in nieuwe kapitaalgoederen hebben de grootste impact op de businesscase naar Schiermonnikoog.												

12.5.1 Financieel

In elk alternatief komt dat elektrisch varen financieel het voordeligste groene alternatief is ten opzichte van het varen op Diesel. Door de analyse van de verschillende concepten komt naar voren dat de investeringen in de nieuwe vloot de grootste bijdrage leveren aan de eventuele winstgevendheid van de operatie. Relatief hogere investeringen die leiden tot meer flexibele inzet (alternatief 1), lijken niet te leiden tot een verbeterd financieel model. Het verlagen van de investeringen, met al dan niet een impact op de beschikbaarheid en betrouwbaarheid (alternatief 2 en 3), bieden mogelijkheden om de winstgevendheid van de route te verbeteren.

12.5.2 Uitstoot

In elk alternatief komt uit de analyse dat elektrisch varen, tezamen met groene waterstof, de best presterende opties zijn met betrekking tot de uitstoot op de route. Batterij-elektrisch varen blijkt daarnaast, tezamen met het varen op bio-diesel, de goedkoopste manier om uitstoot te verminderen.

12.5.3 Beschikbaarheid en betrouwbaarheid

Alternatief 3 geeft de grootste mogelijkheid tot financiële verbetering binnen de vervoersconcepten maar gaat ten koste van de beschikbaarheid en betrouwbaarheid en lijkt daardoor niet voor de hand liggend. Alternatief 1 geeft een verbetering van de betrouwbaarheid en beschikbaarheid maar leidt tot verhoogde kosten. Alternatief 2 presteert daarmee tezamen met het huidige vervoerconcept het beste op betrouwbaarheid en beschikbaarheid wanneer de andere aspecten als kosten in ogenschouw worden genomen.

12.5.4 Elektrische infrastructuur

Voor het batterij-elektrisch varen is er elektrische infrastructuur nodig. Deze elektrische infrastructuur vergt een investering en operationele kosten. De investering en operationele kosten (netaansluiting + onderhoud) zijn meegenomen in de financiële analyse in Tabel 32.

Het energiegebruik van de veerdienst naar Schiermonnikoog zou in alle vervoersconcepten kunnen worden bijgeladen vanuit Lauwersoog alleen. Er zijn hierbij drie opties onderzocht:

1. Minimale netaansluiting met groot batterijbuffer
2. Geminimaliseerd batterijbuffer met gereduceerde netaansluiting
3. Enkel een netaansluiting.

De uitkomst van de verschillende opties is weergegeven in Tabel 33.

Tabel 33 Minimaal en maximaal benodigde laadinfrastructuur Schiermonnikoog

	Zonder batterijbuffer		**Met batterijbuffer**			
	Netaansluiting [MW]		Netaansluiting [MW]		Batterij [MWh]	
	min	*max*	*min*	*max*	*min*	*max*
Lauwersoog	1,8	1,8	1	1,2	1,6	4
Schiermonnikoog	0	0	0	0	0	0

In het geval van enkel een netaansluiting is er 1800 kW nodig in Lauwersoog. Via het toepassen van een batterijbuffer kan dit verlaagd worden naar een aansluiting van 1000 kW en batterijbuffer van 4000 kWh of een aansluiting van 1200 kW en een batterijbuffer van 1600 kWh.

Deze vermogens en capaciteiten zijn uitgerekend om een inzicht te verkrijgen in de benodigde aansluitingen. De berekende cijfers bevatten nog onzekerheden en zullen gedetailleerd uitgewerkt moeten worden voor het definitief aanleggen van elektrische infrastructuur.

12.6 Holwerd - Nes

De veerdienst van Holwerd naar Nes is geanalyseerd op 4 verschillende vervoersconcepten. Deze concepten zijn beschreven in Tabel 34.

Tabel 34 Wijzigingen voor alternatieve vervoersconcepten Schiermonnikoog

	Type wijzigingen	**Effect op kosten**
Huidig	Geen wijzigingen	Geen
Alternatief 1	1. Passagiersaantal op de autoveer verlaagd naar 900 2. 5 – kwartiers dienstregeling wordt geïmplementeerd	1. Lagere investering 2. Verhoogde bemannigskosten
Alternatief 2	1. Passagiersaantal op de autoveer verlaagd naar 900 2. 5 – kwartiers dienstregeling wordt geïmplementeerd 3. Voor batterij-elektrisch varen wordt er alleen opgeladen in Holwerd	1. Lagere investering door minder passagiers op de schepen 2. Verhoogde investering voor schepen door extra batterijen aan boord 3. Verhoogde bemanningskosten 4. Verlaagde investeringskosten voor walinfrastructuur 5. Lagere maatschappelijke kosten door het mogelijk niet aanleggen van extra wadkabel
Alternatief 3	1. 5 - kwartiers dienstregeling voor de autoveer 2. Kleinere en ondiepere autoveer 3. Grotere sneldienst voor merendeel van passagiersvervoer in de zomer 4. Het vervoer van zware lading wordt overgenomen door een separate vrachtboot 5. Lichte vracht blijft nog steeds vervoerd worden met de autoveer om een te voorzien	1. Verhoogde investeringskosten door meer schepen in de vloot 2. Gelijke bemanning door significante afname van bemanning op de grote schepen 3. Lager energieverbruik door meer flexibiliteit in de vloot

	in bevrachting van restaurants, supermarkten, hotels etc. binnen een constante dienstregeling	

Om de wijzigingen aangegeven in Tabel 34 te analyseren is de vloot weergegeven in Tabel 35.

Tabel 35 Schepen in dienstregeling voor alternatieve vervoersconcepten Ameland

	Aantal	**Aantal**	**Afmetingen**	**Max. Diepgang**	**Capaciteit**
Huidig	2	Autoveer	73.2 x 15,9 meter	1.7 meter	1200 [PAE] / 72 [PAX]
	1	Snelveer	21.8 x 7 meter	1.15 meter	48 [PAX]
Alternatief 1	2	Autoveer	73.2 x 15,9 meter	1.7 meter	900 [PAE] / 72 [PAX]
	1	Snelveer	21.8 x 7 meter	1.15 meter	48 [PAX]
Alternatief 2	2	Autoveer	73.2 x 15,9 meter	1.7 meter	900 [PAE] / 72 [PAX]
	1	Snelveer	21.8 x 7 meter	1.15 meter	48 [PAX]
Alternatief 3	2	Autoveer	58 x 14 meter	1.5 meter	48 [PAE] / 600 [PAX]
	1	Snelveer	32 x 9 meter	1.2 meter	200 [PAX]
	1	Vrachtboot	58 x 14 meter	1.7 meter	48 [PAX] / 12 [PAX]

Alternatief 3 in Tabel 35 heeft een lichte diepgangsvermindering door het niet vervoeren van zware lading. De diepgangsvermindering is ~5% van de diepte van de vaargeul.

De spreiding van de vervoersvraag is ingeschat op basis van de piekbelasting beschreven in het vooronderzoek en verdeeld over verschillende maanden. De impact van de wijzigingen op de maandelijkse vervoerscapaciteit is weergegeven in Figuur 17 en Figuur 18.
Doordat het een inschatting is kan het zijn dat het verschil tussen die pieken en dalen in de passagiersvervoersvraag minder groot zijn dan weergegeven. Dit zou geen wijzigingen veroorzaken in de verschillende alternatieve vervoersconcepten. In dat geval zouden er alleen ook nog andere niet onderzochte vervoersconcepten mogelijk kunnen zijn.

Figuur 17 Vervoerscapaciteit personen voor alternatieve vervoersconcepten Ameland (alternatieven beschrijven het aanbod)

Figuur 18 Vervoerscapaciteit auto's + vracht voor alternatieve vervoersconcepten Ameland (alternatieven beschrijven het aanbod)

Voor de verschillende vervoersconcepten zijn de relatieve wijzigingen in investerings-, bemannings-, financierings-, onderhouds- en energiekosten bepaald tezamen met de effecten op het energieverbruik en de daarbij horende uitstoot per mogelijke energiedrager. De resultaten van de IRR- en emissie-berekeningen voor de verschillende alternatieven zijn weergegeven in Tabel 36. De percentages in de tabel geven de benodigde ticketprijsstijging in percentages om tot een IRR=5% in de overkoepelende concessie te komen. De impact op de betrouwbaarheid en beschikbaar voor de verschillende energiedragers is niet los beschreven, maar kan gevonden worden in 6.9.

Tabel 36 Relatieve ticketprijstoename, uitstoot en effecten op betrouwbaarheid en beschikbaarheid voor alternatieve vervoersconcepten Ameland (FC = Fuel Cell, ICE = Internal Combustion Engine) om tot een IRR=5% te komen

		Energiedrager	**Elektrisch**	**Elektrisch_exinfra**	**Waterstof**	**Waterstof**	**Bio-Methanol**	**Bio-Methanol**	**e-Methanol**	**e-Methanol_**	**Diesel**	**Diesel + bebetaling**	**Bio-Diesel**	**Bio-LNG**	**LNG**
		Energie conversie	-	-	FC	ICE	FC	ICE	FC	ICE	ICE	ICE	ICE	ICE	ICE
Ameland	**Huidig**	Relatieve prijsstijging [%]	15	8	64	42	58	38	>100	>100	-15	-1	-4	44	3
		CO2eq [t] / jaar uitstoot	0	0	0	0	627	722	52	60	2167	2167	748	559	1814
		CO2eq [t] / jaar bespaard per % ticketprijsstijging	-72	-94	-27	-38	-21	-27	-	-	-	-	-129	-27	-20
		Betrouwbaarheid en beschikbaarheid	Geen wijzigingen												
	Alt. 1	Relatieve prijsstijging [%]	11	6	66	44	59	40	>100	>100	-13	1	-3	45	4
		CO2eq [t] / jaar uitstoot	0	0	0	0	627	722	52	60	2167	2167	748	559	1814
		CO2eq [t] / jaar bespaard per % ticketprijsstijging	-90	-114	-27	-38	-21	-27	-	-	-	-	-142	-28	-21
		Betrouwbaarheid en beschikbaarheid	De betrouwbaarheid neemt toe door het varen met een 5-kwartiers dienstregeling.												
	Alt. 2	Relatieve prijsstijging [%]	14	10	66	44	59	40	>100	>100	-13	1	-3	45	4
		CO2eq [t] / jaar uitstoot	0	0	0	0	627	722	52	60	2167	2167	748	559	1814
		CO2eq [t] / jaar bespaard per % ticketprijsstijging	-80	-94	-27	-38	-21	-27	-	-	-	-	-142	-28	-21
		Betrouwbaarheid en beschikbaarheid	De betrouwbaarheid en beschikbaarheid nemen toe door het varen met een 5-kwartiers dienstregeling en door het laden op enkel de vaste wal (makkelijkere infrastructuuraanleg)												
	Alt.3	Relatieve prijsstijging [%]	2	-1	55	37	49	33	>100	95	-19	-5	-9	39	-2
		CO2eq [t] / jaar uitstoot	0	0	0	0	627	722	52	60	2167	2167	748	559	1814
		CO2eq [t] / jaar bespaard per % ticketprijsstijging	-103	-120	-29	-39	-23	-28	-	-18	-	-	-142	-28	-21

		Betrouwbaarheid en beschikbaarheid	De betrouwbaarheid neemt bij dit alternatief waarschijnlijk af door de additionele passeerbewegingen in de smalle vaargeul. Door het verkleinen van de autoveer, het vergroten van de snelveer en het toevoegen van een vrachtboot komt er echter ook extra flexibiliteit in de dienstregeling. Dit komt ten goede aan de hoeveelheid afvaarten in de zomerperiodes.

12.6.1 Financieel

In elk alternatief komt dat elektrisch varen financieel het voordeligste nul-emissie alternatief is ten opzichte van het varen op Diesel. Bio-diesel is echter de goedkoopste op om te emissies te reduceren. Waterstof en bio-methanol zijn relatief vergelijkbaar, waarbij het varen op e-methanol verreweg het duurste is.

Door de analyse van de verschillende alternatieven komt naar voren dat de investeringen in de nieuwe vloot (verschil huidige en alternatief 3) de grootste bijdrage leveren aan de eventuele winstgevendheid van de operatie. Door het varen met een 5-kwartiers dienstregeling (alternatief 1) wordt de laadtijd van schepen bij het batterij-elektrische alternatief verlengd en daarmee de investeringen verlaagd. Dit heeft een positief effect op de winstgevendheid.

12.6.2 Uitstoot

In elk alternatief komt uit de analyse dat elektrisch varen, tezamen met groene waterstof, de best presterende opties zijn met betrekking tot de uitstoot op de route. Batterij-elektrisch varen blijkt daarnaast, tezamen met het varen op Bio-Diesel, de goedkoopste manier om uitstoot te verminderen.

12.6.3 Beschikbaarheid en betrouwbaarheid

Alternatief 3 geeft de grootste mogelijkheid tot financiële verbetering binnen de vervoersconcepten maar gaat mogelijk ten koste van de betrouwbaarheid door het toevoegen van extra schepen. Deze schepen varen op dezelfde vaarweg, die al leidt tot problematiek. Dit alternatief wordt afgeraden binnen het VBA 2030 onderzoek en lijkt daardoor niet voor de hand liggend. Alternatief 1 geeft een verbetering van enkel de betrouwbaarheid en geeft daarnaast een lichte financiële verbetering. Alternatief 2 heeft naast een verbetering van de betrouwbaarheid ook een verbetering van de beschikbaarheid. De financiën zijn daarnaast zo goed als gelijk aan het huidige vervoersconcept en lijkt daarmee het best presterende alternatief.

12.6.4 Elektrische infrastructuur

Voor het batterij-elektrisch varen is er elektrische infrastructuur nodig. Deze elektrische infrastructuur vergt een investering en operationele kosten. De investering en operationele kosten (netaansluiting + onderhoud) zijn meegenomen in de financiële analyse in Tabel 36. Er zijn hierbij zes opties onderzocht:

1. Minimale netaansluiting met groot batterijbuffer beiden op het eiland en op het vasteland
2. Geminimaliseerd batterijbuffer met gereduceerde netaansluiting beiden op het eiland en op het vasteland
3. Enkel een netaansluiting beiden op het eiland en op het vasteland + 5 kwartiers dienstregeling
4. Minimale netaansluiting met groot batterijbuffer op het vasteland
5. Geminimaliseerd batterijbuffer met gereduceerde netaansluiting op het vasteland

6. Enkel een netaansluiting op het vasteland + 5 kwartiers dienstregeling

De uitkomst van de verschillende opties is weergegeven in Tabel 37.

Tabel 37 Minimaal en maximaal benodigde laadinfrastructuur Ameland

	Zonder batterijbuffer		Met batterijbuffer			
	Netaansluiting [MW]		Netaansluiting [MW]		Batterij [MWh]	
	min	*Max*	*min*	*max*	*min*	*max*
Holwerd	3.55	7.1	1.8	3.5	1.8	4.0
Nes	3.55	7.1	0	2.1	0	2.5

In het geval van enkel een netaansluiting is er tussen de 3550 kW (5-kwartiers dienstregeling) en 7100 kW nodig. Via het toepassen van een batterijbuffer kan dit verlaagd worden naar een aansluiting van 1800 kW en batterijbuffer van 1800 kWh voor de 5 kwartiers dienstregeling. Voor enkel opladen in Nes is een aansluiting nodig van 3500 kW en een batterij van 4000 kWh.

Deze vermogens en capaciteiten zijn uitgerekend om een inzicht te verkrijgen in de benodigde aansluitingen. De berekende cijfers bevatten nog onzekerheden en zullen gedetailleerd uitgewerkt moeten worden voor het definitief aanleggen van elektrische infrastructuur.

12.7 Ferwert - Nes

De impact op de ticketprijs en de uitstoot bij verschillende vervoersopties is niet individueel onderzocht voor de mogelijke route van Ferwert naar Nes. Uit de beschrijvingen van de verschillende vervoersconcepten in het vooronderzoek bleek dat er met een gelijke vloot gevaren kan worden, waarnaast de eventuele vergrootte diepgang een positief effect heeft op de weerstand en dus het benodigde vermogen van de schepen. Hiermee kan een verlaagd energieverbruik gerealiseerd worden waarmee de operationele kosten dalen. Het is dus te verwachten dat route vanuit Ferwert vergelijkbare of positievere cijfers zal laten zien dan de route vanuit Holwerd. Om een meer gedetailleerd inzicht te krijgen zal eerst een onderzoek gedaan moeten worden naar de precieze effecten van het wijzigen van de vaargeul op het energieverbruik van de schepen.

Met betrekking tot een eventuele netaansluiting zal er op in Ferwert net als in Holwerd additionele infrastructuur aangelegd moeten worden, samen met de uitbreiding van het onderstation in Dokkum.

12.8 Concessie Waddenveren - Oost

De relatieve ticketprijstoenames en uitstoot voor de alternatieve vervoersconcepten van de concessie Waddenveren-Oost, individueel uitwerkt in paragraaf 12.5 en 12.6, zijn gecombineerd in Tabel 38, Tabel 39 en Tabel 40. De combinatie is aangeven in de linker kolom. Hierin zijn de volgende notaties meegenomen:

- A = Ameland
- S = Schiermonnikoog
- 0 = Huidig concept
- 1-3 = Alternatief concept

Tabel 38 Relatieve ticketprijstoename voor alternatieve vervoersconcepten van de concessie Waddenveren-Oost (FC = Fuel Cell, ICE = Internal Combustion Engine) om tot een IRR=5% te komen

Vervoerconcept combinatie	Energiedrager	Elektrisch	Elektrisch_exinfra	Waterstof	Waterstof	Bio-Methanol	Bio-Methanol	e-Methanol	e-Methanol	Diesel	Diesel + belastingen	Bio-Diesel	Bio-LNG	LNG
	Conversie	-	-	FC	ICE	FC	ICE	FC	ICE	ICE	ICE	ICE	ICE	ICE
A0-S0	**Relatieve prijsstijging [%]**	29	23	74	56	69	52	>100	>100	0	14	10	56	19
A0-S1		36	29	80	60	74	56	>100	>100	5	18	15	59	23
A0-S2		27	21	71	54	66	50	>100	>100	-2	11	8	54	16
A0-S3		13	10	57	42	52	39	>100	96	-12	2	-2	43	6
A1-S0		26	22	75	57	70	53	>100	>100	1	15	11	57	20
A1-S1		33	28	81	61	75	57	>100	>100	6	19	16	60	24
A1-S2		24	20	72	55	67	51	>100	>100	-1	12	9	55	17
A1-S3		10	9	58	43	53	40	>100	97	-11	3	-1	44	6
A2-S0		29	25	75	57	70	53	>100	>100	1	15	11	57	20
A2-S1		36	31	81	61	75	57	>100	>100	6	19	16	60	24
A2-S2		18	14	65	49	60	46	>100	>100	-5	8	5	50	12
A2-S3		13	12	58	43	53	40	>100	97	-11	3	-1	44	6
A3-S0		20	17	67	52	63	49	>100	>100	-3	11	7	53	15
A3-S1		27	22	74	56	68	52	>100	>100	2	15	12	56	20
A3-S2		18	14	65	49	60	46	>100	>100	-5	8	5	50	12
A3-S3		4	4	51	38	46	35	>100	93	-15	-1	-5	40	2

Tabel 39 Uitstoot voor alternatieve vervoersconcepten van de concessie Waddenveren-Oost (FC = Fuel Cell, ICE = Internal Combustion Engine)

Vervoerconcept combinatie	Energiedrager	Elektrisch	Elektrisch_exinfra	Waterstof	Waterstof	Bio-Methanol	Bio-Methanol	e-Methanol	e-Methanol	Diesel	Diesel + belastingen	Bio-Diesel	Bio-LNG	LNG
	Conversie	-	-	FC	ICE	FC	ICE	FC	ICE	ICE	ICE	ICE	ICE	ICE
A0-S0	**CO2eq [t] / jaar uitstoot**	0	0	0	0	789	908	66	76	2725	2725	941	703	2282
A0-S1		0	0	0	0	755	869	63	72	2608	2608	900	673	2183
A0-S2		0	0	0	0	789	908	66	76	2725	2725	941	703	2282
A0-S3		0	0	0	0	789	908	66	76	2725	2725	941	703	2282
A1-S0		0	0	0	0	789	908	66	76	2725	2725	941	703	2282
A1-S1		0	0	0	0	755	869	63	72	2608	2608	900	673	2183
A1-S2		0	0	0	0	789	908	66	76	2725	2725	941	703	2282
A1-S3		0	0	0	0	789	908	66	76	2725	2725	941	703	2282
A2-S0		0	0	0	0	789	908	66	76	2725	2725	941	703	2282
A2-S1		0	0	0	0	755	869	63	72	2608	2608	900	673	2183

A2-S2		0	0	0	0	789	908	66	76	2725	2725	941	703	2282
A2-S3		0	0	0	0	789	908	66	76	2725	2725	941	703	2282
A3-S0		0	0	0	0	789	908	66	76	2725	2725	941	703	2282
A3-S1		0	0	0	0	755	869	63	72	2608	2608	900	673	2183
A3-S2		0	0	0	0	789	908	66	76	2725	2725	941	703	2282
A3-S3		0	0	0	0	789	908	66	76	2725	2725	941	703	2282

Tabel 40 CO2eq [t] / jaar bespaard per % ticketprijsstijging voor alternatieve vervoersconcepten van de concessie Waddenveren-Oost (FC = Fuel Cell, ICE = Internal Combustion Engine)

Vervoerconcept	**Energiedrager**	**Elektrisch**	**Elektrisch_exinfra**	**Waterstof**	**Waterstof**	**Bio-Methanol**	**Bio-Methanol**	**e-Methanol**	**e-Methanol**	**Diesel**	**Diesel + belastingen**	**Bio-Diesel**	**Bio-LNG**	**LNG**
	Conversie	-	-	FC	ICE	FC	ICE	FC	ICE	ICE	ICE	ICE	ICE	ICE
A0-S0	**CO2eq [t] / jaar uitstoot**	-94	-118	-37	-49	-28	-35	-	-	-	0	-178	-36	-23
A0-S1		-84	-109	-35	-47	-27	-34	-	-	-	0	-171	-36	-24
A0-S2		-94	-118	-37	-49	-28	-35	-	-	-	0	-178	-36	-25
A0-S3		-109	-124	-39	-50	-30	-36	-	-25	-	0	-178	-37	-25
A1-S0		-109	-130	-37	-49	-28	-35	-	-	-	0	-178	-36	-23
A1-S1		-97	-119	-35	-47	-27	-34	-	-	-	0	-171	-36	-24
A1-S2		-109	-130	-37	-49	-28	-35	-	-	-	0	-178	-36	-25
A1-S3		-130	-136	-39	-50	-30	-36	-	-25	-	0	-178	-37	-26
A2-S0		-97	-114	-37	-49	-28	-35	-	-	-	0	-178	-36	-23
A2-S1		-87	-104	-35	-47	-27	-34	-	-	-	0	-171	-36	-24
A2-S2		-118	-143	-39	-50	-30	-36	-	-	-	0	-178	-37	-26
A2-S3		-114	-118	-39	-50	-30	-36	-	-25	-	0	-178	-37	-26
A3-S0		-118	-136	-39	-50	-29	-35	-	-	-	0	-178	-36	-25
A3-S1		-104	-130	-36	-48	-28	-35	-	-	-	0	-171	-36	-24
A3-S2		-118	-143	-39	-50	-30	-36	-	-	-	0	-178	-37	-26
A3-S3		-143	-143	-41	-51	-32	-36	-	-25	-	0	-178	-37	-26

12.8.1 Financieel

In elk alternatief komt dat elektrisch varen financieel het voordeligste nul-emissie alternatief ten opzichte van het varen op Diesel. Bio-diesel is daarbij de goedkoopste optie om emissies te reduceren. Waterstof en bio-methanol zijn relatief vergelijkbaar, waarbij het varen op e-methanol verreweg het duurste is.

Door de analyse van de verschillende analyse komt naar voren dat de investeringen in de nieuwe vloot (verschil huidige en alternatief 3) de grootste bijdrage leveren aan de eventuele winstgevendheid van de operatie. Door het varen met een 5-kwartiers dienstregeling (alternatief

1) wordt de laadtijd van schepen bij het batterij-elektrische alternatief verlengt en daarmee de investeringen verlaagd. Dit heeft een positief effect op de winstgevendheid.

12.8.2 Uitstoot

De resultaten uit de analyse voor de gecombineerde vervoersconcepten geven een vergelijkbaar beeld met de individuele. In elk alternatief komt uit de analyse dat elektrisch varen, tezamen met groene waterstof, de best presterende opties zijn met betrekking tot de uitstoot op de route. Batterij-elektrisch varen blijkt daarnaast, tezamen met het varen op Bio-Diesel, de goedkoopste manier om uitstoot te verminderen.

12.8.3 Beschikbaarheid en betrouwbaarheid

Met betrekking tot de betrouwbaarheid en beschikbaarheid van de gecombineerde vervoersconcepten kan terug gerefereerd worden naar de individueel besproken alternatieven.

12.8.4 Mogelijkheden tot verbetering

Er zijn verschillende mogelijkheden voor een concessieverlener om de relatieve prijsstijging (die in elk alternatief t.o.v. het huidige concept te zien is) te verminderen. Een aantal die een direct effect hebben zijn:

1. Langst mogelijke looptijd concessie
   Binnen de maritieme industrie wordt veelal gewerkt met lineaire financieringen. Het verdienvermogen van een rederij neemt in de latere jaren binnen een concessie toe. Bij een langere looptijd van de concessie gaat de IRR omhoog. Binnen de financiële analyses is al gebruik gemaakt van een 15 jaar durende concessie (het maximum als eerder beschreven). Deze optie is om die reden niet verder uitgewerkt in Tabel 41.
2. Subsidiëren van verhoogde investeringen voor groene alternatieven
   De verhoogde investeringen hebben een grote impact op de IRR zoals gezien kan worden bij bijvoorbeeld alternatief 3 van Schiermonnikoog. Het verlagen van de initiële investering door subsidies heeft een positief effect op de IRR.
3. Garanties voor financiering om de rente te verlagen
   De huidige meegenomen financieringsrente is Euribor +3.5%. Deze zou verlaagd kunnen worden door garanties vanuit de overheid of bijvoorbeeld InvestEU te geven. De verwachting is dat hier een reductie van 1-1.5% in rente mee behaald kan worden.
4. Risico’s verminderen
   Er zijn een aantal financiële risico’s voor operators binnen de concessie. Een aantal voorbeelden hiervan zijn: 1. Inflatie in het algemeen en die van brandstof vormen een groot risico voor de reders. Een individuele ticketprijs stijging bij ofwel algemene inflatie ofwel een inflatie op de gebruikte energiedrager zal tot een verlaging van het risicoprofiel voor de reders zorgen. 2. De overnameprijs van de vloot ten einde van de concessie is momenteel onzeker door de taxatie. Wanneer hier een vast percentage voor wordt aangehouden zal het risicoprofiel verminderen.

   Om een inzicht te geven in de effecten van bovenstaande mogelijkheden zijn optie 1-3 uitgewerkt in Tabel 41. Optie 4 is niet meegenomen omdat de huidige risicobudgetten van rederijen onbekend zijn en hier dus geen goed inzicht in gegeven kan worden.

Tabel 41 Mogelijkheden om tot een lagere relatieve prijsstijging te komen voor vervoersconcept A0-S0

Vervoerconcept A0-S0	Energiedrager	Elektrisch	Elektrisch_exinfra	Waterstof	Waterstof	Bio-Methanol	Bio-Methanol	e-Methanol	e-Methanol	Diesel	Diesel + belastingen	Bio-Diesel	Bio-LNG	LNG
	Conversie	-	-	FC	ICE	FC	ICE	FC	ICE	ICE	ICE	ICE	ICE	ICE
Huidig	**Relatieve prijsstijging [%]**	29	23	74	56	69	52	>100	>100	0	14	10	56	19
Rente = 6% door garanties		25	19	69	52	64	48	>100	>100	-3	10	7	52	15
50% subsidie op hogere investering		17	13	61	50	58	47	>100	>100	0	14	10	56	19

12.9 Terschelling

De veerdienst van Harlingen naar Terschelling is geanalyseerd op 5 verschillende vervoersconcepten. Deze concepten zijn beschreven in Tabel 42.

De vervoersaantallen op piekmomenten voor Terschelling zijn onbekend en kunnen lastig worden ingeschat doordat er veel vraag gestuurd gevaren worden. De vloot van veren voor Terschelling is daarnaast al relatief flexibel door de verschillende scheepstypen en maakt gebruik van het scheiden van vracht en passagiers. Er zijn daarom geen wijzigingen in de vloot gemaakt voor het onderzoeken van verschillende vervoersconcepten. Er zijn enkel wijzigingen aangebracht om ofwel het energieverbruik te verminderen ofwel de benodigde walinfrastructuur voor batterij-elektrisch varen te optimaliseren.

Tabel 42 Wijzigingen voor alternatieve vervoersconcepten Terschelling

	Type wijzigingen	**Effect op kosten**
Huidig	Geen wijzigingen	Geen
Alternatief 1	1. 5 min langzamer varen van de sneldienst	1. Lagere investeringen nodig in de schepen door een verlaagde energievraag. 2. Voor batterij-elektrisch varen is er kleinere walinfrastructuur benodigd.
Alternatief 2	1. 5 min langzamer varen van de sneldienst	1. Lagere investering vanuit een lagere energievraag

	2. De schepen voor de sneldienst worden gebouwd uit Carbon Fiber	2. hogere investering vanuit carbon fiber bouwmateriaal voor de schepen 3. Voor batterij-elektrisch varen is er kleinere walinfrastructuur benodigd
Alternatief 3	1. 5 min langzamer varen van de sneldienst 2. De schepen voor de sneldienst worden gebouwd uit Carbon Fiber 3. De dienstregeling wordt verder verspreid door minder gelijktijdige aankomsten op piekdagen	1. Lagere investering vanuit een lagere energievraag 2. hogere investering vanuit carbon fiber bouwmateriaal voor de schepen 3. Naast de eerdergenoemde voordelen is er voor batterij-elektrisch varen meer tijd voor de batterijbuffer aan de wal om op te laden en zijn er lagere investeringen voor de walinfrastructuur nodig
Alternatief 4	1. 5 min langzamer varen van de sneldienst 2. De schepen voor de sneldienst worden gebouwd uit Carbon Fiber 3. De dienstregeling wordt verder verspreid door minder gelijktijdige aankomsten op piekdagen 4. De snelveer ligt altijd 30 min stil in de haven	1. Lagere investering vanuit een lagere energievraag 2. hogere investering vanuit carbon fiber bouwmateriaal voor de schepen 3. Voor batterij-elektrisch varen is er meer tijd voor de batterijbuffer aan de wal om op te laden en zijn er lagere investeringen voor de walinfrastructuur nodig

De veerdienst naar Terschelling is complexer om weer te geven dan de andere veerdiensten. Er wordt op de huidige route al gevaren met een brandstof mix, waardoor het overstappen naar een enkele alternatieve energiedrager. Om deze reden zijn extra opties als energiedragers toegevoegd in de overzichten. Deze zijn:

1. Diesel – LNG
2. Batterij Elektrisch – Bio-LNG
3. Batterij Elektrisch – Bio-LNG – exclusief infrastructuur

In deze concepten is meegenomen dat de MS Willem de Vlamingh en de MS Willem Barentz op LNG ofwel Bio-LNG varen. Alle andere schepen varen op Diesel ofwel Batterij-Elektrisch.

De kosten voor elektrische infrastructuur, indien benodigd, zijn verdeeld over de verschillende type diensten. De kosten voor de elektrische infrastructuur in Harlingen, die gebruikt kan worden voor beiden de dienst naar Vlieland en Terschelling, zijn voor 70% zijn toegeschreven aan de veerdienst naar Terschelling.

Voor de verschillende vervoersconcepten zijn de relatieve wijzigingen in investerings-, bemannings-, financierings-, onderhouds- en energiekosten bepaald tezamen met de effecten op het energieverbruik en de daarbij horende uitstoot per mogelijke energiedrager. De resultaten van

de IRR- en emissie-berekeningen voor de verschillende alternatieven zijn weergegeven in Tabel 43. De percentages in de tabel geven de benodigde ticketprijsstijging in percentages om tot een IRR=5% in de overkoepelende concessie te komen. De impact op de betrouwbaarheid en beschikbaar voor de verschillende energiedragers is niet los beschreven, maar kan gevonden worden in 6.9.

Tabel 43 Relatieve ticketprijstoename, uitstoot en effecten op betrouwbaarheid en beschikbaarheid voor alternatieve vervoersconcepten Terschelling (FC = Fuel Cell, ICE = Internal Combustion Engine) om tot een IRR=5% te komen

		Energiedrager	**Elektrisch**	**Elektrisch-exBatterij**	**Waterstof**	**Waterstof**	**Bio-Methanol**	**Bio-Methanol**	**e-Methanol**	**e-Methanol**	**Diesel**	**Diesel + belastingen**	**Bio-Diesel**	**Bio-LNG**	**LNG**	**Diesel-LNG**	**Elec+Bio-LNG**	**Elec+Bio-LNG-exBatterij**
		Energie conversie	-	-	FC	ICE	FC	ICE	FC	ICE	ICE	ICE	ICE	ICE	ICE	ICE	ICE	ICE
Terschelling	**Huidig**	Relatieve prijsstijging [%]	28	23	59	33	53	29	94	74	-13	-3	-5	30	1	-10	19	15
		CO2eq [t] / jaar uitstoot	0	0	0	0	746	859	62	72	2578	2578	890	665	2159	2486	166	166
		CO2eq [t] / jaar bespaard per % ticketprijsstijging	-62,9	-71,6	-35,8	-56	-27,8	-40,9	-23,5	-28,8	-	-	-211	-44,5	-29,9	-30,7	-75,4	-86,1
		Betrouwbaarheid en beschikbaarheid	Geen wijzigingen															
	Alt. 1	Relatieve prijsstijging [%]	25	20	59	33	53	29	94	74	-13	-3	-5	30	1	-10	16	13
		CO2eq [t] / jaar uitstoot	0	0	0	0	746	859	62	72	2578	2578	890	665	2159	2486	166	166
		CO2eq [t] / jaar bespaard per % ticketprijsstijging	-67,8	-78,1	-35,8	-56	-27,8	-40,9	-23,5	-28,8	-	-	-211	-44,5	-29,9	-30,7	-83,2	-92,8
		Betrouwbaarheid en beschikbaarheid	Door 5 minuten langzamer te varen is geen impact verwacht op de betrouwbaarheid of beschikbaarheid van de veerdienst.															
	Alt. 2	Relatieve prijsstijging [%]	24	20	58	32	52	28	91	70	-13	-3	-5	28	0	-10	15	13
		CO2eq [t] / jaar uitstoot	0	0	0	0	711	819	59	68	2457	2457	848	634	2057	2370	159	159
		CO2eq [t] / jaar bespaard per % ticketprijsstijging	-66,4	-74,5	-34,6	-54,6	-26,9	-40	-23,1	-28,8	-	-	-201	-44,5	-30,8	-29	-82,1	-88,4
		Betrouwbaarheid en beschikbaarheid	Door de snelveer in Carbon Fibre te bouwen is geen impact verwacht op de betrouwbaarheid en beschikbaarheid.															

	Alt.3	Relatieve prijsstijging [%]	24	20	56	30	50	26	88	66	-13	-4	-6	26	0	-10	15	13
		CO2eq [t] / jaar uitstoot	0	0	0	0	680	783	57	65	2348	2348	811	606	1966	2265	152	152
		CO2eq [t] / jaar bespaard per % ticketprijsstijging	-63,5	-71,2	-34	-54,6	-26,5	-40,1	-22,7	-28,9	-	-	-220	-44,7	-29,4	-27,7	-78,4	-84,5
		Betrouwbaarheid en beschikbaarheid	Het spreiden van de dienstregeling heeft geen effect op de betrouwbaarheid. Het spreiden heeft als effect dat er minder grote piekbelastingen op het elektriciteitsnet zijn bij batterij elektrisch varen, dit betekent echter dat er minder flexibiliteit in het ontwikkelen van de dienstregeling zit.															
	Alt.4	Relatieve prijsstijging [%]	21	17	56	30	50	26	88	66	-13	-4	-6	26	0	-10	13	10
		CO2eq [t] / jaar uitstoot	0	0	0	0	680	783	57	65	2348	2348	811	606	1966	2265	152	152
		CO2eq [t] / jaar bespaard per % ticketprijsstijging	-69,1	-78,3	-34	-54,6	-26,5	-40,1	-22,7	-28,9	-	-	-220	-44,7	-29,4	-27,7	-84,5	-95,5
		Betrouwbaarheid en beschikbaarheid	Alternatief 4 heeft een kleine negatieve impact op de beschikbaarheid van de snel veerdienst. Het stellen van een minimumtijd van 30 min voor de veerdienst in beide havens heeft als effect dat er minder flexibiliteit in het samenstellen van de dienstregeling zit.															

12.9.1 Financieel

In elk alternatief komt dat de combinatie tussen varen op Bio-LNG en Batterij-Elektrisch varen financieel het voordeligste groene alternatief is ten opzichte van het varen op Diesel. Volgende opties als volledig elektrisch varen, bio-methanol, bio-lng, waterstof zitten allemaal relatief dicht bij elkaar en zouden daarmee (door de onzekerheid in de berekeningen) als 2^{e} optie kunnen gelden. Varen op e-methanol is verreweg het duurste is.

Door de analyse van de verschillende analyse komt naar voren dat alle mogelijke alternatieve vervoersconcepten leiden tot een financiële verbetering bij batterij-elektrisch varen. De verbeteropties zijn daarmee:

1. Snelheidsreductie sneldienst
2. Gewichtsbesparing voor de schepen van de sneldienst
3. Spreiden van de dienstregeling.
4. Langer stilliggen van de sneldienst in de havens

12.9.2 Uitstoot

In elk alternatief komt uit de analyse dat elektrisch varen, tezamen met groene waterstof, de best presterende opties zijn met betrekking tot de uitstoot op de route. De combinatie Bio-LNG + Batterij-Elektrisch komt daar dicht in de buurt. De combinatie Bio-LNG + Batterij-Elektrisch is daarnaast veruit de goedkoopste manier om uitstoot te verminderen, naast het varen op Bio-diesel.

12.9.3 Beschikbaarheid en betrouwbaarheid

De alternatieven die zijn uitgewerkt hebben allemaal een geringe invloed op de beschikbaarheid en betrouwbaarheid ten opzichte van het huidige vervoersconcept. Er is enkel een verlies in het flexibel samenstellen van de dienstregeling bij alternatief 3 en 4.

12.9.4 Elektrische infrastructuur

Voor het batterij-elektrisch varen is er elektrische infrastructuur nodig. Deze elektrische infrastructuur vergt een investering en operationele kosten. De investering en operationele kosten (netaansluiting + onderhoud) zijn meegenomen in de financiële analyse in. De meegenomen benodigde infrastructuur voor de 2 batterij-elektrische opties is beschreven in Tabel 44 en Tabel 45. De benodigde infrastructuur voor Harlingen is gecombineerd weergegeven samen met het volledig batterij-elektrisch varen van de diensten naar Vlieland.

Tabel 44 Minimaal en maximaal benodigde laadinfrastructuur Terschelling – Bio-LNG + Batterij-Elektrisch

	Zonder batterijbuffer		**Met batterijbuffer**			
	Netaansluiting [MW]		Netaansluiting [MW]		Batterij [MWh]	
	min	*max*	*min*	*max*	*min*	*max*
Terschelling	6.6	16	2.2	5.0	5.0	8.0
Harlingen	15.2	23.8	9.2	13.7	2.0	12.0

Tabel 45 Minimaal en maximaal benodigde laadinfrastructuur Terschelling – Batterij-Elektrisch

	Zonder batterijbuffer		**Met batterijbuffer**			
	Netaansluiting [MW]		Netaansluiting [MW]		Batterij [MWh]	
	min	*max*	*min*	*max*	*min*	*max*
Terschelling	12.8	16.0	4.3	5.9	6.0	6.0
Harlingen	15.2	23.8	9.5	13.7	2.5	12.0

De grootste verschillen tussen de opties voor volledig Batterij-Elektrisch of Bio-LNG + Batterij-Elektrisch varen zitten in de netaansluiting wanneer er geen batterijbuffer wordt geplaatst. Het benodigd piekvermogen neemt daardoor af in Terschelling aangezien er niet gelijktijdig geladen hoeft te worden. Wanneer er een batterijbuffer wordt geplaatst zijn is nog maar een relatief kleine vergroting van de infrastructuur benodigd om Batterij-Elektrische voorstuwing mogelijk te maken.

12.10 Vlieland

De veerdienst van Harlingen naar Vlieland is geanalyseerd op 5 verschillende vervoersconcepten. Deze concepten zijn beschreven in Tabel 46.

De vervoersaantallen op piekmomenten voor Vlieland zijn onbekend en kunnen lastig worden ingeschat. Daarnaast is er veel flexibiliteit in de vloot doordat de dienst samen met de veerdienst naar Terschelling wordt uitgevoerd. Er zijn daarom geen wijzigingen in de vloot gemaakt voor het onderzoeken van verschillende vervoersconcepten. Er zijn enkel wijzigingen aangebracht om ofwel het energieverbruik te verminderen ofwel de benodigde walinfrastructuur voor batterij-elektrisch varen te optimaliseren.

Tabel 46 Wijzigingen voor alternatieve vervoersconcepten Terschelling

	Type wijzigingen	**Effect op kosten**
Huidig	Geen wijzigingen	Geen

Alternatief 1	1. 5 min langzamer varen van de sneldienst	1. Lagere investeringen nodig in de schepen door een verlaagde energievraag 2. Voor batterij-elektrisch varen is er kleinere walinfrastructuur benodigd
Alternatief 2	1. 5 min langzamer varen van de sneldienst 2. De schepen voor de sneldienst worden gebouwd uit Carbon Fiber	1. Lagere investering vanuit een lagere energievraag 2. hogere investering vanuit carbon fiber bouwmateriaal voor de schepen 3. Voor batterij-elektrisch varen is er kleinere walinfrastructuur benodigd
Alternatief 3	1. 5 min langzamer varen van de sneldienst 2. De schepen voor de sneldienst worden gebouwd uit Carbon Fiber 3. De dienstregeling wordt verder verspreid door minder gelijktijdige aankomsten op piekdagen	1. Lagere investering vanuit een lagere energievraag 2. hogere investering vanuit carbon fiber bouwmateriaal voor de schepen 3. Naast de eerdergenoemde voordelen is er voor batterij-elektrisch varen meer tijd voor de batterijbuffer aan de wal om op te laden en zijn er lagere investeringen voor de walinfrastructuur nodig
Alternatief 4	1. 5 min langzamer varen van de sneldienst 2. De schepen voor de sneldienst worden gebouwd uit Carbon Fiber 3. De dienstregeling wordt verder verspreid door minder gelijktijdige aankomsten op piekdagen 4. De snelveer ligt altijd 30 min stil in de haven	1. Lagere investering vanuit een lagere energievraag 2. hogere investering vanuit carbon fiber bouwmateriaal voor de schepen 3. Voor batterij-elektrisch varen is er meer tijd voor de batterijbuffer aan de wal om op te laden en zijn er lagere investeringen voor de walinfrastructuur nodig

Voor de verschillende vervoersconcepten zijn de relatieve wijzigingen in investerings-, bemannings-, financierings-, onderhouds- en energiekosten bepaald tezamen met de effecten op het energieverbruik en de daarbij horende uitstoot per mogelijke energiedrager.

De kosten voor elektrische infrastructuur, indien benodigd, zijn verdeeld over de verschillende type diensten. De kosten voor de elektrische infrastructuur in Harlingen, die gebruikt kan worden voor beiden de dienst naar Vlieland en Terschelling, zijn voor 30% zijn toegeschreven aan de veerdienst naar Vlieland.

De resultaten van de IRR- en emissie-berekeningen voor de verschillende alternatieven zijn weergegeven in Tabel 47. De percentages in de tabel geven de benodigde ticketprijsstijging

in percentages om tot een IRR=5% in de overkoepelende concessie te komen. De impact op de betrouwbaarheid en beschikbaar voor de verschillende energiedragers is niet los beschreven, maar kan gevonden worden in 6.9.

Tabel 47 Relatieve ticketprijstoename, uitstoot en effecten op betrouwbaarheid en beschikbaarheid voor alternatieve vervoersconcepten Vlieland (FC = Fuel Cell, ICE = Internal Combustion Engine) om tot een IRR=5% te komen

		Energiedrager	**Elektrisch**	**Elektrisch_exinfra**	**Waterstof**	**Waterstof**	**Bio-Methanol**	**Bio-Methanol**	**e-Methanol**	**e-Methanol**	**Diesel**	**Diesel + belastingen**	**Bio-Diesel**	**Bio-LNG**	**LNG**
		Energie conversie	-	-	FC	ICE	FC	ICE	FC	ICE	ICE	ICE	ICE	ICE	ICE
Vlieland	**Huidig**	Relatieve prijsstijging [%]	>140	130	>140	131	>140	127	>140	>140	46	65	60	132	76
		CO2eq [t] / jaar uitstoot	0	0	0	0	330	380	28	32	1141	1141	394	294	956
		CO2eq [t] / jaar bespaard per % ticketprijsstijging	-	-14	-	-13	-	-9,4	-	-	-	-	-53	-9,8	-6,2
		Betrouwbaarheid en beschikbaarheid	Geen wijzigingen												
	Alt. 1	Relatieve prijsstijging [%]	132	119	>140	129	>140	125	>140	>140	46	65	60	130	75
		CO2eq [t] / jaar uitstoot	0	0	0	0	326	376	27	31	1127	1127	389	291	943
		CO2eq [t] / jaar bespaard per % ticketprijsstijging	-13	-15	-	-14	-	-9,5	-	-	-	-	-53	-10	-6,3
		Betrouwbaarheid en beschikbaarheid	Door 5 minuten langzamer te varen is geen impact verwacht op de betrouwbaarheid of beschikbaarheid van de veerdienst.												
	Alt. 2	Relatieve prijsstijging [%]	130	118	>140	129	>140	125	>140	>140	47	66	61	131	76
		CO2eq [t] / jaar uitstoot	0	0	0	0	322	371	27	31	1114	1114	384	287	932
		CO2eq [t] / jaar bespaard per % ticketprijsstijging	-13	-16	-	-14	-	-9,5	-	-	-	-	-52	-9,8	-6,3
		Betrouwbaarheid en beschikbaarheid	Door de snelveer in Carbon Fibre te bouwen is geen impact verwacht op de betrouwbaarheid en beschikbaarheid.												
	Alt.3	Relatieve prijsstijging [%]	127	115	>140	129	>140	125	>140	>140	47	66	61	131	76
		CO2eq [t] / jaar uitstoot	0	0	0	0	322	371	27	31	1114	1114	384	287	932
		CO2eq [t] / jaar bespaard per % ticketprijsstijging	-14	-16	-	-14	-	-9,5	-	-	-	-	-52	-9,8	-6,3

		Betrouwbaarheid en beschikbaarheid	Het spreiden van de dienstregeling heeft geen effect op de betrouwbaarheid. Het spreiden heeft als effect dat er minder grote piekbelastingen op het elektriciteitsnet zijn bij batterij elektrisch varen, dit betekent echter dat er minder flexibiliteit in het ontwikkelen van de dienstregeling zit.												
		Relatieve prijsstijging [%]	95	84	>140	129	>140	125	>140	>140	47	66	61	131	76
		CO2eq [t] / jaar uitstoot	0	0	0	0	322	371	27	31	1114	1114	384	287	932
		CO2eq [t] / jaar bespaard per % ticketprijsstijging	-23	-30	-	-14	-	-9,5	-	-	-	-	-52	-9,8	-6,3
	Alt.4	Betrouwbaarheid en beschikbaarheid	Alternatief 4 heeft een geringe negatieve impact op de beschikbaarheid van de sneldienst op sommige tijdstippen. Het stellen van een minimumtijd van 30 min voor de veerdienst in beide havens heeft als effect dat er minder flexibiliteit in het samenstellen van de dienstregeling zit.												

12.10.1 Financieel

In elk alternatief komt naar voren dat Batterij-Elektrisch varen financieel het voordeligste nul-emissie alternatief is ten opzichte van het varen op Diesel. Bio-diesel is het goedkoopste alternatief om emissies te besparen. Andere opties leiden tot zulke grote prijsstijgingen dat in veel gevallen de berekeningen zijn gestopt na een grotere prijsstijging dan 140%.

Door de analyse van de verschillende concepten komt naar voren dat alle mogelijke alternatieve vervoersconcepten leiden tot een financiële verbetering bij batterij-elektrisch varen. De verbeteropties zijn daarmee:

1. Snelheidsreductie sneldienst
2. Gewichtsbesparing voor de schepen van de sneldienst
3. Spreiden van de dienstregeling.
4. Langer stilliggen van de sneldienst in de havens

Voornamelijk alternatief 4 leidt hierbij to significante verbeteringen. Dit komt grotendeels tot stand doordat de afvaarten van de sneldienst ver genoeg gespreid zijn om met een minimale netcapaciteit het batterijbuffer weer op te laden.

12.10.2 Uitstoot

In elk alternatief komt uit de analyse dat elektrisch varen, tezamen met groene waterstof, de best presterende opties zijn met betrekking tot de uitstoot op de route. Bio-diesel is de goedkoopste manier om uitstoot te verminderen.

12.10.3 Beschikbaarheid en betrouwbaarheid

De alternatieven die zijn uitgewerkt hebben allemaal een geringe invloed op de beschikbaarheid en betrouwbaarheid ten opzichte van het huidige vervoersconcept. Er is enkel een verlies in het flexibel samenstellen van de dienstregeling bij alternatief 3 en 4.

12.10.4 Elektrische infrastructuur

Voor het batterij-elektrisch varen is er elektrische infrastructuur nodig. Deze elektrische infrastructuur vergt een investering en operationele kosten. De investering en operationele kosten (netaansluiting + onderhoud) zijn meegenomen in de financiële analyse in. De meegenomen benodigde infrastructuur voor de 2 batterij-elektrische opties is beschreven in Tabel 48. De benodigde infrastructuur voor Harlingen is gecombineerd weergegeven samen met het volledig batterij-elektrisch varen van de diensten naar Terschelling.

Tabel 48 Minimaal en maximaal benodigde laadinfrastructuur Vlieland – Batterij-Elektrisch

	Zonder batterijbuffer		Met batterijbuffer			
	Netaansluiting [MW]		Netaansluiting [MW]		Batterij [MWh]	
	min	*max*	*min*	*max*	*min*	*max*
Vlieland	5.9	15.9	1.1	5.2	4.0	8.0
Harlingen	15.2	23.8	9.5	13.7	2.5	12.0

Voor Vlieland is er een grote optimalisatie mogelijk met betrekking tot de laadinfrastructuur. Elk alternatief vervoersconcept zorgt voor een verkleining van de benodigde infrastructuur. De grootste winst wordt gehaald met het stilliggen van 30 min op Vlieland van de snelveer en het beter spreiden van de vertrektijden van de snelveer.

12.11 Concessie Waddenveren - West

De relatieve ticketprijstoenames en uitstoot voor de alternatieve vervoersconcepten van de concessie Waddenveren-West, individueel uitwerkt in paragraaf 12.5 en 12.6, zijn gecombineerd in Tabel 49, Tabel 50 en Tabel 51. De combinatie is aangeven in de linker kolom. Hierin zijn de volgende notaties meegenomen:

- T = Terschelling
- V = Vlieland
- 0 = Huidig concept
- 1-4 = Alternatief concept

Tabel 49 Relatieve ticketprijstoename voor alternatieve vervoersconcepten van de concessie Waddenveren-West (FC = Fuel Cell, ICE = Internal Combustion Engine) om tot een IRR=5% te komen

Vervoerconcept	Energiedrager	Elektrisch	Elektrisch-exBatterij	Waterstof	Waterstof	Bio-Methanol	Bio-Methanol	e-Methanol	e-Methanol	Diesel	Diesel + belastingen	Bio-Diesel	Bio-LNG	LNG	Diesel-LNG	Elec+Bio-LNG	Elec+Bio-LNG-exBatterij
	Conversie	-	-	FC	ICE	FC	ICE	FC	ICE	ICE	ICE	ICE	ICE	ICE	ICE	ICE	ICE
T0_V0	Relatieve prijsstijging [%]	47	42	78	50	71	46	>100	97	-3	9	6	47	14	0	41	36
T0_V1		47	41	80	51	73	47	>100	99	-2	10	7	49	15	2	41	36
T0_V2		46	41	80	51	73	47	>100	99	-1	10	8	49	15	2	40	35
T0_V3		46	40	80	51	73	47	>100	99	-1	10	8	49	15	2	40	35
T0_V4		40	35	80	51	73	47	>100	99	-1	10	8	49	15	2	34	29
T1_V0		47	41	80	52	74	48	>100	>100	-2	10	7	49	15	2	41	36
T1_V1		45	39	80	51	73	47	>100	99	-2	10	7	49	15	2	39	34
T1_V2		45	39	80	51	73	47	>100	99	-1	10	8	49	15	2	39	34
T1_V3		44	39	80	51	73	47	>100	99	-1	10	8	49	15	2	38	34
T1_V4		38	33	80	51	73	47	>100	99	-1	10	8	49	15	2	33	28
T2_V0		46	40	79	51	73	46	>100	97	-2	10	7	48	15	2	40	35

T2_V1		44	38	79	50	72	46	>100	96	-2	10	7	48	15	2	38	33
T2_V2		44	38	78	50	72	46	>100	96	-1	10	7	48	15	2	38	33
T2_V3		43	38	78	50	72	46	>100	96	-1	10	7	48	15	2	37	32
T2_V4		37	32	78	50	72	46	>100	96	-1	10	7	48	15	2	31	27
T3_V0		45	40	78	49	71	45	>100	94	-2	9	6	46	14	1	39	34
T3_V1		43	38	77	49	70	45	>100	93	-2	9	6	46	14	1	37	32
T3_V2		43	37	77	49	70	45	>100	93	-2	9	7	46	14	1	37	32
T3_V3		42	37	77	49	70	45	>100	93	-2	9	7	46	14	1	36	32
T3_V4		36	31	77	49	70	45	>100	93	-2	9	7	46	14	1	31	26
T4_V0		44	38	78	49	71	45	>100	94	-2	9	6	46	14	1	38	33
T4_V1		42	36	77	49	70	45	>100	93	-2	9	6	46	14	1	36	31
T4_V2		41	36	77	49	70	45	>100	93	-2	9	7	46	14	1	36	31
T4_V3		41	35	77	49	70	45	>100	93	-2	9	7	46	14	1	35	31
T4_V4		35	29	77	49	70	45	>100	93	-2	9	7	46	14	1	30	25

Tabel 50 Uitstoot voor alternatieve vervoersconcepten van de concessie Waddenveren-West (FC = Fuel Cell, ICE = Internal Combustion Engine)

Vervoerconcept	**Energiedrager**	**Elektrisch**	**Elektrisch-exBatterij**	**Waterstof**	**Waterstof**	**Bio-Methanol**	**Bio-Methanol**	**e-Methanol**	**e-Methanol**	**Diesel**	**Diesel + belastingen**	**Bio-Diesel**	**Bio-LNG**	**LNG**	**Diesel-LNG**	**Elec+Bio-LNG**	**Elec+Bio-LNG-exBatterij**
	Conversie	-	-	FC	ICE	FC	ICE	FC	ICE	ICE	ICE	ICE	ICE	ICE	ICE	ICE	ICE
T0_V0	**Relatieve prijsstijging [%]**	0	0	0	0	1077	1240	90	103	3720	3720	1284	959	3115	3587	166	166
T0_V1		0	0	0	0	1072	1235	89	103	3705	3705	1279	956	3102	3573	166	166
T0_V2		0	0	0	0	1069	1231	89	103	3692	3692	1275	952	3091	3560	166	166
T0_V3		0	0	0	0	1069	1231	89	103	3692	3692	1275	952	3091	3560	166	166
T0_V4		0	0	0	0	1069	1231	89	103	3692	3692	1275	952	3091	3560	166	166
T1_V0		0	0	0	0	1077	1240	90	103	3720	3720	1284	959	3115	3587	166	166
T1_V1		0	0	0	0	1072	1235	89	103	3705	3705	1279	956	3102	3573	166	166
T1_V2		0	0	0	0	1069	1231	89	103	3692	3692	1275	952	3091	3560	166	166
T1_V3		0	0	0	0	1069	1231	89	103	3692	3692	1275	952	3091	3560	166	166
T1_V4		0	0	0	0	1069	1231	89	103	3692	3692	1275	952	3091	3560	166	166
T2_V0		0	0	0	0	1042	1200	87	100	3599	3599	1242	928	3013	3470	159	159
T2_V1		0	0	0	0	1037	1195	86	100	3584	3584	1237	924	3001	3456	159	159
T2_V2		0	0	0	0	1034	1190	86	99	3571	3571	1233	921	2990	3443	159	159
T2_V3		0	0	0	0	1034	1190	86	99	3571	3571	1233	921	2990	3443	159	159
T2_V4		0	0	0	0	1034	1190	86	99	3571	3571	1233	921	2990	3443	159	159
T3_V0		0	0	0	0	1010	1163	84	97	3490	3490	1205	900	2922	3365	152	152
T3_V1		0	0	0	0	1006	1158	84	97	3475	3475	1200	896	2910	3351	152	152
T3_V2		0	0	0	0	1002	1154	84	96	3462	3462	1195	893	2899	3338	152	152

T3_V3		0	0	0	0	1002	1154	84	96	3462	3462	1195	893	2899	3338	152	152
T3_V4		0	0	0	0	1002	1154	84	96	3462	3462	1195	893	2899	3338	152	152
T4_V0		0	0	0	0	1010	1163	84	97	3490	3490	1205	900	2922	3365	152	152
T4_V1		0	0	0	0	1006	1158	84	97	3475	3475	1200	896	2910	3351	152	152
T4_V2		0	0	0	0	1002	1154	84	96	3462	3462	1195	893	2899	3338	152	152
T4_V3		0	0	0	0	1002	1154	84	96	3462	3462	1195	893	2899	3338	152	152
T4_V4		0	0	0	0	1002	1154	84	96	3462	3462	1195	893	2899	3338	152	152

Tabel 51 CO2eq [t] / jaar bespaard per % ticketprijsstijging voor alternatieve vervoersconcepten van de concessie Waddenveren-West (FC = Fuel Cell, ICE = Internal Combustion Engine)

Vervoerconcept	**Energiedrager**	**Elektrisch**	**Elektrisch-exBatterij**	**Waterstof**	**Waterstof**	**Bio-Methanol**	**Bio-Methanol**	**e-Methanol**	**e-Methanol**	**Diesel**	**Diesel + belastingen**	**Bio-Diesel**	**Bio-LNG**	**LNG**	**Diesel-LNG**	**Elec+Bio-LNG**	**Elec+Bio-LNG-exBatterij**
	Conversie	-	-	FC	ICE	FC	ICE	FC	ICE	ICE	ICE	ICE	ICE	ICE	ICE	ICE	ICE
T0_V0	**Relatieve prijsstijging [%]**	-76,3	-85,4	-46,0	-71,7	-35,4	-51,0	-	-35,9	-44,3	14,8	-383,8	-55,9	-33,7	-	-83,4	-95,0
T0_V1		-79,4	-91,6	-45,8	-72,9	-35,2	-52,0	-	-35,8	-33,0	16,5	-458,8	-55,7	-36,2	-	-87,4	-100,2
T0_V2		-80,9	-91,3	-45,6	-72,7	-35,1	-51,8	-	-35,6	-44,0	16,5	-380,8	-55,5	-36,1	-	-89,3	-102,8
T0_V3		-80,9	-93,7	-45,6	-72,7	-35,1	-51,8	-	-35,6	-44,0	16,5	-380,8	-55,5	-36,1	-	-89,3	-102,8
T0_V4		-93,7	-107,9	-45,6	-72,7	-35,1	-51,8	-	-35,6	-44,0	16,5	-380,8	-55,5	-36,1	-	-106,1	-125,7
T1_V0		-79,7	-92,0	-46,0	-71,7	-34,9	-51,0	-	-	-33,3	16,6	-460,6	-55,9	-36,3	-	-87,7	-100,6
T1_V1		-83,1	-96,6	-45,8	-72,9	-35,2	-52,0	-	-35,8	-33,0	16,5	-458,8	-55,7	-36,2	-	-92,1	-106,5
T1_V2		-82,8	-96,2	-45,6	-72,7	-35,1	-51,8	-	-35,6	-44,0	16,5	-380,8	-55,5	-36,1	-	-91,7	-106,1
T1_V3		-84,8	-96,2	-45,6	-72,7	-35,1	-51,8	-	-35,6	-44,0	16,5	-380,8	-55,5	-36,1	-	-94,3	-106,1
T1_V4		-98,9	-114,8	-45,6	-72,7	-35,1	-51,8	-	-35,6	-44,0	16,5	-380,8	-55,5	-36,1	-	-109,5	-130,5
T2_V0		-78,9	-91,3	-45,1	-70,8	-34,2	-51,6	-	-35,5	-32,3	16,1	-445,6	-55,3	-35,2	-	-87,1	-100,3
T2_V1		-82,3	-96,0	-44,9	-72,0	-34,6	-51,4	-	-35,7	-32,0	16,0	-443,8	-55,0	-35,0	-	-91,6	-106,4
T2_V2		-82,0	-95,6	-45,3	-71,7	-34,4	-51,2	-	-35,6	-42,7	16,0	-442,0	-54,8	-34,8	-	-91,2	-106,0
T2_V3		-84,0	-95,6	-45,3	-71,7	-34,4	-51,2	-	-35,6	-42,7	16,0	-442,0	-54,8	-34,8	-	-93,8	-109,5
T2_V4		-98,4	-114,8	-45,3	-71,7	-34,4	-51,2	-	-35,6	-42,7	16,0	-442,0	-54,8	-34,8	-	-113,3	-131,4
T3_V0		-76,5	-86,3	-43,7	-70,1	-33,6	-50,0	-	-35,1	-41,7	15,6	-432,0	-54,8	-34,1	-	-84,6	-97,4
T3_V1		-79,8	-90,6	-44,1	-69,8	-34,0	-49,8	-	-35,4	-41,3	15,5	-430,2	-54,6	-33,9	-	-88,9	-103,2
T3_V2		-79,5	-92,7	-43,9	-69,5	-33,9	-49,6	-	-35,2	-41,3	15,5	-357,2	-54,3	-33,8	-	-88,5	-102,8
T3_V3		-81,4	-92,7	-43,9	-69,5	-33,9	-49,6	-	-35,2	-41,3	15,5	-357,2	-54,3	-33,8	-	-91,0	-102,8
T3_V4		-95,4	-111,3	-43,9	-69,5	-33,9	-49,6	-	-35,2	-41,3	15,5	-357,2	-54,3	-33,8	-	-106,2	-127,5
T4_V0		-78,3	-90,9	-43,7	-70,1	-33,6	-50,0	-	-35,1	-41,7	15,6	-432,0	-54,8	-34,1	-	-86,9	-100,4

T4_V1		-81,7	-95,7	-44,1	-69,8	-34,0	-49,8	-	-35,4	-41,3	15,5	-430,2	-54,6	-33,9	-	-91,4	-106,7
T4_V2		-83,5	-95,4	-43,9	-69,5	-33,9	-49,6	-	-35,2	-41,3	15,5	-357,2	-54,3	-33,8	-	-91,0	-106,2
T4_V3		-83,5	-98,2	-43,9	-69,5	-33,9	-49,6	-	-35,2	-41,3	15,5	-357,2	-54,3	-33,8	-	-93,7	-106,2
T4_V4		-98,2	-119,2	-43,9	-69,5	-33,9	-49,6	-	-35,2	-41,3	15,5	-357,2	-54,3	-33,8	-	-109,9	-132,8

12.11.1 Financieel

In elk alternatief komt dat elektrisch varen financieel het voordeligste nul-emissie alternatief is ten opzichte van het varen op Diesel. Bio-diesel is het goedkoopste alternatief om emissies te besparen. De combinatie tussen bio-lng en elektrisch het leidt ook tot een grote emissiereductie (>90%) en is financieel net iets voordeliger dan volledig elektrisch varen. Waterstof en bio-methanol zijn relatief vergelijkbaar, waarbij het varen op e-methanol verreweg het duurste is.

Door de analyse van de verschillende concepten komt naar voren dat alle mogelijke alternatieve vervoersconcepten leiden tot een financiële verbetering bij batterij-elektrisch varen. De verbeteropties zijn daarmee:

1. Snelheidsreductie sneldienst
2. Gewichtsbesparing voor de schepen van de sneldienst
3. Spreiden van de dienstregeling.
4. Langer stilliggen van de sneldienst in de havens

12.11.2 Uitstoot

De resultaten uit de analyse voor de gecombineerde vervoersconcepten geven een vergelijkbaar beeld met de individuele. In elk alternatief komt uit de analyse dat elektrisch varen, tezamen met groene waterstof, de best presterende opties zijn met betrekking tot de uitstoot op de route. Varen op Bio-Diesel blijkt de goedkoopste manier om uitstoot te verminderen. Waarbij de combinatie tussen bio-lng en elektrisch leidt tot een grote emissiereductie (>90%).

12.11.3 Beschikbaarheid en betrouwbaarheid

Met betrekking tot de betrouwbaarheid en beschikbaarheid van de gecombineerde vervoersconcepten kan terug gerefereerd worden naar de individueel besproken alternatieven.

12.11.4 Mogelijkheden tot verbetering

Er zijn verschillende mogelijkheden voor een concessieverlener om de relatieve prijsstijging te verminderen. Een aantal die een direct effect hebben zijn:

1. Langere looptijd concessie
   Binnen de maritieme industrie wordt veelal gewerkt met lineaire financieringen. Het verdienvermogen van een rederij neemt in de latere jaren binnen een concessie toe. Bij een langere looptijd van de concessie gaat de IRR omhoog. Binnen de financiële analyses is al gebruik gemaakt van een 15 jaar durende concessie (het maximum als eerder beschreven). Deze optie is om die reden niet verder uitgewerkt in Tabel 52.
2. Subsidiëren van verhoogde investeringen voor groene alternatieven
   De verhoogde investeringen hebben een grote impact op de IRR. Specifiek de investeringen voor de benodigde laadinfrastructuur in Harlingen en Terschelling zijn een significante investering. Het verlagen van de initiële investering door subsidies heeft een positief effect op de IRR.
3. Garanties voor financiering om de rente te verlagen

De huidige meegenomen financieringsrente is Euribor +3.5%. Deze zou verlaagd kunnen worden door garanties vanuit de overheid of bijvoorbeeld InvestEU te geven. De verwachting is dat hier een reductie van 1-1.5% in rente mee behaald kan worden.

4. Risico's verminderen

Er zijn een aantal financiële risico's voor operators binnen de concessie. Een aantal voorbeelden hiervan zijn: 1. Inflatie in het algemeen en die van brandstof vormen een groot risico voor de reders. Een individuele ticketprijs stijging bij ofwel algemene inflatie ofwel een inflatie op de gebruikte energiedrager zal tot een verlaging van het risicoprofiel voor de reders zorgen. 2. De overnameprijs van de vloot ten einde van de concessie is momenteel onzeker door de taxatie. Wanneer hier een vast percentage voor wordt aangehouden zal het risicoprofiel verminderen.

Om een inzicht te geven in de effecten van bovenstaande mogelijkheden zijn optie 1-3 uitgewerkt in Tabel 52. Optie 4 is niet meegenomen omdat de huidige risicobudgetten van rederijen onbekend zijn en hier dus geen goed inzicht in gegeven kan worden.

Tabel 52 Mogelijkheden om tot een lagere relatieve prijsstijging te komen voor vervoersconcept T0-V0

Vervoerconcept T0-V0	Energiedrager	Elektrisch	Elektrisch-exBatterij	Waterstof	Waterstof	Bio-Methanol	Bio-Methanol	e-Methanol	e-Methanol	Diesel	Diesel + belastingen	Bio-Diesel	Bio-LNG	LNG	Diesel-LNG	Elec+Bio-LNG	Elec+Bio-LNG-exBatterij
	Conversie	-	-	FC	ICE	FC	ICE	FC	ICE	ICE	ICE	ICE	ICE	ICE	ICE	ICE	ICE
Huidig	Relatieve prijsstijging [%]	47	42	78	50	71	46	>100	97	-3	9	6	47	14	0	41	36
Rente = 6% door garanties		41	36	73	46	67	42	>100	93	-6	6	3	44	10	-3	36	31
50% subsidie op hogere investering		24	21	59	53	55	40	>100	91	-3	9	6	47	14	0	22	20

13 Conclusies en advies

Dit hoofdstuk beschrijft de conclusies en het daarbij horende overkoepelende advies gehaald uit de bevindingen binnen het vooronderzoek en de verschillende analyses. Ten eerste worden de algemene conclusies en adviezen beschreven overkoepelend voor de verschillende concessies. Daarna worden de losstaande adviezen per veerdienst en concessie beschreven.

13.1 Algemeen advies

13.1.1 Eisen vanuit beleidskaders

Binnen het vooronderzoek zijn 21 verschillende beleidskaders onderzocht. Deze beleidskaders zijn samengevat en geanalyseerd op de mogelijke toepasbaarheid. Hier komen de volgende eisen / wensen als belangrijkste naar voren omdat deze ofwel over de uitstoot gaan, ofwel er hier stevige afspraken over zijn gemaakt:

- 55% reductie van broeikasgassen in 2030 t.o.v. 1990
- 70% reductie van broeikasgassen in 2035 t.o.v. 1990
- 80% reductie van broeikasgassen in 2040 t.o.v. 1990
- 100% reductie in 2050
- 45% van het bruto-eindverbruik van energie moet uit hernieuwbare bronnen komen
- Integrale oplossing waar toerisme, duurzaamheid en natuur in samenhang wordt verbeterd.
- Impact op natuur door minimaliseren van baggeren wordt beperkt, waarbij dit niet ten koste gaat van bereikbaarheid
- Eilanden zijn zelfvoorzienend
- Belang van toeristen moet gewaarborgd zijn

De eerste 5 zijn mogelijke eisen met betrekking tot groene energiedragers. Het Green shipping Waddenzee programma gaat hier nog een stap verder in met de ambitie om 60% van de waddenvloot in 2030 CO2-vrij te hebben varen en 100% in 2040. De keuze voor welke reductie te gebruiken bij de toekomstige concessies is hierbij aan de concessieverlener.

Deze eisen met betrekking tot een reductie in emissies maken het gebruik van bepaalde energiedragers onmogelijk binnen de toekomstige concessie. De benoemde percentages kunnen gebruikt wordt ter referentie bij het stellen van een minimum eis omtrent de uitstoot reductie per route. Een uitgebreider advies hierover volgt onder het advies voor de verschillende routes.

De tweede 4 wensen kunnen dienen als mogelijk beoordelingscriteria. Een verbetering met betrekking tot deze punten heeft een positief effect op het waddengebied in het algemeen. Hierbij kan gedacht worden aan:

- De oplossing aangeboden door de reder zorgt voor een X% reductie in het baggeren
- De oplossing draagt voor x% bij aan de lokale economie (kwantitatief) of de oplossing draagt op de volgende manieren bij aan de lokale economie: “….” (kwalitatief)
- De oplossing draagt op de volgende manier bij aan de zelfvoorzienend zijn van de eilanden: “…” (kwalitatief)
- De oplossing heeft op de volgende manieren een positieve impact op het natuurgebied: “….” (kwalitatief).

Andere beleidskaders genoemd in hoofdstuk 5.22 zijn ofwel eisen waar aan voldaan moet worden (bijv. de verordening 2020/0353 met betrekking tot afgedankte batterijen), eisen die de rapportage verbeteren, ofwel mogelijk additionele beoordelingscriteria. Voor deze eisen wordt verwezen naar het genoemde hoofdstuk.

13.1.2 Tenderprocedures

De aankomende aanbesteding voor de concessie kan uniek genoemd worden. Er zijn weinig tot geen veerdiensten in de wereld die in zo’n kort tijdsbestek de mogelijkheid hebben om zo’n groot percentage van de huidige vloot moeten vervangen en willen verduurzamen, dit tezamen met het speciale Natura 2000 vaargebied. De toevoeging van duurzaamheid geeft de tenderprocedure

voor de toekomstige concessies een additionele uitdaging. Zoals in de rest van het rapport beschreven, zijn er uitdagingen met betrekking tot elke duurzame exploitatie van de waddenveren. Het is daarom een mogelijkheid, afhankelijk van de keuzes die gemaakt worden, dat er een transitiepad binnen de komende concessie ontstaat waarbij er afhankelijkheden zijn tussen de concessieverlener en concessiehouder. Hierbij kan bijvoorbeeld gedacht worden aan de lange planning die mogelijk gekoppeld is aan het beschikbaar maken van elektrische infrastructuur of het mogelijk verplaatsen van de terminal voor Ameland van Holwerd naar Ferwert. Het mogelijk aanbieden van een transitiepad moet mogelijk zijn binnen de gekozen aanbestedingsprocedure. Een van opties die hiervoor beschreven is, is het innovatiepartnerschap. Deze procedure heeft een aantal voordelen met betrekking tot een dialoogfase, waardoor er gezamenlijke innovatie kan plaatsvinden. Eigenschappen van de procedure kunnen ook geïmplementeerd worden in een aanbesteding als concessie. Hierbij kan een vergelijking gemaakt worden met de aanbesteding van Personenvervoer over Water vanuit de provincie Zuid-Holland. Hierbij is opgenomen dat de concessie verlengd wordt wanneer een bepaalde emissiereductie in de voorgaande periode is behaald. Door de grote hoeveelheid uitdagingen binnen de verduurzaming en de benodigde intensieve samenwerking tussen partijen lijkt het diverse voordelen te bieden om te kiezen voor een vergelijkbare procedure.

Binnen verschillende worden dit soort procedures, vaak genoemd met positieve beoordelingscriteria, bodemvoorwaarden en een dialoog, goed ervaren. Door dit soort procedures komt er vaak meer creativiteit, wordt er beter aangesloten bij wat de markt kan en wordt vaak een hoger verbeterpotentieel waargemaakt doordat eigenaarschap van het probleem vroeg bij de marktpartijen komt liggen.

13.1.3 Wensen vanuit bewoners / belangenverenigingen

Er zijn verschillende wensen (geciteerd) vanuit belanghebbenden met betrekking tot de veerdiensten geschetst in de algemene zin. Een aantal van deze wensen betreffen een keuze waar de schrijver van het rapport geen advies over kan geven. Hier gaat het om:

Wens	Type	Invloed
De betrouwbaarheid van de veerdienst is het belangrijkst en mag niet beïnvloed worden door duurzaamheid	Mogelijke randvoorwaarde	Betrouwbaarheid
Ontmoedigen van de auto voor meerdere eilanden zou moeten worden meegenomen in alternatieve vervoersconcepten	Input voor alternatieve vervoersplannen	Afmetingen schepen
Aanpassingen aan kwaliteit, frequentie, prijs en langere vaartijden zijn niet acceptabel als dit benodigd zou zijn om duurzaamheid mogelijk te maken	Kwalitatieve beoordeling	Betrouwbaarheid, type schepen en flexibiliteit van de vloot
Belang van autocapaciteit voor de laatste afvaart, tezamen met een sneldienst als laatste afvaart (mogelijk tegenstrijdig)	Input voor alternatieve vervoersplannen	Flexibiliteit van de vloot

De wensen die binnen het onderzoek zijn bekeken door middel van de verschillende vervoersconcepten zijn:

Wens	Conclusie

Het separaat varen met vracht, al dan niet op tij, zou moeten worden bekeken in alternatieve vervoersconcepten	Het separaat varen met vracht voor Ameland en Schiermonnikoog heeft verschillende voor- en nadelen. De balans tussen betrouwbaarheid, financiën en flexibiliteit zoals beschreven binnen de analyse zal moeten worden afgewogen.
Er zou moeten worden aangesloten bij andere ontwikkelingen omtrent duurzaamheid op de eilanden (e.g. integraal)	De mogelijke positieve neveneffecten van het aanleggen van additionele elektrische infrastructuur zijn beschreven onder de adviezen voor de routes op zichzelf
Een langere concessieperiode zou moeten worden overwogen wanneer dit een verbetering in de duurzaamheidseisen teweeg kan brengen	Een langere concessieperiode zou leiden tot een verbeterde IRR. Dit lijkt echter niet mogelijk door de restricties van Europese wetgeving.
Alternatieve verbetering naast uitstoot van emissies in de lucht zouden onderzocht moeten worden	Andere technologische verbeteringen zijn mogelijk en beschreven in hoofdstuk 10.
Duurzame ontwikkelingen met betrekking tot elektrisch zouden moeten passen in het energiesysteem, aansluiting bij PMIEK (provincie) is dus belangrijk	Mogelijke elektrische infrastructuur aanpassingen zijn gedurende dit onderzoek overlegd met Liander. Het wordt geadviseerd om dit in latere stadia te blijven doen.

Wensen die niet zijn meegenomen binnen dit onderzoek, door onvoldoende informatie (gedetailleerde vervoersaantallen) om een juist advies te kunnen geven, zijn:

Wens	**Type**	**Invloed**
Verhogen van de capaciteit voor de snelveerdienst naar Terschelling	Input voor alternatieve vervoersplannen	Flexibiliteit van de vloot
Hogere capaciteit van vracht	Input voor alternatieve vervoersplannen	Flexibiliteit van de vloot
Capaciteit voor incidentele vracht zou vergroot moeten worden	Input voor alternatieve vervoersplannen	Flexibiliteit van de vloot
Drukte van weekendafvaarten zou aangepakt moeten worden	Input voor alternatieve vervoersplannen	Flexibiliteit van de vloot

13.1.4 Algemeen: Financiële haalbaarheid en uitstoot reductie

Uit de verschillende analyses blijkt dat elke uitstoot reductie een negatieve financiële impact heeft op de ticketprijs. Binnen dit onderzoek is een relatieve verandering onderzocht en kan er door het ontbreken van actuele financiële cijfers geen direct advies gegeven worden over de absolute financiële haalbaarheid van de verschillende vervoersconcepten en de daarbij horende mogelijke uitstoot reducties. Daarnaast hebben de kostcomponenten meegenomen binnen de analyses een onzekerheidsmarge.

De echte financiële haalbaarheid zal pas uit de toekomstige aanbesteding komen, waarbij mogelijke aanbieders de beschikking hebben tot informatie met een gereduceerd aantal aannames. De onzekerheid binnen de aanbiedingen voor de aanbesteding kunnen wel verlaagd worden door:

1. Inzicht te creëren in de actuele vervoersvraag op piekmomenten en gedurende het jaar
2. Een basisniveau voor betrouwbaarheid en beschikbaarheid per route vast te stellen tezamen met de randvoorwaarden met betrekking tot spreiding van de dienstregeling
3. Financiële risico's als energie inflatie (separaat percentage per energiedragers gekoppeld aan een marktindex) en overnamewaarde ten einde van de concessie te verlagen (vast percentage mee te nemen door elke aanbieder)

Daarnaast kan de financiële haalbaarheid van de aanbesteding verbeterd worden door niet alleen een eis te stellen aan de uitstoot reductie, maar daar ook de benodigde financiële ondersteuning of andere voorwaarden vanuit de rederijen aan te koppelen. Het kan hierbij vrij zijn voor een rederij om dit aan te vragen. Hierbij kan gedacht worden aan:

5. Lange looptijd concessie
6. Eenmalig subsidiëren van verhoogde investeringen voor groene alternatieven
7. Garanties voor financiering van investeringen
8. Financiële bijdragen gedurende de concessie

Indien deze en/of vergelijkbare opties niet worden ingebouwd bestaat de kans dat de operatie tezamen met de minimale gestelde uitstootreductie financieel onhaalbaar is. Dit zou als effect hebben dat de aanbesteding mislukt. Het gevolg hiervan is dat er vertraging in de aanbesteding wordt opgelopen en dat er hoge kosten binnen de verschillende geïnteresseerde marktpartijen worden gemaakt.

13.1.5 Betrouwbaarheid en beschikbaar

Betrouwbaarheid en beschikbaarheid van de veerdienst is een randvoorwaarde die naar voren komt vanuit de omgevingspartijen, eerder beschreven in het vooronderzoek. In duidelijke bewoording wordt hier genoemd: *"De betrouwbaarheid van de veerdienst is erg belangrijk en mag niet (negatief) beïnvloed worden door duurzaamheid".*

Een aantal van de alternatieve vervoersconcepten, als beschreven in hoofdstuk 12, en het gebruik van sommige alternatieve energiedragers, als beschreven in hoofdstuk 6.9, hebben echter een positieve of negatieve impact op deze betrouwbaarheid en beschikbaar.

Het advies omtrent betrouwbaarheid en beschikbaar is om binnen de toekomstige aanbesteding een minimumniveau te vereisen waarbinnen oplossingen aangeboden kunnen. Dit minimumniveau zal gedefinieerd moeten worden in samenspraak met de omgevingspartijen.

Daarna is het een mogelijkheid om binnen de aanbesteding te eisen dat er een kwalitatieve beschrijving gemaakt moet worden over hoe een reder de beschikbaarheid en betrouwbaarheid van de veerdienst zal waarborgen. Deze kwalitatieve beschrijving zou meegenomen kunnen worden in de beoordeling.

13.1.6 Elektrische infrastructuur

Elke veer die mogelijk batterij-elektrisch gaat varen heeft een aansluiting nodig op het elektriciteitsnetwerk. De grootte van deze aansluiting is verder uitwerkt onder de seperate paragrafen met betrekking tot de verschillende routes. Er zijn echter 2 overkoepelende aspecten die hier genoemd kunnen worden.

1. Het aanleggen van additionele infrastructuur voor de waddenveren heeft een positief neveneffect op de mogelijkheden voor alle waddenhavens. Deze infrastructuur kan naast het gebruik van de veren ook bijdragen aan de verdere economische ontwikkeling in het gebied, of aan de verdere verduurzaming van het gebied. Dit is een aspect wat daarmee volledig in lijn ligt met de ambities vanuit het Waddengebied om aan integrale gebiedsontwikkeling te doen. Voorbeelden die hierbij genoemd zijn, zijn bijvoorbeeld de mogelijkheid om ook overslag van groene (elektrische) containerschepen te realiseren in Harlingen en het vergroten van een eventuele batterijbuffer om tot peakshaving van het elektrisch net op de eilanden te komen waarbij de investering gedeeld kan worden (zie puntje 2). Daarnaast zou bijvoorbeeld Ameland een gedeelte van de energie benodigd voor de veren zelf kunnen leveren met hun zonneparken.
2. Het gebruik van een bufferbatterij heeft bij overcapaciteit op niet piekmomenten ook een 2^{e} verdienmodel. Dit 2^{e} verdienmodel komt vanuit de mogelijk om peak shaving aan de netbeheerder aan te kunnen bieden vanuit de eigenaar van de batterij. Dit is de zogenoemde flexwaarde. Dit zal ook bijdragen aan de verdere verduurzaming van de eilanden. Binnen Nederland is deze zogenoemde flexwaarde significant lager dan in andere landen. Dit heeft onder andere te maken met de transportkosten van elektriciteit die moeten worden betaald door de batterij eigenaar. Dit onderwerp ligt niet binnen de expertise van de schrijvers van het rapport en zal mogelijk verder onderzocht moeten worden, indien als belangrijk gezien.

13.1.7 Advies met betrekking tot technologie anders dan uitstoot van energiedragers

Flexibele voortstuwing

Technologisch is het mogelijk om een voorstuwing op zo'n manier te ontwikkelen dat die flexibel is met betrekking tot de gebruikte energiedragers. Dit geeft de mogelijkheid om, wanneer er een niet nul-emissie voortstuwing wordt aangeboden, te vereisen dat het binnen de nieuwe schepen mogelijk is om over te stappen naar een energiedrager die daarbij wel voor een nul-emissie oplossing zorgt. De complexiteit, het transitiepad en de kosten van deze overstap kunnen daarbij kwalitatief worden aangeboden en beoordeeld.

Energiebesparende maatregelen

De verwachting is dat energiebesparende maatregelen automatisch worden meegenomen in de aanbieding wanneer er algemene emissiereducties in combinatie met een financiën worden ge-eist. Deze eisen, gekoppeld aan positieve beoordelingscriteria en bodemniveaus, zullen er automatisch voor zorgen dat de rederijen zullen aanbieden met de optie die het beste evenwicht biedt tussen uitstootreductie en financiële haalbaarheid. Hier zullen om die reden automatisch energiebesparende maatregelen in meegenomen worden, mocht dit een verbetering van de aanbieding geven. Het advies zou daarom zijn om hierover geen losse eisen te stellen.

Onderwatergeluid

Er bestaat de mogelijkheid om de DNV Silent E notatie, of vergelijkbare, te vereisen met betrekking tot onderwatergeluid in 'transit' om de negatieve impact van de veren op de fauna te

minimaliseren. Eisen omtrent onderwatergeluid gedurende ‘transient’ worden niet geadviseerd door de hoge bijkomende kosten. De keuze voor het toepassen van een Silent notatie zal moeten worden overwogen tezamen met het maatschappelijk belang.

Golfhinder

Binnen de aanbesteding kan dit kwalitatief worden aangeboden. Er kan daarbij beschreven worden hoe er voor gezorgd zal worden dat de golfhoogte, en daarmee impliciet de golfhinder, in ieder geval minder of gelijk zal zijn aan die van de huidige vloot. Na oplevering van de nieuwe schepen zal dit kwantitatief kunnen worden aangetoond. In de meeste gevallen leidt een lage eis omtrent golfhinder, in ieder geval gelijk of minder, niet tot kostenverhogingen binnen het ontwerp.

Materiaalgebruik, circulariteit en afvalstromen tijdens de bouw en operatie

Circulariteit in termen van het gebruik van hernieuwbare materialen, ontwikkeling voor onderhoud, hergebruik van materialen worden in meer of mindere mate al toegepast binnen de maritieme industrie. Vaak blijkt dit echter lastig te kwantificeren en beoordelen.

De uitdagingen waar tegenaan wordt gelopen binnen de maritieme industrie zijn niet erg anders dan andere industrieën. Ook in andere infrastructurele projecten is het bijvoorbeeld lastig om de oorsprong van grondstoffen te achterhalen. Binnen tenderprocedures wordt er hiervoor vaak gekozen voor positieve beoordelingscriteria met eventueel een bodemvoorwaarde.

In dit soort gevallen kan er een bepaalde push ge-eist worden vanuit de overheid omtrent circulariteit. De eisen op dit gebied kunnen bijvoorbeeld gesteld worden met betrekking tot:

- Gebruik secundair materiaal
- Gebruik van materiaal met x% recycling potentiaal
- Ontwerp voor onderhoud
- Ontwerp voor circulariteit of ontmantelbaarheid

De beste aanbieding zal daarmee automatisch uit de aanbesteding komen. Er kan daarbij gekozen worden om de circulariteit aantoonbaar (Op dit moment lastig door beperkte traceerbaarheid) of aannemelijk te maken. Voor het kunnen ontmantelen van schepen, systemen en componenten kan er een positieve motivatie opgenomen worden voor het aandeel componenten dat zonder mechanische bewerking te scheiden is, te denken valt aan het niet toepassen van gespoten isolatie of het gebruiken van elektrische componenten die toegankelijk blijven ook als ze ingebouwd zijn in grotere systemen

13.2 Advies per route

In deze paragraaf is het losse advies per veerdienst en concessie beschreven.

13.2.1 Schiermonnikoog

Financiën en uitstoot

In alle verschillende vervoersconcepten komt naar voren dat:

- Batterij-Elektrisch varen heeft relatief de minst grote financiële impact op de veerdienst, naast de fossiele energiedragers of bio-diesel
- Batterij-Elektrisch varen heeft de grootste uitstoot reductie tezamen met waterstof

- Batterij-Elektrisch varen heeft de op 1 na grootste CO_2eq [t] besparing per jaar ten opzichte van de procentuele ticketprijsstijging.

De beleidskaders voor de toekomstige concessie stellen een uitstootreductie als doel. Daarmee vallen de opties voor fossiele brandstoffen af. Hierdoor zijn de meest financieel aantrekkelijke opties als energiedragers:

- Batterij-elektrisch
- Bio-diesel

Biodiesel is binnen de huidig gestelde beleidskaders mogelijk en financieel het meest aantrekkelijk. In de analyse binnen de rapportage is echter geen mogelijke CO_2-tax meegenomen en ook de onzekerheid van de prijs en beschikbaarheid zit er niet in. Daarnaast is er voor het einde van de concessie een additionele reductie in uitstoot nodig (>2040). Hier zal een ombouw voor de schepen benodigd zijn voor 2035 (70% reductie: Fit for 55), wanneer het gewenst is te voldoen aan de gemiddelde emissiereductiedoelen. De hogere investering voor batterij-elektrisch varen, die leidt tot iets hogere initiële kosten, zal daardoor alsnog benodigd zijn voor de biodiesel optie.

Om bovenstaande redenen is het aannemelijk dat Batterij-Elektrisch varen het meest voordelige groene alternatief is op de lange termijn voor de veerdienst naar Schiermonnikoog.

Om de betrouwbaarheid en beschikbaarheid op de korte termijn echter te kunnen garanderen wordt het niet geadviseerd om een maximale (100%) uitstoot reductie van deze variant in de aankomende concessie op te nemen, maar een kleiner percentage. Hiermee wordt een mogelijkheid tot een transitiepad gecreëerd waarbij er minder druk op de ontwikkeling van de elektrische infrastructuur komt te liggen.

Er zijn mogelijkheden om de relatieve financiële impact te verkleinen door concessies te doen op de betrouwbaarheid en beschikbaarheid van de veerdienst. Alternatief kan er gekozen worden om te investeren in 1 nieuwe batterij-elektrische autoveer en een 2^{e} hands back-up veer (indien beschikbaar in de markt) op biodiesel te laten varen. Dit zal echter niet zorgen voor een nul-emissie veerdienst. Met betrekking tot de betrouwbaarheid en beschikbaarheid wordt verwezen naar het algemene advies beschreven in paragraaf 13.1.

Om de creativiteit binnen de aanbesteding te behouden is het advies om, afhankelijk van de eisen aan betrouwbaarheid en beschikbaarheid, geen specifieke oplossingsrichting/aandrijving maar een minimum emissiereductie percentage met betrekking tot het energieverbruik van het schip te eisen. Dit percentage kan gekozen worden aan de hand van beleidskaders en/of de gebiedsambities. Het kan daarbij enerzijds een vast percentage zijn waarbij gelijk de doelstellingen voor het einde van concessie gehaald worden of anderzijds kan er gewerkt worden met een variabel percentage gedurende de concessie, lees transitiepad. Mogelijke additionele emissiereducties, aangeboden door een rederij, kunnen daarbij positief worden meegenomen in de beoordeling. De mate waarin deze wordt meegenomen kan bepaald worden door een afweging te maken tussen de financiële haalbaarheid, de reductie in uitstoot en het maatschappelijk belang van een lage / nul-emissie veerdienst.

De laagste minimum emissiereducties binnen de toekomstige concessie die daarbij gesteld kan worden zijn daarbij de doelstelling uit het Fit for 55 programma: 55% in 2030, 70% in 2035, 80% in 2040.

Elektrische infrastructuur
De veerdienst naar Schiermonnikoog heeft alleen elektrische oplaadinfrastructuur nodig in Lauwersoog. De benodigde vermogens zijn beschikbaar in het onderstation. Ze kunnen worden aangevraagd in samenspraak met Enexis, waarna de aanleg naar de terminals moet plaatsvinden. Het advies is om hier snel mee te starten zodat dit geen mogelijke bron van vertraging binnen de aanbesteding zal vormen.

Indien de elektrische infrastructuur niet gereed is aan het begin van de concessie zal het niet mogelijk zijn om aan de uitstoot eis te voldoen. Hier dient rekening mee gehouden te worden binnen de aanbesteding, bijvoorbeeld door middel van een mogelijk transitie pad.

13.2.2 Ameland

Financiën en uitstoot
De hoog over impact van de verschillende vervoersconcepten en energiedragers voor Ameland is exact gelijk aan die van Schiermonnikoog. Om die reden zijn de conclusies niet herhaald en is het ook voor Ameland aannemelijk dat Batterij-Elektrisch varen het meest voordelige zero-emissie alternatief is voor de veerdienst, wanneer ook de additionele ombouw bij initieel op biodiesel varen in ogenschouw wordt genomen.

Ook hier is het echter zo dat om een garantie te kunnen geven op de betrouwbaarheid en beschikbaarheid op de korte termijn het niet geadviseerd om een maximale (100%) uitstoot reductie van deze variant in de aankomende concessie op te nemen, maar een kleiner percentage. Hiermee wordt een mogelijkheid tot een transitiepad gecreëerd waarbij er minder druk op de ontwikkeling van de elektrische infrastructuur komt te liggen.

Er zijn mogelijkheden om de relatieve financiële impact te verkleinen, waarbij ook de betrouwbaarheid en beschikbaarheid verbeterd (alternatief 1). Verder bestaat de mogelijk om de financiële impact verder te verkleinen door concessies te doen op de betrouwbaarheid en beschikbaarheid van de veerdienst. Met betrekking tot de betrouwbaarheid en beschikbaarheid wordt verwezen naar het algemene advies beschreven in paragraaf 13.1.

Het advies voor Ameland is gelijk aan dat voor Schiermonnikoog.

Elektrische infrastructuur
De veerdienst naar Ameland kan op 2 manieren worden opgeladen. Dit kan aan beiden kanten gebeuren (financieel voordeligst), maar ook enkel aan de vaste wal. Het enkel laden aan de vaste wal leidt tot een kleine financiële verhoging. Het effect is echter dat er geen additionele wadkabel benodigd is wat leidt tot lagere maatschappelijke kosten en een kleinere impact op het milieu gedurende het aanleggen van die kabel. Het advies is om vanuit te overheid te beslissen of het wenselijk is een additionele kabel aan te leggen in samenspraak met Liander en andere belanghebbenden.

In beiden gevallen zal het onderstation wat het elektriciteitsnet voedt, moeten worden uitgebreid. Ook hiervoor is het advies om dit in samenspraak met Liander op te starten.

Indien de elektrische infrastructuur niet gereed is aan het begin van de concessie zal het niet mogelijk zijn om aan de uitstoot eis te voldoen. Hier dient rekening mee gehouden te worden binnen de aanbesteding, bijvoorbeeld door middel van een mogelijk transitie pad. Ook door de onzekerheid die bestaat omtrent het verplaatsen van de veerhaven (Holwerd, Ferwert) lijkt dit additionele voordelen te bieden.

13.2.3 Concessie Waddenveren - Oost

De verschillende combinaties tussen de alternatieve vervoersconcepten en het gebruik van alternatieve energiedragers leiden niet tot andere inzichten dan die voor de individuele routes. Het advies voor de algehele concessie met betrekking tot de uitstoot is daarom gelijk:

"Om de creativiteit binnen de aanbesteding te behouden is het advies om, afhankelijk van de eisen aan betrouwbaarheid en beschikbaarheid, geen specifieke oplossingsrichting/aandrijving maar een minimum emissiereductie percentage met betrekking tot het energieverbruik van het schip te eisen. Dit percentage kan gekozen worden aan de hand van beleidskaders en/of de gebiedsambities. Het kan daarbij enerzijds een vast percentage zijn waarbij gelijk de doelstellingen voor het einde van concessie gehaald worden of anderzijds kan er gewerkt worden met een variabel percentage gedurende de concessie, lees transitiepad. Mogelijke additionele emissiereducties, aangeboden door een rederij, kunnen daarbij positief worden meegenomen in de beoordeling. De mate waarin deze wordt meegenomen kan bepaald worden door een afweging te maken tussen de financiële haalbaarheid, de reductie in uitstoot en het maatschappelijk belang van een lage / nul-emissie veerdienst."

De laagste minimum emissiereducties binnen de toekomstige concessie die daarbij gesteld kan worden zijn daarbij de doelstelling uit het Fit for 55 programma: 55% in 2030, 70% in 2035, 80% in 2040.

Wanneer de hoogte van het minimum percentage groter is dan 65% (reductie met biodiesel) is het van belang dat de elektrische walinfrastructuur gereed is voor de start van de concessie. Dit lijkt voor beide eilanden een uitdaging door de looptijd. Zoals eerder beschreven zal er hierdoor aan het begin van de concessie niet volledig voldaan kunnen worden aan de uitstoot eis. Hier dient rekening mee gehouden te worden binnen de aanbesteding, bijvoorbeeld door middel van een mogelijk transitiepad.

13.2.4 Terschelling

Financiën en uitstoot

Uit elk alternatief binnen de analyse komt naar voren dat:

- Varen op bio-LNG voor de MS Willem de Vlamingh / MS Willem Barentz en batterij-elektrisch varen voor alle nieuwe veren heeft relatief de minst grote financiële impact op de veerdienst, naast het gebruik van fossiele energiedragers en het volledig gebruik voor alle veerboten van biologische varianten van fossiele energiedragers.
- Deze optie, waarbij gebruik wordt gemaakt van een mix van groene energiedragers, heeft de 2 na grootste uitstoot reductie.
- Daarnaast heeft het varen met een mix van groene energiedragers de één na grootste CO_2eq [t] besparing per jaar ten opzichte van de procentuele ticketprijsstijging, naast biodiesel.

De beleidskaders voor de toekomstige concessie stellen een uitstootreductie als doel. Daarmee vallen de opties voor fossiele brandstoffen af als mogelijkheden. Hierdoor zijn de meest financieel aantrekkelijke opties als energiedragers:

- Batterij-elektrisch
- Biodiesel
- Een energiemix met batterij-elektrisch + bio-LNG

Hierbij is biodiesel geen optie voor de volledige concessie door gelijke redenen als beschreven onder het kopje Schiermonnikoog.

Om bovenstaande redenen is het aannemelijk dat batterij-elektrisch en een energiemix met batterij-elektrisch en bio-LNG de meest voordelige groene alternatieven zijn.

De optie van de energiemix heeft een uitstoot reductie van 95% t.o.v. het enkel varen op diesel en voldoet daarmee aan de beleidskaders voor de komende concessieperiode. Er moet hierbij echter vermeld worden dat het op het moment onduidelijk is in hoeverre bio-LNG beschikbaar komt en dat hierbij het prijsniveau onzeker is. Dit is verder beschreven in het vooronderzoek. Dit heeft een negatief effect op de betrouwbaarheid en beschikbaarheid van een lage uitstoot veerdienst.

Er zijn mogelijkheden om de bio-LNG aangedreven schepen meer/minder in te zetten of om op de korte termijn goedkopere, maar minder groene, varianten van bio-LNG te kopen. Dit zou de betrouwbaarheid en beschikbaarheid verbeteren. Een gering aanbod, of onbetaalbare prijzen, kunnen ook worden opgelost door tijdelijk LNG te gebruiken, wat echter voor die specifieke dienst een verhoging van de uitstoot met zich mee brengt.
Om de betrouwbaarheid en beschikbaarheid te kunnen garanderen wordt het daarom niet geadviseerd om een maximale (95%) uitstoot reductie van deze variant in de aankomende concessie op te nemen, maar een kleiner percentage.

Er zijn mogelijkheden om de relatieve financiële impact te verkleinen door verdere verbeteringen door de voeren. Positieve verbeteringen die geen consequenties hebben op de betrouwbaarheid en beschikbaarheid zijn:

1. Langzamer varen voor de sneldienst (binnen dit onderzoek 5 min)
2. Gewichtsbesparing voor de nieuwe schepen

Andere mogelijkheden voor verbeteringen die een kleine impact hebben op de betrouwbaarheid en beschikbaarheid zijn:

1. Verdere spreiding van dienstregeling om gelijktijdig laden zo veel mogelijk te voorkomen
2. Langer stilliggen van de snelveer op Terschelling en in Harlingen.

Met betrekking tot keuzes omtrent de betrouwbaarheid en beschikbaarheid en het daarbij horende advies wordt verwezen naar het algemene advies beschreven in paragraaf 13.1.

Om de creativiteit binnen de aanbesteding te behouden is het advies om, afhankelijk van de eisen aan betrouwbaarheid en beschikbaarheid, geen specifieke oplossingsrichting/aandrijving

maar een minimum emissiereductie percentage met betrekking tot het energieverbruik van het schip te eisen. Dit percentage kan gekozen worden aan de hand van beleidskaders en/of de gebiedsambities. Het kan daarbij enerzijds een vast percentage zijn waarbij gelijk de doelstellingen voor het einde van concessie gehaald worden of anderzijds kan er gewerkt worden met een variabel percentage gedurende de concessie, lees transitiepad. Mogelijke additionele emissiereducties, aangeboden door een rederij, kunnen daarbij positief worden meegenomen in de beoordeling. De mate waarin deze wordt meegenomen kan bepaald worden door een afweging te maken tussen de financiële haalbaarheid, de reductie in uitstoot en het maatschappelijk belang van een lage / nul-emissie veerdienst.

De laagste minimum emissiereducties binnen de toekomstige concessie die daarbij gesteld kan worden zijn daarbij de doelstelling uit het Fit for 55 programma: 55% in 2030, 70% in 2035, 80% in 2040.

Daarnaast wordt er geadviseerd om eisen te stellen aan het energieverbruik van nieuwe schepen. Dit kan gedaan worden door een positieve beoordelingscriteria te koppelen aan een lager energieverbruik. Een lager energieverbruik zorgt voor kleinere investeringen in de elektrische walinfrastructuur en heeft daardoor positieve neveneffecten niet alleen voor de komende concessie maar over de gehele levenscyclus van het schip.

Elektrische infrastructuur
De veerdienst naar Terschelling zal moeten worden opgeladen beiden op Terschelling en in Harlingen. Bij enkel laden in Harlingen zal er binnen de uitgewerkte concepten maar een 50% emissiereductie t.o.v. diesel kunnen worden behaald. Voor beiden laadlocaties zijn er mogelijkheden om te laadinfrastructuur, relatief t.o.v. het huidige vervoersconcept, te optimaliseren. In alle gevallen blijft er echter een benodigde infrastructuur over die in de huidige situatie onhaalbaar is voor beiden Terschelling en Harlingen.

Voor Terschelling betekent dit dat bij batterij-elektrisch varen voor de snelveer, de vrachtboot en de vervanging van de MS Friesland er een additionele wadkabel nodig is. Het aanleggen van deze additionele wadkabel heeft beiden positieve en negatieve effecten. De kabel zal bijdragen aan de verdere verduurzaming en toekomstbestendigheid van het eiland in het algemeen, maar zal een negatieve impact hebben op het natuurgebied.

Voor beiden Terschelling en Harlingen zal het onderstation wat het elektriciteitsnet voedt moeten worden uitgebreid.

Voor beiden gevallen wordt geadviseerd om deze trajecten snel op te starten om mogelijke vertragingen te voorkomen. Het aanleggen van een mogelijk additionele wadkabel zal verder moeten worden uitgewerkt in samenspraak met Liander en andere belanghebbenden.
Het aanleggen van een additionele wadkabel zal niet gereed zijn voor de start van de toekomstige concessie. Hierdoor zal er aan het begin niet voldaan kunnen worden aan de uitstoot eis. Hier dient rekening mee gehouden te worden binnen de aanbesteding, bijvoorbeeld door middel van een mogelijk transitiepad. Hierbij zouden rederijen bijvoorbeeld aan kunnen bieden om door te varen met de huidige schepen op biodiesel, nieuwe batterij-elektrische schepen te kopen die een biodiesel back-up hebben, of tijdelijk andere schepen te huren die op biodiesel varen. Alternatief kan er gekozen worden voor waterstof als energiedrager, waarbij wel rekening gehouden dient te worden met de consequenties met betrekking tot de financiële haalbaarheid, stand van de technologie en betrouwbaarheid voor de verschillende aandrijvingen.

13.2.5 Vlieland

Financiën en uitstoot

Uit het geoptimaliseerde infrastructuur alternatief komt naar voren dat:

- Batterij-elektrisch varen voor alle nieuwe veren relatief de minst grote financiële impact heeft op de veerdienst, naast het gebruik van fossiele energiedragers en biodiesel
- Batterij-elektrisch varen heeft de grootste uitstoot reductie tezamen met waterstof
- Daarnaast heeft het varen met een mix van groene energiedragers de één na grootste CO_2eq [t] besparing per jaar ten opzichte van de procentuele ticketprijsstijging, naast biodiesel.

De beleidskaders voor de toekomstige concessie stellen een uitstootreductie als doel. Daarmee vallen de opties voor fossiele brandstoffen af als mogelijkheden. Hierdoor zijn de meest financieel aantrekkelijke opties als energiedragers:

- Batterij-elektrisch
- Biodiesel

Biodiesel valt af als alternatief om gelijke redenen als bij Terschelling, Ameland of Schiermonnikoog.

Om bovenstaande redenen is het aannemelijk dat batterij-elektrisch varen het meest voordelige groene alternatief is.

Er zijn mogelijkheden om de relatieve financiële impact te verkleinen door verdere verbeteringen door de voeren. Positieve verbeteringen die geen consequenties hebben op de betrouwbaarheid en beschikbaarheid zijn:

1. Langzamer varen voor de sneldienst (binnen dit onderzoek 5 min)
2. Gewichtsbesparing voor de nieuwe schepen

Andere mogelijkheden voor verbeteringen die een kleine impact hebben op de betrouwbaarheid en beschikbaarheid zijn:

3. Verdere spreiding van dienstregeling om gelijktijdig laden zo veel mogelijk te voorkomen
4. Langer stilliggen van de snelveer op Vlieland en Harlingen

Met betrekking tot keuzes omtrent de betrouwbaarheid en beschikbaarheid en het daarbij horende advies wordt verwezen naar het algemene advies beschreven in paragraaf 13.1. Voor Vlieland wordt hierbij extra vermeld dat het uitvoeren van alle optimalisaties benodigd is om binnen het bruikbare vermogen van de huidige wadkabel te blijven. Onderstaand is hier meer over beschreven.

Om de creativiteit binnen de aanbesteding te behouden is het advies om, afhankelijk van de eisen aan betrouwbaarheid en beschikbaarheid, geen specifieke oplossingsrichting/aandrijving maar een minimum emissiereductie percentage met betrekking tot het energieverbruik van het schip te eisen. Dit percentage kan gekozen worden aan de hand van beleidskaders en/of de

gebiedsambities. Het kan daarbij enerzijds een vast percentage zijn waarbij gelijk de doelstellingen voor het einde van concessie gehaald worden of anderzijds kan er gewerkt worden met een variabel percentage gedurende de concessie, lees transitiepad. Mogelijke additionele emissiereducties, aangeboden door een rederij, kunnen daarbij positief worden meegenomen in de beoordeling. De mate waarin deze wordt meegenomen kan bepaald worden door een afweging te maken tussen de financiële haalbaarheid, de reductie in uitstoot en het maatschappelijk belang van een lage / nul-emissie veerdienst.

De laagste minimum emissiereducties binnen de toekomstige concessie die daarbij gesteld kan worden zijn daarbij de doelstelling uit het Fit for 55 programma: 55% in 2030, 70% in 2035, 80% in 2040.

Daarnaast wordt er geadviseerd om eisen te stellen aan het energieverbruik van nieuwe schepen. Dit kan gedaan worden door een positieve beoordelingscriteria te koppelen aan een lager energieverbruik. Een lager energieverbruik zorgt voor kleinere investeringen in de elektrische walinfrastructuur en heeft daardoor positieve neveneffecten niet alleen voor de komende concessie maar over de gehele levenscyclus van het schip.

Elektrische infrastructuur
De veerdienst naar Vlieland zal moeten worden opgeladen beiden op Vlieland en in Harlingen. Bij enkel laden in Harlingen zal er binnen de uitgewerkte concepten maar een 50% emissiereductie t.o.v. diesel kunnen worden behaald. Voor beiden laadlocaties zijn er mogelijkheden om te laadinfrastructuur, relatief t.o.v. het huidige vervoersconcept, te optimaliseren. Dit kan zo ver geoptimaliseerd worden dat de benodigde netaansluiting onder de 1,5 MW komt. Hierbij zijn echter kleine consequenties op de flexibiliteit van de dienstregeling en daarmee de beschikbaarheid van de veerdienst.

Voor Vlieland betekend een netaansluiting onder de 1,5 MW dat dit mogelijk zou zijn op de huidige wadkabel. Deze wadkabel is echter enkel uitgevoerd en heeft geen redundantie. Dit heeft als effect dat het uitvallen van de wadkabel resulteert in het uitvallen van de veerdienst. Dit kan opgelost worden op 2 manieren:

1. Back-up generatoren aan boord van de schepen met biodiesel (deze zijn mogelijk al benodigd via regelgeving)
2. Het aanleggen van een 2^{e} wadkabel om de betrouwbaarheid te waarborgen.

In beiden gevallen is de betrouwbaarheid gewaarborgd. Het aanleggen van deze additionele wadkabel heeft beiden positieve en negatieve effecten. De kabel zal bijdragen aan de verdere verduurzaming en toekomstbestendigheid van het eiland in het algemeen, maar zal een negatieve impact hebben op het natuurgebied. Het advies is om hierin een keuze te maken in samenspraak met Liander en andere belanghebbenden.

Het aanleggen van een additionele wadkabel zal niet gereed zijn voor de start van de toekomstige concessie. Hierdoor zal er aan het begin mogelijk niet volledig voldaan kunnen worden aan de uitstoot eis. Hier dient rekening mee gehouden te worden binnen de aanbesteding, bijvoorbeeld door middel van een mogelijk transitie pad. Hierbij zouden rederijen bijvoorbeeld aan kunnen bieden om door te varen met de huidige schepen op biodiesel, nieuwe batterij-elektrische schepen te kopen die een biodiesel back-up hebben, of tijdelijk andere schepen te huren die op biodiesel varen.

13.2.6 Concessie Waddenveren-West

De verschillende combinaties tussen de alternatieve vervoersconcepten en het gebruik van alternatieve energiedragers leiden niet tot andere inzichten dan die voor de individuele routes. Het advies voor de algehele concessie met betrekking tot de uitstoot is daarom gelijk aan die voor Terschelling:

"Om de creativiteit binnen de aanbesteding te behouden is het advies om, afhankelijk van de eisen aan betrouwbaarheid en beschikbaarheid, geen specifieke oplossingsrichting/aandrijving maar een minimum emissiereductie percentage met betrekking tot het energieverbruik van het schip te eisen. Dit percentage kan gekozen worden aan de hand van beleidskaders en/of de gebiedsambities. Het kan daarbij enerzijds een vast percentage zijn waarbij gelijk de doelstellingen voor het einde van concessie gehaald worden of anderzijds kan er gewerkt worden met een variabel percentage gedurende de concessie, lees transitiepad. Mogelijke additionele emissiereducties, aangeboden door een rederij, kunnen daarbij positief worden meegenomen in de beoordeling. De mate waarin deze wordt meegenomen kan bepaald worden door een afweging te maken tussen de financiële haalbaarheid, de reductie in uitstoot en het maatschappelijk belang van een lage / nul-emissie veerdienst."

De laagste minimum emissiereducties binnen de toekomstige concessie die daarbij gesteld kan worden zijn daarbij de doelstelling uit het Fit for 55 programma: 55% in 2030, 70% in 2035, 80% in 2040.

Wanneer de hoogte van het minimum percentage groter is dan 65% (reductie met biodiesel) is het van belang dat de elektrische walinfrastructuur gereed is voor de start van de concessie. Dit lijkt voor beide concessies een uitdaging door de looptijd. Zoals eerder beschreven zal er hierdoor aan het begin van de concessie niet volledig voldaan kunnen worden aan de uitstoot eis. Hier dient rekening mee gehouden te worden binnen de aanbesteding, bijvoorbeeld door middel van een mogelijk transitiepad.

14 Bibliografie

[1] EU, 28 08 2023. [Online]. Available: https://www.consilium.europa.eu/nl/press/press-releases/2021/06/28/council-adopts-european-climate-law/ .

[2] Rijksoverheid, 28 08 2023. [Online]. Available: https://www.rijksoverheid.nl/regering/coalitieakkoord-omzien-naar-elkaar-vooruitkijken-naar-de-toekomst/2.-duurzaam-land/klimaat-en-energie.

[3] IenW, „Agenda voor het Waddengebied 2050," 11 2020. [Online]. Available: https://open.overheid.nl/documenten/ronl-bf9f42f0-a686-4c34-bee1-253dc07d3bad/pdf.

[4] IenW, „Natura 2000 - beheerplan," 2016-2022.

[5] FME, „Green Shipping Waddenzee," 03 2020. [Online]. Available: https://www.fryslan.frl/_flysystem/media/green-shipping-waddenzee-programmadocument-d.d.-20-maart-2020.pdf .

[6] A. Amro, 28 08 2023. [Online]. Available: https://www.abnamro.com/research/nl/onze-research/wat-betekent-de-toetreding-tot-het-ets-voor-de-scheepvaart .

[7] DNV, 28 08 2023. [Online]. Available: MRV – The Monitoring, Reporting and Verification (MRV) system for the EU and UK - DNV.

[8] E. -. Lex, 28 08 2023. [Online]. Available: https://eur-lex.europa.eu/legal-content/NL/TXT/?uri=COM%3A2019%3A640%3AFIN.

[9] E. Parlement, 02 2017. [Online]. Available: https://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/BRIE/2017/599288/EPRS_BRI%282017%29599288_EN.pdf.

[10] EUR-Lex, 28 08 2023. [Online]. Available: https://eur-lex.europa.eu/legal-content/NL/TXT/PDF/?uri=CELEX:02012L0027-20230504.

[11] E. Parlement, „Richtlijn 2018/2001," 2018.

[12] E. Commissie, „Restructuring the Union framework for the taxation of energy products and electricity," EUR-lex, 2021.

[13] C. o. t. EU, 28 08 2023. [Online]. Available: https://www.consilium.europa.eu/en/press/press-releases/2023/07/25/fueleu-maritime-initiative-council-adopts-new-law-to-decarbonise-the-maritime-sector/.

[14] SER, 28 08 2023. [Online]. Available: https://www.ser.nl/nl/thema/imvo/wetgeving/eu-duurzaamheidsrapportage#:~:text=De%20CSRD%20is%20een%20Europese,er%20niet%20direct%20onder%20vallen.

[15] H. E. Parlement, „VERORDENING VAN HET EUROPEES PARLEMENT EN DE RAAD inzake batterijen en afgedankte batterijen, tot wijziging van Richtlijn 2008/98/EG en Verordening (EU) 2019/1020 en tot intrekking van Richtlijn 2006/66/EG," 2023.

[16] H. E. p. e. d. Raad, „Verordening (EU) 2020/852," *Publicatieblad van de Europese Unie* , 2020.

[17] EUR-Lex, 03 28 2023. [Online]. Available: https://eur-lex.europa.eu/legal-content/NL/TXT/PDF/?uri=CELEX:52021DC0240&from=NL .

[18] H. E. P. e. d. Raad, „VERORDENING (EU) Nr. 1257/2013," *Publicatieblad van de Europese Unie* , 20 11 2013.

[19] ICCT, 28 08 2023. [Online]. Available: https://theicct.org/marine-imo-updated-ghg-strategy-jul23/.

[20] Rijksoverheid, „Emissie broeikasgassen in Europa, 1990 - 2016," 5 September 2018.
[21] E. commissie, „establishing a framework for ensuring a secure and sustainable supply of critical raw materials," 23 08 2023. [Online]. Available: https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/HTML/?uri=CELEX:52023PC0160.
[22] E. Commissie, „2021/0210(COD)," 2021.
[23] Liander, Interviewee, *Beschikbaarheid elektriciteitsnet.* [Interview]. 2023.
[24] ekwadraat, „Technisch programma Duurzaam Vlieland," 2021.
[25] ekwadraat, „Rapport Energieverkenning Terschelling," 2023.
[26] ekwadraat, „Rapport Energieverkenning Schiermonnikoog," 2023.
[27] Vattenfall, Interviewee, *Energieprijs.* [Interview]. 2023.
[28] G. Storage, „nieuws," [Online]. Available: https://giga-storage.com/nl/nieuws/giga-storage-kondigt-grootschalig-energieopslagproject-aan-in-belgie/. [Geopend 05 10 2023].
[29] Liander, „Tarieven voor aansluiting en transport elektriciteit voor klanten met een grootverbruikaansluiting 2023," 2023.
[30] D. Services, Interviewee, *Onderhoudskosten.* [Interview]. 2023.
[31] Engie, Interviewee, *Beschikbaarheid en prijsstelling waterstof.* [Interview]. 2023.
[32] IenW, Interviewee, *Regelgeving voor Waterstof en duurzaamheidseisen.* [Interview]. 2023.
[33] M. A. Dijkman, „Solving the LNG Load," TU Delft, 2016.
[34] D. Research, Interviewee, *Onderhoudskosten Waterstof.* [Interview]. 2023.
[35] L. Methanol, Interviewee, *Beschikbaarheid en prijsstelling Methanol.* [Interview]. 2023.
[36] BioMCN, Interviewee, *Beschikbaarheid en prijsstelling Methanol.* [Interview]. 2023.
[37] IenW, „Energieketens voor CO2-neutrale mobiliteit," 2022.
[38] Wartsila, Interviewee, *Onderhoudskosten Methanol motoren.* [Interview]. 2023.
[39] S. Partners, „TOWARDS CLEANER AND MORE SUSTAINABLE SHIPPING:," 2018.
[40] T. LNG, Interviewee, *Kosten en beschikbaarheid bio-LNG.* [Interview]. 2023.
[41] ShipandBunker, 14 08 2023. [Online]. Available: https://shipandbunker.com/prices/emea/nwe/nl-rtm-rotterdam#MGO.
[42] C. Delft, „Afbouw vrijstelling accijnzen bunkerbrandstoffen," 2023.
[43] NESTE, 14 08 2023. [Online]. Available: https://www.neste.com/investors/market-data/biodiesel-prices-sme-fame#0f84b4f1.
[44] IenW, „Vervoersconcessie Waddenveren-Oost," 05, 24, 2011.
[45] IenW, „Vervoersconcessie Waddenveren-West," 05, 24, 2011.
[46] E. Commissie, „Richtlijn 2014/23/EU," 2014.
[47] PIANOO, „Europese openbare en niet-openbare procedures," 07 08 2023. [Online]. Available: www.pianoo.nl/nl.
[48] Overheid, „Aanbestedingswet 2012," 2012.
[49] IenW, Interviewee, *Aanbestedingsprocedures.* [Interview]. 28 08 2023.
[50] MVI, „MVI Criteria," 08 2023. [Online]. Available: https://www.mvicriteria.nl/en/webtool?cluster=6#//43/3//en.
[51] Doeksen, „Dienstregeling Doeksen," 23 08 2023. [Online]. Available: https://www.rederij-doeksen.nl/vrachtboot .

[52] Wagenborg, „Vervoersplan 2023," 2022.

[53] MARIN, „DIMENSIONERING VAARGEUL HOLWERD – NES - aanvullend onderzoek," 2023.

[54] D. Research, „Vertrouwelijk intern onderzoek," 2023.

[55] Rijkswaterstaat, „Waterkaarten," 15 09 2023. [Online]. Available: https://downloads.rijkswaterstaatdata.nl/peilkaarten/Waddenzee/Borndiep/NNDW_2023-75111.pdf.

[56] E. a. PIANOO, „Europese openbare en niet-openbare procedures".

[57] Het Europees Parlement en de Raad, „Richtlijn 2014/23/EU betreffende het plaatsen van concessieovereenkomsten," 06 02 2014.

[58] [Online]. Available: https://www.fryslan.frl/_flysystem/media/green-shipping-waddenzee-programmadocument-d.d.-20-maart-2020.pdf .

15 Lijst met Tabellen

Tabel 1 Brandstofeigenschappen Elektriciteit, [22] 25
Tabel 2 Brandstofeigenschappen groene waterstof, [22] 30
Tabel 3 Brandstofeigenschappen methanol [22] 33
Tabel 4 Brandstofeigenschappen Bio-LN [22] 34
Tabel 5 Brandstofeigenschappen fossiel: Diesel [22] 36
Tabel 6 Brandstofeigenschappen HVO [22] 38
Tabel 7 Brandstofeigenschappen fossiel: LNG [22] 39
Tabel 8 Samenvatting van de betrouwbaarheid en beschikbaarheid per energiedrager en haar conversie/opslag technologie 40
Tabel 9 Operationeel profiel autoveer Vlieland 57
Tabel 10 Operationeel profiel snelveer Vlieland 57
Tabel 11 Vervoersaantallen Vlieland 2021 (*schuingedrukt* is een inschatting) [51] 59
Tabel 12 Energieverbruik per schip naar Vlieland 2021 60
Tabel 13 Operationeel profiel autoveer Terschelling 62
Tabel 14 Operationeel profiel snelveer Terschelling 62
Tabel 15 Vervoersaantallen Terschelling 2021 (*schuingedrukt* is een inschatting) 64
Tabel 16 Energieverbruik per schip naar Terschelling 2021 65
Tabel 17 Operationeel profiel autoveer Ameland 67
Tabel 18 Operationeel profiel snelveer Ameland 67
Tabel 19 Afvaarten AH 2021 68
Tabel 20 Vervoersaantallen Ameland 2021 (*schuingedrukt* is een inschatting) 69
Tabel 21 Energieverbruik per schip naar Ameland 2021 70
Tabel 22 Energieverbruik per schip naar Ameland 2021 72
Tabel 23 Operationeel profiel autoveer Schiermonnikoog 74
Tabel 24 Operationeel profiel snelveer Schiermonnikoog 75
Tabel 25 Afvaarten LS 2021 75
Tabel 26 Vervoersaantallen Schiermonnikoog 2021 (*schuingedrukt* is een inschatting) 76
Tabel 27 Energieverbruik per schip naar Ameland 2021 77
Tabel 28 Kost aspecten meegenomen in IRR-berekeningen 79
Tabel 29 Kost aspecten meegenomen in IRR-berekeningen 79
Tabel 30 Wijzigingen voor alternatieve vervoersconcepten Schiermonnikoog 80
Tabel 31 Schepen in dienstregeling voor alternatieve vervoersconcepten Schiermonnikoog 81
Tabel 32 Relatieve ticketprijstoename, uitstoot en effecten op betrouwbaarheid en beschikbaarheid voor alternatieve vervoersconcepten Schiermonnikoog (FC = Fuel Cell, ICE = Internal Combustion Engine) om tot een IRR=5% te komen 83
Tabel 33 Minimaal en maximaal benodigde laadinfrastructuur Schiermonnikoog 84
Tabel 34 Wijzigingen voor alternatieve vervoersconcepten Schiermonnikoog 85
Tabel 35 Schepen in dienstregeling voor alternatieve vervoersconcepten Ameland 86
Tabel 36 Relatieve ticketprijstoename, uitstoot en effecten op betrouwbaarheid en beschikbaarheid voor alternatieve vervoersconcepten Ameland (FC = Fuel Cell, ICE = Internal Combustion Engine) om tot een IRR=5% te komen 88
Tabel 37 Minimaal en maximaal benodigde laadinfrastructuur Ameland 90
Tabel 38 Relatieve ticketprijstoename voor alternatieve vervoersconcepten van de concessie Waddenveren-Oost (FC = Fuel Cell, ICE = Internal Combustion Engine) om tot een IRR=5% te komen 90

Tabel 39 Uitstoot voor alternatieve vervoersconcepten van de concessie Waddenveren-Oost (FC = Fuel Cell, ICE = Internal Combustion Engine) 91
Tabel 40 CO2eq [t] / jaar bespaard per % ticketprijsstijging voor alternatieve vervoersconcepten van de concessie Waddenveren-Oost (FC = Fuel Cell, ICE = Internal Combustion Engine) 92
Tabel 41 Mogelijkheden om tot een lagere relatieve prijsstijging te komen voor vervoersconcept A0-S0 94
Tabel 42 Wijzigingen voor alternatieve vervoersconcepten Terschelling 94
Tabel 43 Relatieve ticketprijstoename, uitstoot en effecten op betrouwbaarheid en beschikbaarheid voor alternatieve vervoersconcepten Terschelling (FC = Fuel Cell, ICE = Internal Combustion Engine) om tot een IRR=5% te komen 96
Tabel 44 Minimaal en maximaal benodigde laadinfrastructuur Terschelling – Bio-LNG + Batterij-Elektrisch 98
Tabel 45 Minimaal en maximaal benodigde laadinfrastructuur Terschelling – Batterij-Elektrisch 98
Tabel 46 Wijzigingen voor alternatieve vervoersconcepten Terschelling 98
Tabel 47 Relatieve ticketprijstoename, uitstoot en effecten op betrouwbaarheid en beschikbaarheid voor alternatieve vervoersconcepten Vlieland (FC = Fuel Cell, ICE = Internal Combustion Engine) om tot een IRR=5% te komen 100
Tabel 48 Minimaal en maximaal benodigde laadinfrastructuur Vlieland – Batterij-Elektrisch 102
Tabel 49 Relatieve ticketprijstoename voor alternatieve vervoersconcepten van de concessie Waddenveren-West (FC = Fuel Cell, ICE = Internal Combustion Engine) om tot een IRR=5% te komen 102
Tabel 50 Uitstoot voor alternatieve vervoersconcepten van de concessie Waddenveren-West (FC = Fuel Cell, ICE = Internal Combustion Engine) 103
Tabel 51 CO2eq [t] / jaar bespaard per % ticketprijsstijging voor alternatieve vervoersconcepten van de concessie Waddenveren-West (FC = Fuel Cell, ICE = Internal Combustion Engine) 104
Tabel 52 Mogelijkheden om tot een lagere relatieve prijsstijging te komen voor vervoersconcept T0-V0 106