



Vervolgonderzoek Bereikbaarheid Ameland 2030

Duurzaamheidsnotitie

Rijkswaterstaat - Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat

15 augustus 2023

Project	Vervolgonderzoek Bereikbaarheid Ameland 2030
Opdrachtgever	Rijkswaterstaat - Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat

Document	Duurzaamheidsnotitie
Status	Definitief
Datum	15 augustus 2023
Referentie	126248-6.2.5/23-013.305

Het kwaliteitsmanagementsysteem van Witteveen+Bos is gecertificeerd op basis van ISO 9001.

© Witteveen+Bos

Niets uit dit document mag worden verveelvoudigd en/of openbaar gemaakt in enige vorm zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van Witteveen+Bos noch mag het zonder dergelijke toestemming worden gebruikt voor enig ander werk dan waarvoor het is vervaardigd, behoudens schriftelijk anders overeengekomen. Witteveen+Bos aanvaardt geen aansprakelijkheid voor enigerlei schade die voortvloeit uit of verband houdt met het wijzigen van de inhoud van het door Witteveen+Bos geleverde document.

Informatie uit dit rapport is alleen te bezien in samenhang met de overige rapporten die onderdeel uitmaken van VBA2030, alsook de projectnota.

INHOUDSOPGAVE

1	INLEIDING	5
1.1	Doel van de duurzaamheidsnotitie	5
1.2	Leeswijzer	6
2	METHODIEK MILIEU EN KLIMAATIMPACT EN CIRCULARITEIT	7
2.1	Inleiding	7
2.2	Milieu- en klimaatimpact analyse	10
2.3	Circulariteit	11
3	MILIEU EN KLIMAATIMPACT PER ALTERNATIEF	13
3.1	Realisatie	13
3.2	Gebruiksfase	17
3.3	Over een periode van 70 jaar	18
4	CIRCULARITEITSKANSEN PER ALTERNATIEF	21
4.1	Benodigd en vrijkomend materiaal	21
4.2	Fasering	26
4.3	Toepassing door derden	35
5	DISCUSSIE	37
6	CONCLUSIES	38
7	REFERENTIES	40
	Laatste pagina	40

	Bijlage(n)	Aantal pagina's
I	Hoeveelheden	42
II	Baggerhoeveelheden	2
III	Brandstofverbruik	2
IV	Onderbouwing MKI berekeningen	3
V	Toewijzingstabel circulariteit	3

INLEIDING

Dit document betreft de duurzaamheidsnotitie van het project Vervolgonderzoek Bereikbaarheid Ameland 2030 (VBA2030). De notitie geeft voor de alternatieven uit fase 2 van VBA2030 een inzicht in de milieukosten van de alternatieven en een overzicht van de mogelijkheden voor circulariteit.

VBA2030

De opgave voor het VBA2030 is om te komen tot een duurzaam en betrouwbaar advies over de te volgen oplossingsrichting waarmee:

- 1 de betrouwbaarheid van de veerverbinding naar Ameland kan worden vergroot;
- 2 de bereikbaarheid van Ameland kan worden gegarandeerd;
- 3 de impact op natuur en milieu zo gering mogelijk is, mede door de baggeropgave te verminderen.

Er worden twee oplossingsrichtingen onderzocht voor de vaarverbinding naar Ameland en afgezet tegen de situatie 'niets doen'. Het betreft:

- oplossingsrichting 1: optimalisatie van het bestaande;
- oplossingsrichting 2: verplaatsen van de vertrek- en aankomstlocatie.

Het is van belang dat het advies bestuurlijk, financieel, technisch en juridisch realiseerbaar is.

1.1 Doel van de duurzaamheidsnotitie

Rijkswaterstaat wil in 2030 klimaatneutraal zijn en circulair werken. Dit betekent dat er geen broeikasgassen uitgestoten worden of dat deze uitstoot gecompenseerd wordt. Daarnaast betekent dit zo min mogelijk primaire (virgin) grondstoffen gebruiken en vrijkomende materialen veilig en hoogwaardig hergebruiken.

Deze duurzaamheidsnotitie draagt bij aan het inzicht in welke impact op milieu de verschillende alternatieven hebben. In deze notitie wordt dit vanuit een generiek perspectief benaderd. Dat wil zeggen dat de milieukosten van de alternatieven zijn bepaald op basis van berekeningen op basis van DuboCalc. Dit resulteert in een Milieu Kosten Indicator (MKI) per alternatief. Deze MKI bevat diverse milieu-impact categorieën, onder meer klimaatimpact. Hierbij wordt rekening gehouden met milieukosten van materialen, realisatie en onderhoud. Locatie specifieke milieueffecten (zoals effecten op het Natura 2000-gebied Waddenzee) worden in de berekeningen niet meegenomen. Deze komen binnen het project VBA2030 aan bod in de effectbeoordeling natuur.

Naast de MKI-berekeningen wordt in de duurzaamheidsnotitie ook een overzicht gegeven van de mogelijkheden voor het reduceren van het gebruik van primaire grondstoffen en hergebruik van bestaande materialen over de gehele levenscyclus van de mogelijke alternatieven, inclusief meekoppelkansen en hergebruik door derden (circulariteit).

Duurzaamheid en circulariteit.

De begrippen duurzaamheid, klimaatneutraal, en circulariteit, houden nauw verband met elkaar. Duurzaamheid kan beschreven worden als een bestaanswijze waarop in de behoeften van de huidige generatie kan worden voorzien, zonder dat daarbij de mogelijkheden voor toekomstige generaties om in hun behoeften te voorzien wordt ingeperkt (vrije vertaling Brundtland definitie).

Het is dus een breed toepasbaar begrip dat diverse thema's raakt, waarbij vaak mensen (sociaal), planeet (milieu) en de economie als belangrijke pilaren worden gezien. De huidige klimaat- en biodiversiteitscrisis, en andere milieuproblemen zijn een resultaat van een groeiende wereldbevolking en snelle economische ontwikkeling. Het milieu is daarom een belangrijk aspect van duurzame ontwikkeling, waarbij onderwerpen als klimaat en ecologie weer onderdeel van het milieu zijn. Klimaatneutraal is daarmee een onderdeel van duurzaamheid.

De circulariteit (of een circulaire economie) biedt een alternatief voor ons huidige -lineaire- systeem. In een circulaire economie wordt de druk op het milieu kleiner en blijven sociale en economische ontwikkelingen mogelijk. Er worden geen eindige grondstofvoorraden uitgeput en reststoffen kunnen volledig opnieuw worden ingezet in het systeem. Energie is afkomstig van hernieuwbare bronnen.

Deze duurzaamheidsnotitie is een voorverkenning om inzicht in mogelijke milieukosten (som van milieu-impact categorieën) te geven van de verschillende alternatieve maatregelen en circulaire kansen te identificeren. Gezien het vroege ontwerpstadium bieden de resultaten inzicht op orde-grootte.

1.2 Leeswijzer

In hoofdstuk 2 worden de methodes voor de milieu- en klimaat impact analyse en de beoordeling van de circulariteitskansen kort toegelicht, waarbij ook uitgangspunten worden gegeven. In hoofdstuk 3 worden de resultaten voor milieu- en klimaatimpact weergegeven. Circulariteit wordt beschreven in hoofdstuk 4. Hoofdstuk 5 beschrijft de discussie en in hoofdstuk 6 wordt de conclusie op basis van de resultaten gegeven.

2

METHODIEK MILIEU EN KLIMAATIMPACT EN CIRCULARITEIT

2.1 Inleiding

In dit hoofdstuk wordt de methode voor het bepalen van de Milieu en klimaatimpact (MKI) van de alternatieven toegelicht. Ook wordt beschreven op welke wijze de mogelijkheden voor het reduceren van het gebruik van primaire (virgin) grondstoffen en hergebruik van bestaande materialen geïnterpreteerd zijn. Ten behoeve van de leesbaarheid worden in deze inleiding eerst de verschillende alternatieven op hoofdlijnen beschreven.

In fase 2 van VBA2030 worden binnen de twee oplossingsrichtingen, in totaal 6 alternatieven overwogen. Deze alternatieven worden in detail beschreven in Ontwerpdossier alternatieven fase 2 [ref. 1] en VBA2030 notitie maakbaarheid alternatieven [ref. 2].

Relevante kenmerken van alternatief 1.1 (afbeelding 2.1) zijn:

- ophogen bestaande veerdam bij Nes;
- nieuwe hybride veerdam bij Holwert en verwijderen van bestaande veerdam bij Holwert;
- veerdienst middels twee autoschepen en één grote sneldienst;
- toekomstig baggerbezwaar: 1,9 - 2,0 Mm³/jaar.

Afbeelding 2.1 Alternatief 1.1



Relevante kenmerken van alternatief 1.2 (afbeelding 2.2) zijn:

- ophogen bestaande veerdam bij Nes;
- ophogen bestaande veerdam bij Holwert;
- veerdienst middels drie kleinere autoschepen en één grote sneldienst;
- toekomstig baggerbezwaar: 1,8 - 1,9 Mm³/jaar.

Afbeelding 2.2 Alternatief 1.2



Relevante kenmerken van alternatief 1.3 (afbeelding 2.3) zijn:

- ophogen bestaande veerdam bij Nes;
- ophogen bestaande veerdam bij Holwert;
- veerdienst middels twee autoschepen (bij hoogwater) en één grote sneldienst;
- toekomstig baggerbezwaar: 1,2 - 1,3 Mm³/jaar.

Afbeelding 2.3 Alternatief 1.3



Relevante kenmerken van alternatief 2.1 (afbeelding 2.4) zijn:

- ophogen bestaande veerdam bij Nes;
- nieuwe veerdam als grond dam bij Ferwert en verwijderen van bestaande veerdam bij Holwert;
- veerdienst middels twee autoschepen en één kleine sneldienst;
- toekomstig baggerbezwaar: 0,6 Mm³/jaar.

Afbeelding 2.4 Alternatief 2.1



Relevante kenmerken van alternatief 2.2 (afbeelding 2.5) zijn:

- ophogen bestaande veerdam bij Nes;
- nieuwe hybride veerdam nabij Ferwert en verwijderen van bestaande veerdam bij Holwert;
- veerdienst middels twee autoschepen en één grote sneldienst;
- toekomstig baggerbezwaar: 0,6 Mm³/jaar.

Afbeelding 2.5 Alternatief 2.2



Relevante kenmerken van alternatief 2.3 (afbeelding 2.6) zijn:

- ophogen bestaande veerdam bij Nes;
- nieuwe hybride veerdam nabij Ferwert en verwijderen van bestaande veerdam bij Holwert;
- veerdienst middels drie kleinere autoschepen en één grote sneldienst;
- toekomstig baggerbezwaar: 0,5 Mm³/jaar.

Afbeelding 2.6 Alternatief 2.3



Deze alternatieven worden vergeleken op hun uitvoering ten opzichte van de referentie situatie. Met uitzicht op de verwachte zeespiegelstijging is het op termijn noodzakelijk om ook de bestaande infrastructuur op te hogen. Met als doel om een goede vergelijking te kunnen maken is ook voor de referentiesituatie meegenomen dat ophoogwerkzaamheden nodig zijn om op termijn aan de beschikbaarheidseisen te voldoen. Deze zijn gebaseerd op de ophoogwerkzaamheden die nodig zijn voor variant 1.3:

- referentiesituatie:
 - ophogen bestaande veerdam bij Nes;
 - ophogen bestaande veerdam bij Holwert;
 - veerdienst middels twee autoschepen en één grote sneldienst;
 - toekomstig baggerbezwaar: 2,4 - 2,5 Mm³/jaar.

2.2 Milieu- en klimaatimpact analyse

Voor het opstellen van de duurzaamheidsanalyse zijn de volgende stappen doorlopen:

- 1 vaststellen van de hoeveelheden om de alternatieven te realiseren;
- 2 opstellen van de MKI-berekening;
- 3 analyse en interpretatie van de resultaten.

Het opstellen van de MKI-berekening vindt plaats door de MKI-waarde per materiaalstroom, en vervolgens per werkzaamheid of object te bepalen. Het bepalen van de MKI-waarde is gedaan met behulp van DuboCalc, het rekeninstrument van Rijkswaterstaat voor het bepalen van milieu-impact van GWW-projecten. Daarin wordt gebruik gemaakt van kengetallen uit de Nationale Milieudatabase (NMD). Deze kengetallen zijn verbonden aan producten, die verder in het verslag referentie productkaarten worden genoemd. De berekening is uitgevoerd conform de Bepalingsmethode Milieuprestaties Gebouwen en GWW-werken, een uitwerking van de Europese norm EN15804.

Scope

De volgende onderdelen van de alternatieven binnen fase 2 van VBA2030 vallen binnen de scope van de berekening:

- 1 realisatie en onderhoud:
 - aanlegwerkzaamheden:
 - binnendijkse infrastructuur (parkeerplaats + rotonde);
 - veerdam op palen;
 - havenhoofd (op palen);
 - gronddam inclusief aanleg van wegen;
 - ophoogwerkzaamheden pier Nes (en pier Holwert);
 - opbreekwerkzaamheden veerdam Holwert en herstellen bestaande zeedijk;
 - onderhoud;
- 2 gebruik: vaarverbinding en baggeronderhoud vaarweg.

Uitgangspunten

Bij het opstellen van de berekening zijn de volgende uitgangspunten gehanteerd:

- voor de onderhoudsperiode is een periode van 70 jaar aangehouden. Dat houdt in dat vervangingen van materialen met een kortere levensduur dan 70 jaar ook zijn meegenomen in de berekening;
- de volledige levenscyclus van materialen is meegenomen in de scope van de berekening, te weten:
 - productiefase;
 - transport;
 - aanlegfase;
 - onderhoud;
 - einde levensduur;
- de berekening is opgesteld op basis van de reeds beschikbare informatie. De nauwkeurigheid van de berekening sluit daarmee aan op de nauwkeurigheid van de aanwezige informatie en stadia van ontwerpen;
- bij het opsplitsen van de milieukosten per onderdeel, zijn de milieukosten voor het aanleggen van alle wegen tot het havenhoofd ondergebracht in het onderdeel 'gronddam', omdat het ontwerpdocument een verdere opsplitsing niet mogelijk maakte. Het onderdeel 'binnendijkse infrastructuur' omvat de aanleg van de binnendijkse parkeerplaats en rotonde.

Referenties

De volgende bronnen zijn gebruikt in het opstellen van de berekening:

- DuboCalc versie 6, d.d. 20 februari 2023;
- hoeveelheden op basis van input uit ontwerp:
 - hoeveelheden [bijlage I];
 - baggerhoeveelheden [bijlage II];
 - brandstofverbruik [bijlage III].

2.3 Circulariteit

Op basis van de varianten en hoeveelheden uit de milieu-impact berekening is de massa van de toegepaste en vrijkomende materialen per alternatief bepaald. Hierbij is op basis van het materiaal en fasering de geschiktheid voor hergebruik aangegeven. Ook zijn op basis van het materiaal de herkomst (primair, gerecycled of hernieuwbaar) en bestemming bij einde levensduur (hergebruik, hoogwaardige recycling, laagwaardige recycling, verbranding of stort) weergegeven als belangrijke indicatoren voor circulariteit. De verwachte fasering van werkzaamheden is gebaseerd op de eerder opgestelde notitie maakbaarheid [126248-6.2.4/23-007.941]. Bijlage V laat zien hoe de verschillende materialen zijn geclassificeerd, welke omrekeningsfactoren naar massa zijn gehanteerd en wat de herkomst en bestemming bij einde levensduur van het materiaal is.

2.3.1 Herkomst en bestemming van materialen

De herkomst en bestemming van materialen zijn belangrijke parameters voor circulariteit. Materiaal dat al eerder is toegepast is bijvoorbeeld meer circulair dan een materiaal dat voor het eerst onttrokken wordt aan de omgeving. Daarnaast is het circulair als het materiaal bij einde levensduur opnieuw toegepast zal worden, bijvoorbeeld door recycling. In deze paragraaf worden de definities die gebruikt worden onder 'herkomst' en 'bestemming' nader toegelicht.

Herkomst

Primair

Primair (virgin) materiaal is afkomstig uit eindige grondstofvoorraden en voor het eerst in de maatschappij toegepast. Mijnbouw en verwerking resulteren in nieuwe, primaire materialen. Door hoge milieubelasting en uitputting van eindige grondstofvoorraden moet toepassing van primair materiaal in een circulaire economie geminimaliseerd worden.

Secundair

Secundair (gerecycled) materiaal is eerder in de maatschappij toegepast, verwerkt en opnieuw toegepast. Dit betreft hoogwaardig en laagwaardige toepassingen. De milieubelasting van secundair materiaal is in de meeste gevallen lager dan primair materiaal. Daarnaast worden geen eindige grondstofvoorraden uitgeput, waardoor secundair materiaalgebruik gestimuleerd moet worden in een circulaire economie.

Hernieuwbaar

Hernieuwbaar (biobased) materiaal is afkomstig uit biologische processen die regeneratief zijn op menselijke tijdschaal. Hout uit bomen, vezels uit planten, maar ook plantaardige olie zijn voorbeelden van hernieuwbaar materiaal. Een hernieuwbaar materiaal kan een lagere milieubelasting hebben, maar is voornamelijk circulair omdat het geen eindige grondstofvoorraden uitput. Hierbij geldt als belangrijke kanttekening dat er sprake is van duurzaam verbouwen van het materiaal.

Bestemming van materialen bij einde levensduur

Afval

Afval is materiaal dat verloren raakt. Dit kan zijn omdat het op de vuilstort beland of verloren raakt in de omgeving. In een circulaire economie moet materiaal zo lang mogelijk behouden worden, waardoor afval geminimaliseerd moet worden.

Verbranding

Verbranding van materialen zorgt voor verlies van functie van het materiaal, maar ook voor de productie van energie. In een circulaire economie moet materiaal zo lang mogelijk behouden worden, waardoor ook verbranding geminimaliseerd moet worden. Door de winning van energie wordt er echter nog iets van waarde teruggewonnen.

Recycling

Laagwaardige recycling van materialen resulteert in de mogelijkheid om materiaal opnieuw toe te passen, maar niet in de originele toepassing. Het gebruik of de verwerkingsmethode zorgen er namelijk voor dat een materiaal degradeert in kwaliteit. Circulair materiaalgebruik vraagt om maximaal behoud van waarde, waardoor hoogwaardige recycling voorkeur heeft over laagwaardige recycling. Hoogwaardige recycling van materialen resulteert in de mogelijkheid om materiaal opnieuw toe te passen, in zelfde of vergelijkbare toepassing. Er is dus geen (of minimaal) verlies van kwaliteit. Circulair materiaalgebruik vraagt om maximaal behoud van waarde, waardoor hergebruik als product of element voorkeur heeft over recycling.

Hergebruik

Hergebruik als product of element in dezelfde functie (levensduurverlenging) of elders, zorgt voor maximaal behoud van waarde en voorkomt daarmee de noodzaak voor milieubelastende vervanging van deze producten of elementen.

3

MILIEU EN KLIMAATIMPACT PER ALTERNATIEF

De resultaten voor milieu- en klimaatimpact die volgen uit de MKI berekening worden in dit hoofdstuk weergegeven en toegelicht. De inzichten per alternatief zijn verdeeld in separate hoofdstukken met betrekking tot de 1) realisatiefase, 2) de gebruiksfase en 3) de totale milieu-impact. De onderbouwing van de schaling en de uitgangspunten voor de berekening zijn te vinden in bijlage IV.

3.1 Realisatie

Milieu- en klimaatimpact bouw- en opbrekwerkzaamheden

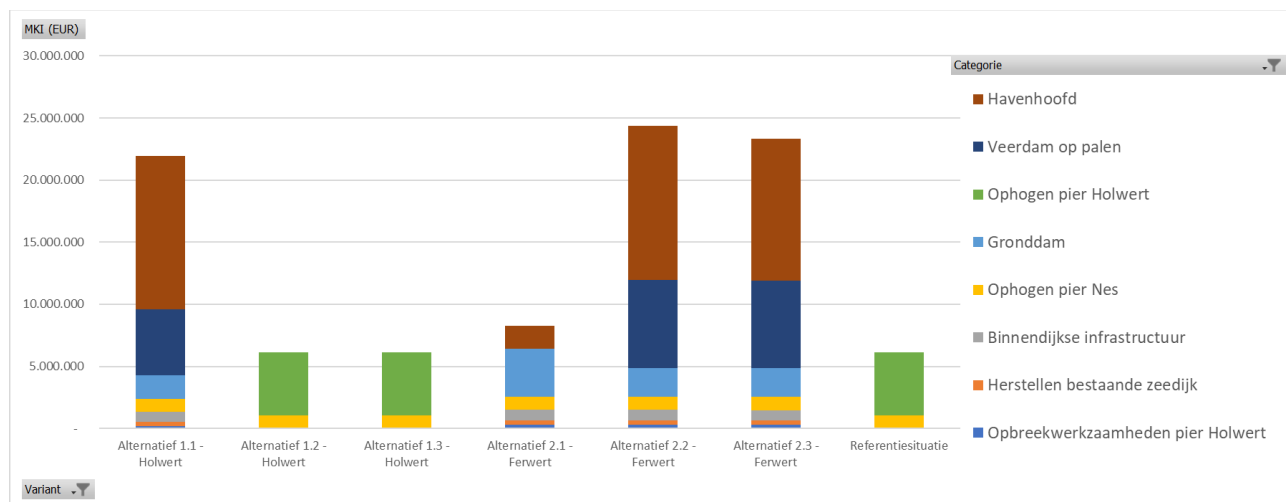
In afbeelding 3.1 en 3.2 zijn de milieu- en klimaatimpact van de aanleg en realisatie van de verschillende alternatieven, inclusief handhaven van de huidige situatie gepresenteerd. De onderdelen op de lijst zijn gepresenteerd van laagste naar hoogste bijdrage.

Alternatief 1.1, 2.2 en 2.3 hebben de grootste milieu-impact. Deze alternatieven hebben gemeen dat ze alle drie gebruik maken van een veerdam en havenhoofd op palen. Alternatief 1.2, 1.3 en de huidige situatie bevatten alle drie alleen ophoogwerkzaamheden van de bestaande veerdammen, waardoor de MKI om deze alternatieven te realiseren een stuk lager is. In alternatief 2.1 wordt de nieuwe veerdam als grond dam aangelegd. Dit alternatief ligt op vergelijkbare orde grootte als alternatief 1.2, 1.3 en huidig qua milieu-impact.

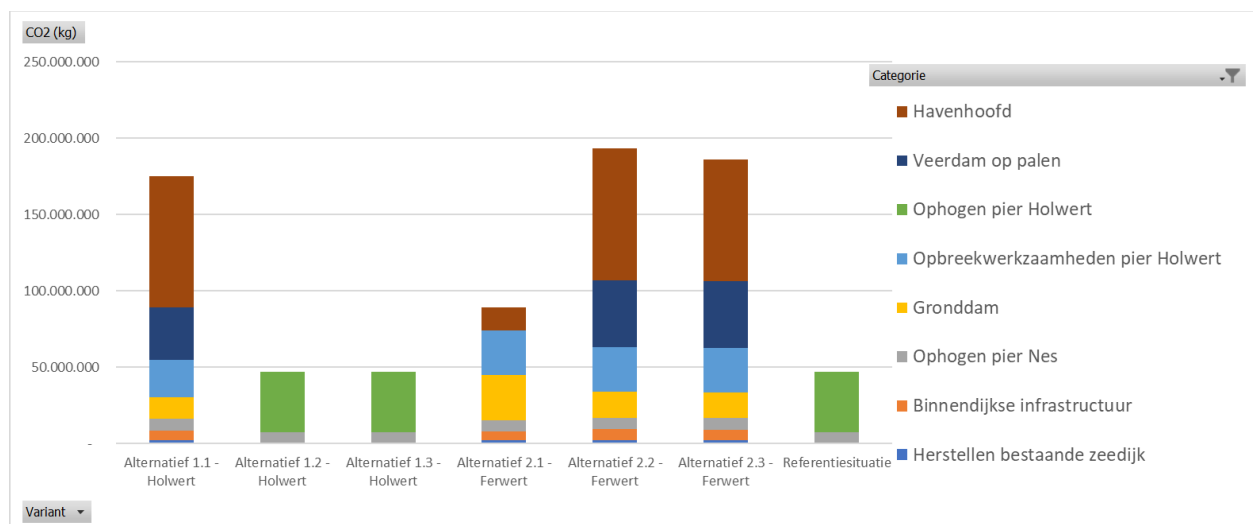
Met zicht op de realisatiefase kan er worden gesteld dat de alternatieven met een veerdam op palen (1.1, 2.2 en 2.3) een 3,5 tot 4 maal grotere milieu- en klimaat impact hebben dan alternatieven waarin de bestaande pier opgehoogd wordt (1.2, 1.3 en huidige situatie).

De veerdam op palen in Ferwert of Holwert plaatsen maakt op de milieu- en klimaat impact van de realisatie slechts een beperkt verschil. Dit komt met name doordat voor alle alternatieven met een veerdam op palen geldt dat het havenhoofd op palen de grootste (negatieve) impact heeft. Door havenhoofd op een grond lichaam te realiseren kan de MKI van het havenhoofd met 85 % gereduceerd worden (op basis van een vergelijking tussen alternatief 2.1 en alternatief 2.2).

Afbeelding 3.1 Milieu-impact [EUR MKI] bouw- en opbrekwerkzaamheden inclusief onderhoud over een periode van 70 jaar

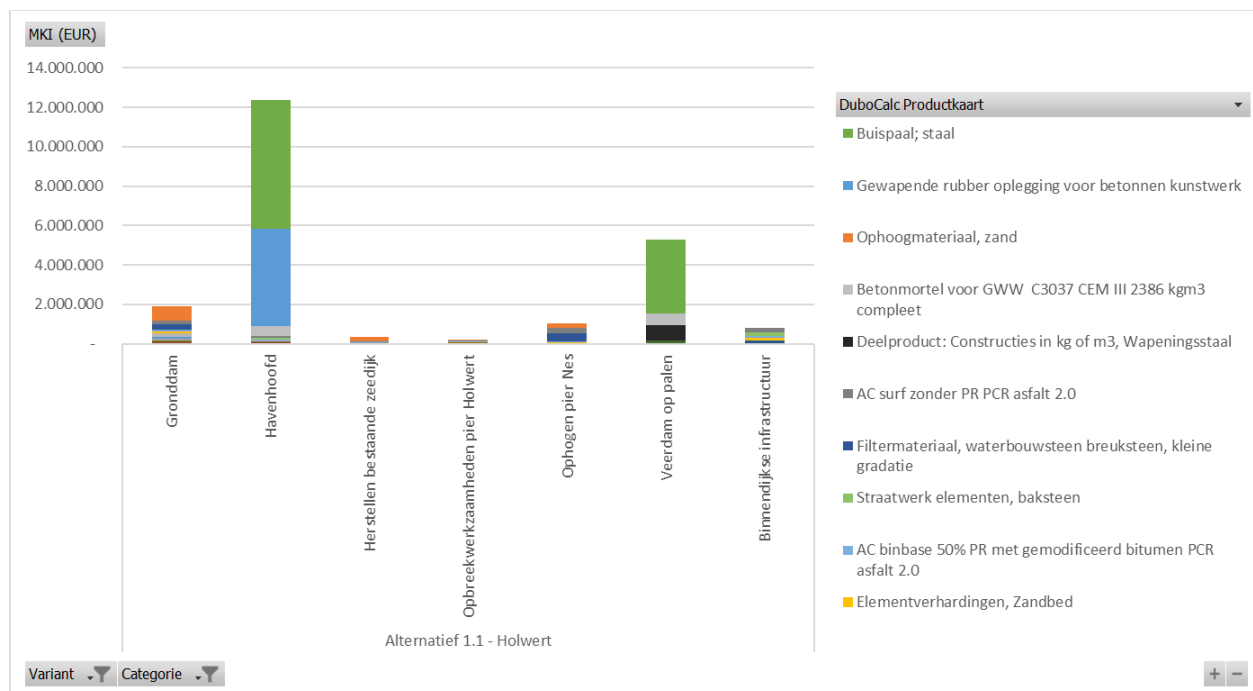


Afbeelding 3.2 Klimaatimpact [kg CO₂-eq] bouw- en opbrekwerkzaamheden inclusief onderhoud over een periode van 70 jaar

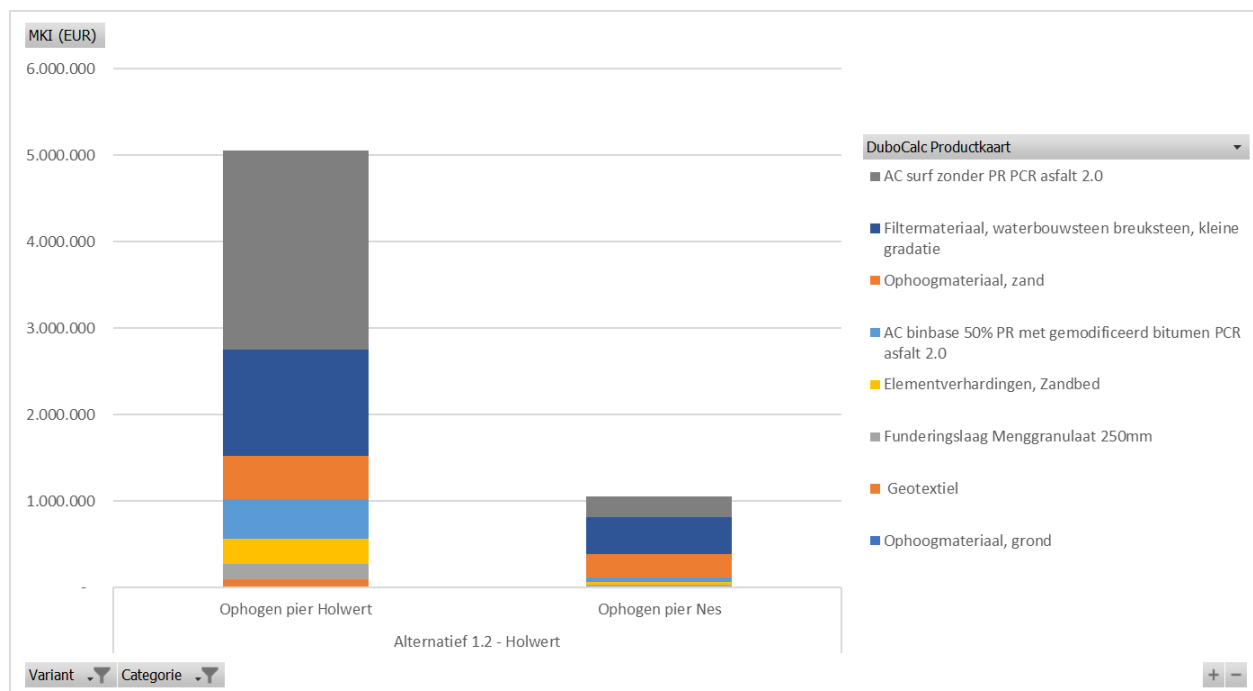


In afbeelding 3.3, 3.4, 3.5, 3.6 en 3.7 is de milieu-impact per alternatief gepresenteerd per onderdeel. De top 10 materialen (DuboCalc Productkaarten) zijn gesorteerd van grootste naar kleinste bijdrage aan de totale milieu-impact van de realisatie fase. Voor de hybride dam (Alternatief 1.1, 2.2 en 3.3) heeft met name het betondek op palen, waaronder de stalen buispalen en oplegpunten, een grote milieu impact. Daarna volgt de milieu impact voor het ophoogmateriaal zand.. De milieu impact van de ophoogwerkzaamheden (Alternatief 1.2, 1.3 en referentie) komen met name door de werkzaamheden van de verhardingen en het aanvullen van zand voor de grondnam. De top drie materialen die bijdragen aan de totale milieu impact voor deze alternatieven zijn daardoor asfalt, breuksteen en ophoogmateriaal zand. Voor de pier op grondnam in Ferwert (Alternatief 2.1) zijn de top drie materialen die bijdragen aan de milieu impact hetzelfde, maar een andere verdeling.

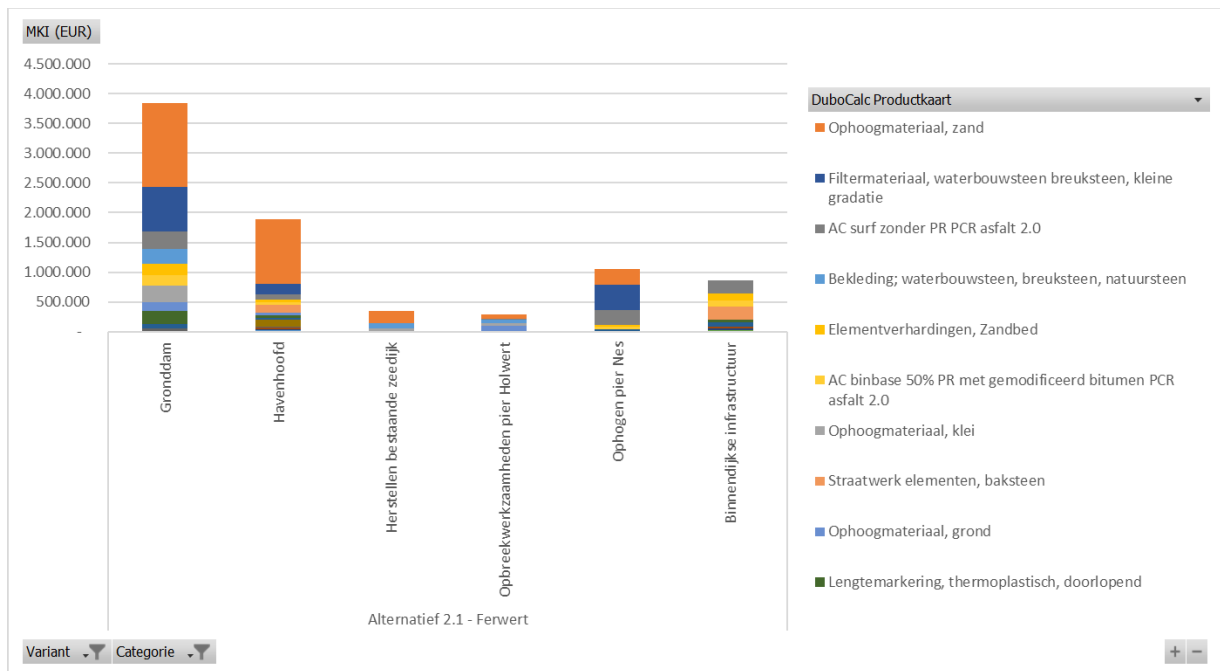
Afbeelding 3.3 Contributie van de top 10 materialen in de hybride dam Holwert (Alternatief 1.1) in EUR MKI



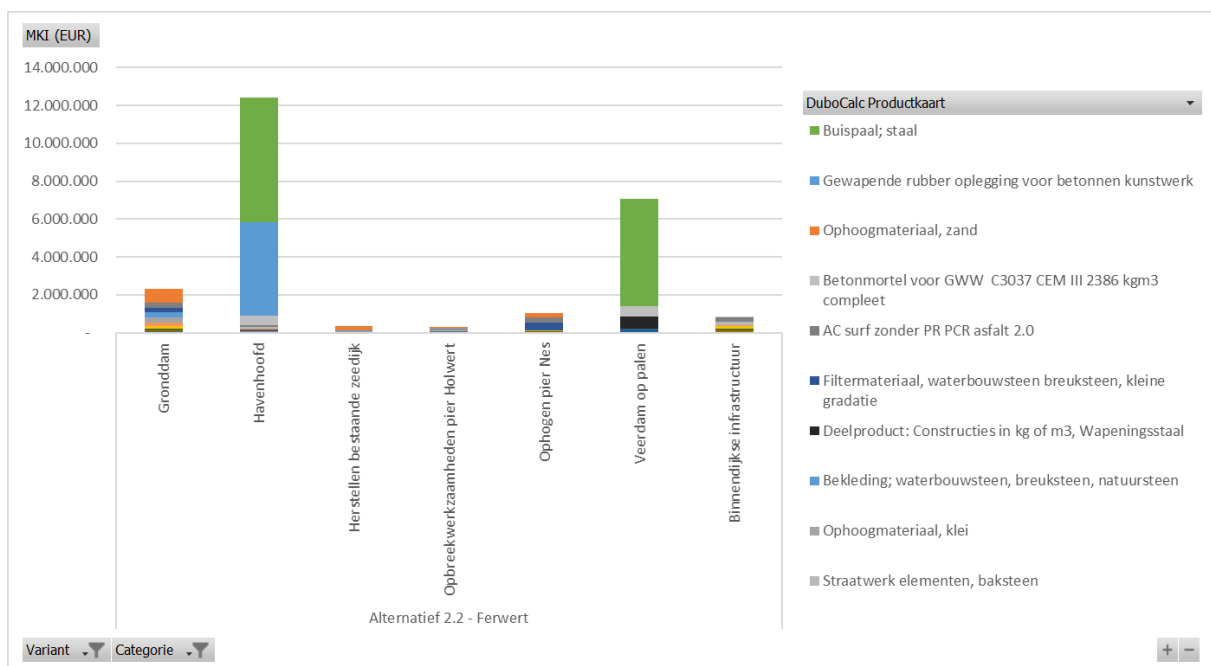
Afbeelding 3.4 Contributie van de top 10 materialen in de ophoogwerkzaamheden (Alternatief 1.2 en 1.3 + referentiesituatie) in EUR MKI



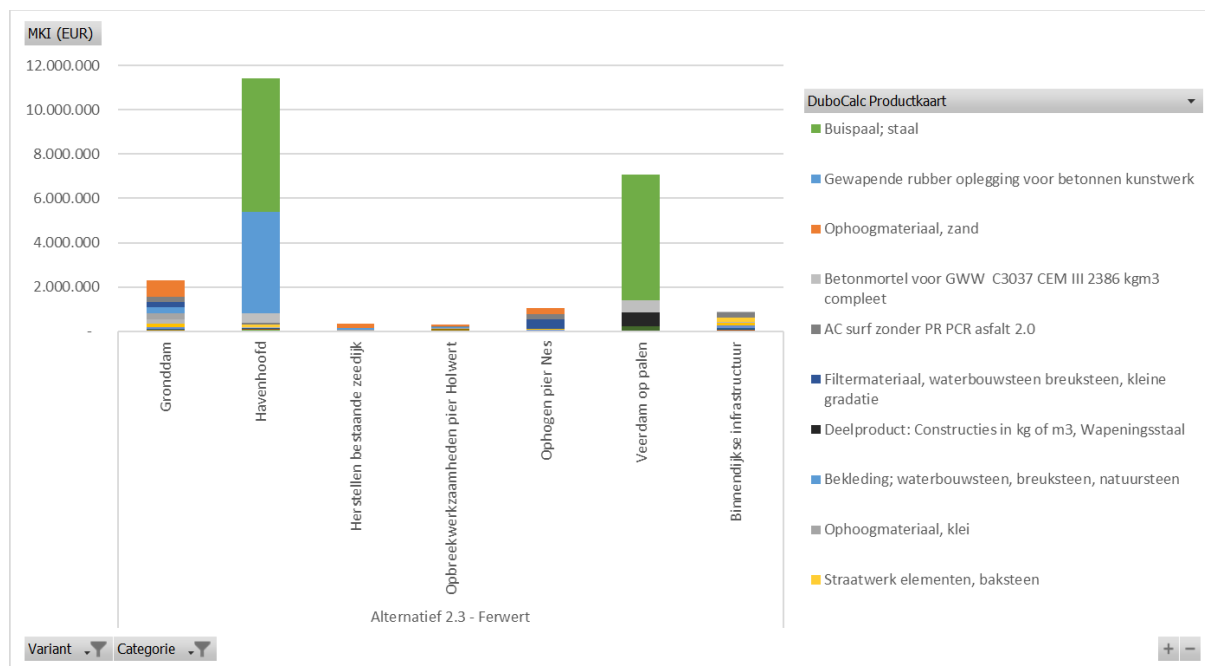
Afbeelding 3.5 Contributie van de top 10 materialen in de pier op grond dam Ferwert (Alternatief 2.1) in EUR MKI



Afbeelding 3.6 Contributie van de top 10 materialen in de hybride dam Ferwert (Alternatief 2.2) in EUR MKI



Afbeelding 3.7 Contributie van de top 10 materialen in de hybride dam Ferwert (Alternatief 2.3) in EUR MKI



3.2 Gebruiksfas

Milieu- en klimaat impact baggeronderhoud en veerdienstregeling

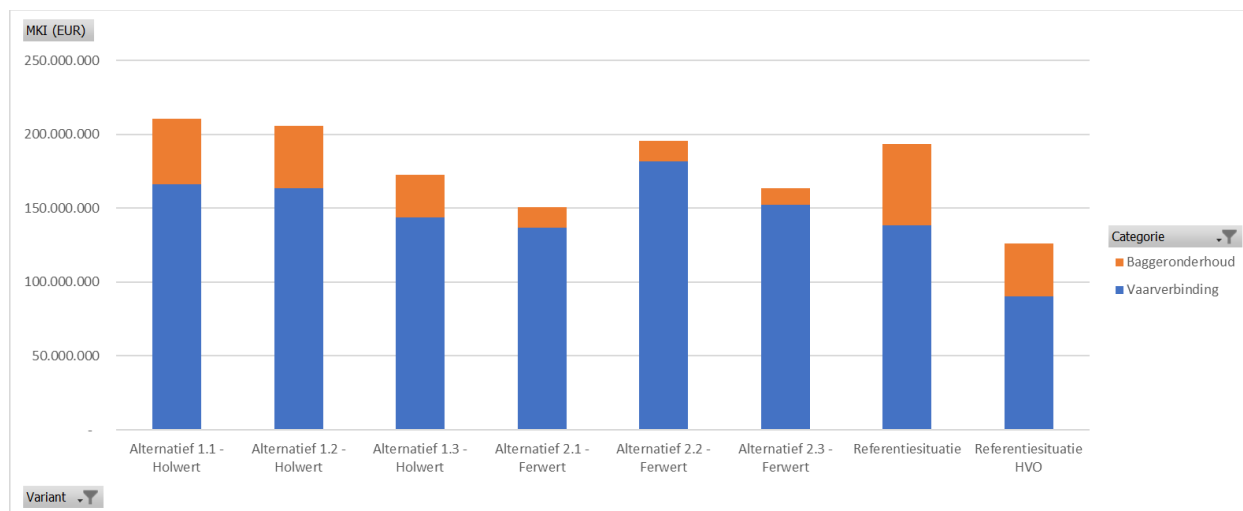
Afbeelding 3.8 en 3.9 tonen de totale milieu- en klimaatimpact voor de vaarverbinding en het toekomstig baggerbezwaar tijdens de gebruiksfas, voor de verschillende alternatieven in de periode 2030 tot 2100. Voor de huidige situatie is ook in kaart gebracht wat de milieu- en klimaatwinst zou zijn wanneer wordt gekozen voor biobrandstof, Hydrotreated Vegetable Oil (HVO), in plaats van Marine Diesel Oil (MDO).

De milieu- en klimaatimpact die veroorzaakt wordt door het varen van de veerboten (autoschepen en sneldienst) is in alle alternatieven fors hoger dan de impact van de baggerwerkzaamheden. Voor alternatief 2.1 en de referentiesituatie is deze het laagst. Dat komt doordat in deze alternatieven geen gebruik wordt gemaakt van een grote sneldienst met relatief hoge brandstofconsumptie (bijlage III). Door alternatief 2.1 en 2.2 te vergelijken wordt het effect van het inzetten van een grotere sneldienst op de milieu- en klimaatimpact inzichtelijk.

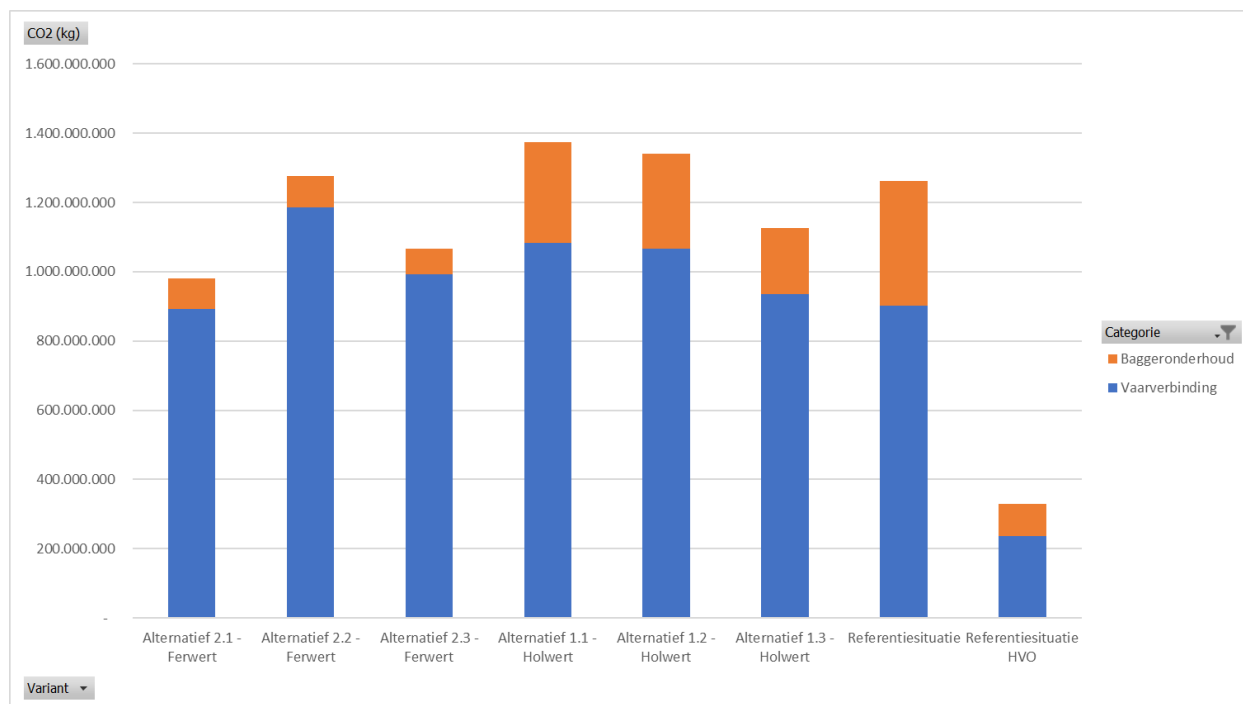
Bij alle alternatieven is de milieu- en klimaatimpact als gevolg van het baggeronderhoud lager dan in het referentiescenario. In geen van de alternatieven draagt het baggeronderhoud meer dan 30 % bij aan de totale milieu- en klimaatimpact in de gebruiksfas.

De berekeningen van de milieu- en klimaatimpact van de referentiesituatie waarin HVO wordt toegepast om de veerboten en baggerschepen aan te drijven laten zien welke milieu en klimaatwinst hiermee gehaald kunnen worden. Het vervangen van MDO door HVO leidt tot een reductie van 35 % in MKI EUR en 75 % in CO₂-eq. Deze percentuele milieu- en klimaat reductie bij het gebruik van HVO in plaats van MDO geldt ook voor alle alternatieven in gebruiksfas. Daar is dus een behoorlijke duurzaamheidswinst mee te bereiken.

Afbeelding 3.8 Milieu-impact [EUR MKI] vaarverbinding en baggerwerkzaamheden over een periode van 70 jaar



Afbeelding 3.9 Klimaatimpact [kg CO₂-eq] vaarverbinding en baggerwerkzaamheden over een periode van 70 jaar



3.3 Over een periode van 70 jaar

De bovenstaande analyse is gebaseerd op een levensduur van 70 jaar (van 2030 tot 2100). Wanneer een andere levensduur gehanteerd wordt, kan er een andere rangorde ontstaan van hoe de alternatieven scoren op totale milieu- en klimaatimpact. Om alle alternatieven te vergelijken met de referentiesituatie is het gemiddelde verbruik en baggerbezwaar per jaar gehanteerd om te berekenen waar het kantelpunt zit.

Dat is gedaan door middels van onderstaande formule:

$$\text{Kantelpunt (jaren)} = \frac{\text{EUR MKI realisatie (Alternatief } x) - \text{EUR MKI realisatie (referentiesituatie)}}{\text{EUR MKI gebruiksfase per jaar (referentiesituatie)} - \text{EUR MKI gebruiksfase per jaar (Alternatief } x)}$$

In Alternatief 1.1 liggen de realisatiefase en de gebruiksfase beiden hoger qua milieu- en klimaatimpact, dus is er geen levensduur scenario waarin deze lager zal uitvallen dan huidige scenario.

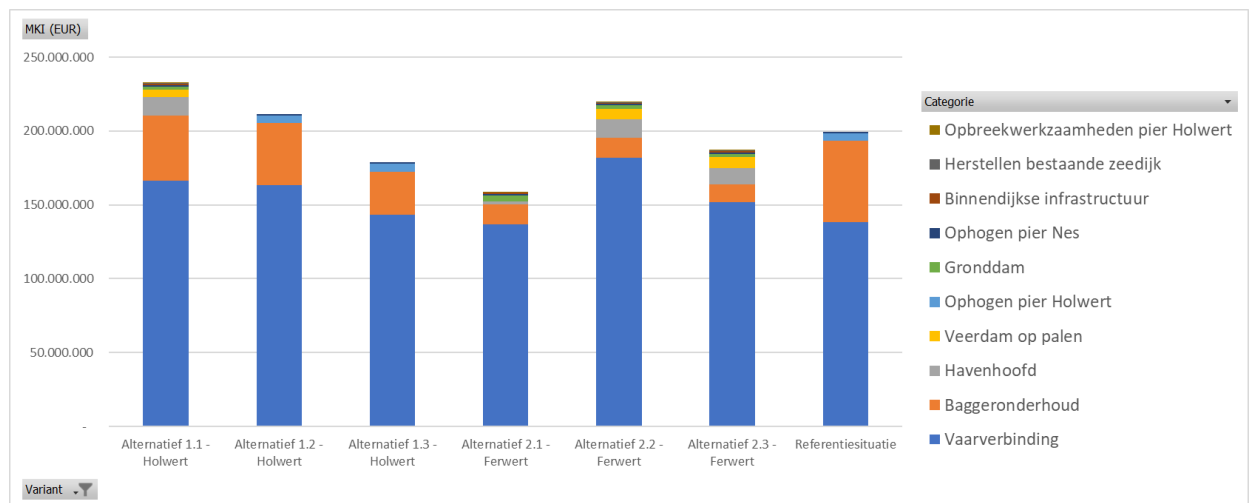
Alternatief 1.2 en 1.3 hebben dezelfde impact in de realisatiefase als de referentiesituatie, omdat hier in alle gevallen de realisatie bestaat uit het ophogen van de bestaande veerdammen bij Nes en Holwert. Daardoor ligt bij beiden het kantelpunt op de dag van de ingebruikname van het alternatief.

Alternatief 2.1 heeft een licht verhoogde milieu-impact in de realisatie fase ten opzichte van het huidige scenario. Er is echter slechts 3,5 jaar nodig om op gelijke milieu-impact te komen als het huidige scenario. De impact in de gebruiksfase is het laagst van alle alternatieven, waardoor het verschil met de referentiesituatie en met de overige alternatieven daarna per levensjaar toeneemt.

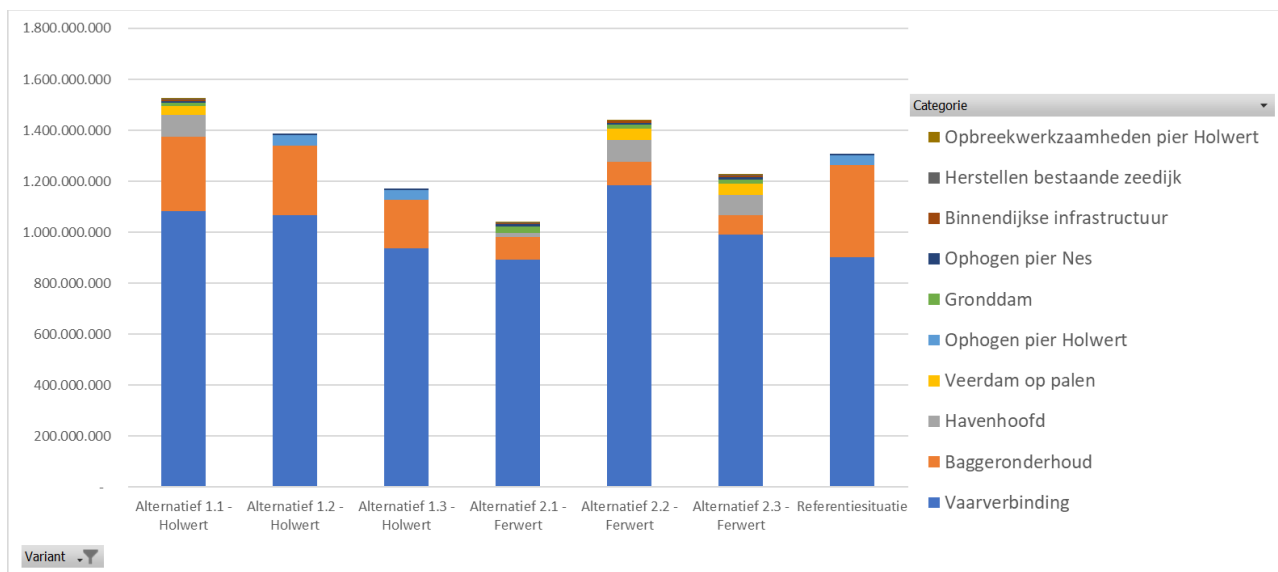
Net als in Alternatief 1.1 liggen de realisatiefase en de gebruiksfase van Alternatief 2.2 beide hoger qua milieu- en klimaatimpact. Daardoor is er geen levensduur scenario waarin deze lager uitvalt dan de referentiesituatie. Dit is met name een gevolg van de inzet van de grotere sneldienst in dit alternatief.

Alternatief 2.3 heeft vanaf 40 jaar na het in gebruik nemen van de nieuwe veerdienst eenzelfde milieu-impact als het doorzetten van de huidige vaardienst (referentiesituatie). Het alternatief scoort minder goed op milieu- en klimaat-impact dan alternatief 2.1, met name door de grotere sneldienst en de impact van realisatie van de veerdam inclusief havenhoofd op palen.

Afbeelding 3.10 Totale milieu-impact [EUR MKI] van alternatieven voor een periode van 70 jaar



Afbeelding 3.11 Totale klimaatimpact [kg CO₂-eq] van alternatieven voor een periode van 70 jaar



4

CIRCULARITEITSKANSEN PER ALTERNATIEF

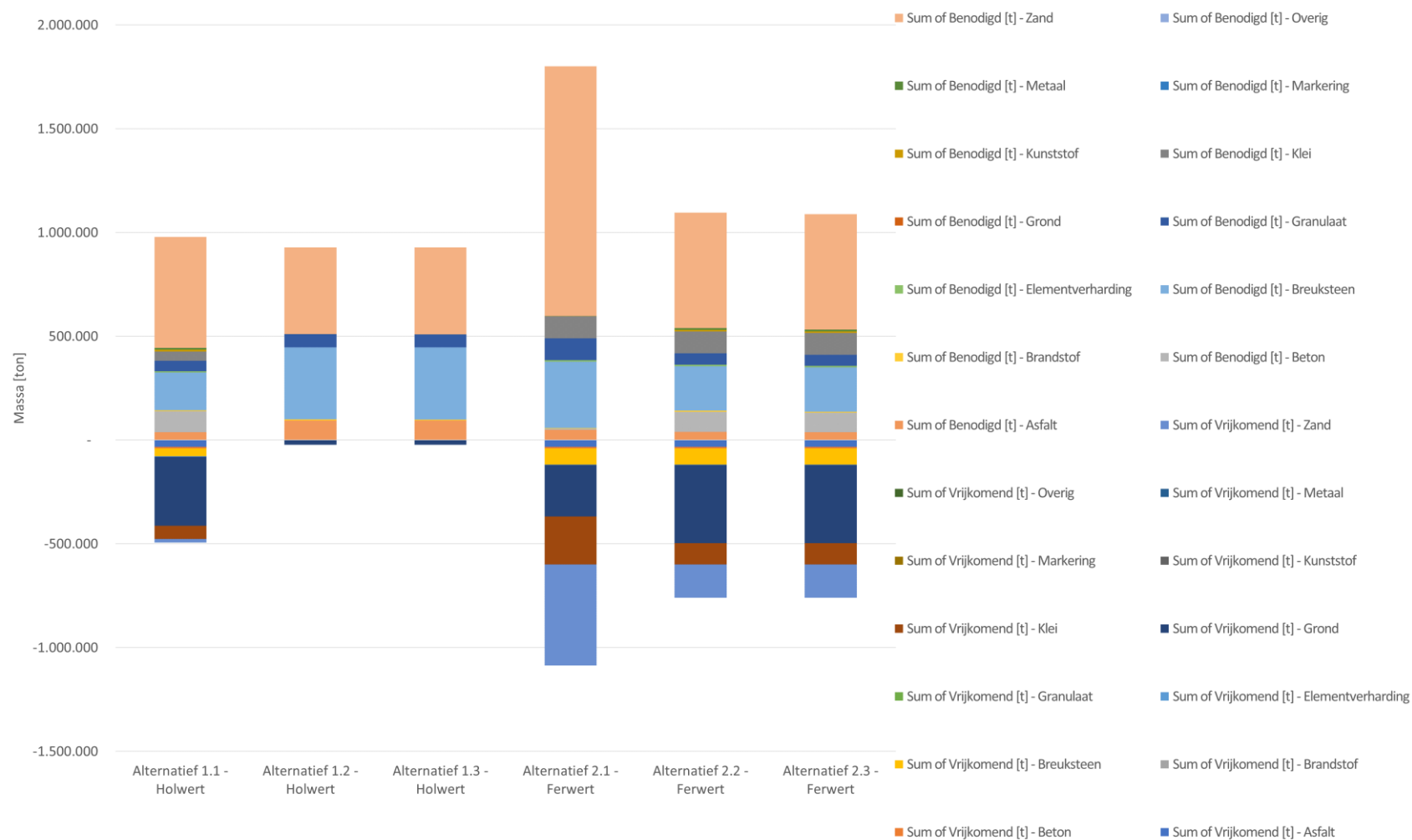
Voor circulariteit is een analyse van materiaalstromen uitgevoerd waarvan de resultaten in dit hoofdstuk worden beschreven. Om een overzicht te geven welke mogelijkheden er zijn voor verlaging van gebruik van (virgin/primaire) grondstoffen, geeft deze paragraaf het materiaalgebruik weer. Hierbij wordt onderscheid gemaakt in materiaalclassificatie (zand, beton, metaal, etc.), herkomst en bestemming bij einde levensduur. Met deze inzichten kan vrijkomend materiaal uit het project worden benut en kan ingezet worden op hoogwaardig en laagwaardig hergebruik van materialen. Dit kan direct binnen het project - zoals het sluiten van de grondbalans - en door de gehele keten waarbij hergebruik door derden wordt gerealiseerd.

4.1 Benodigd en vrijkomend materiaal

Afbeelding 4.1 toont voor de varianten het benodigde (positief) en vrijkomende materiaal (negatief) per materiaalklasse. In iedere materiaalklasse bevinden zich verschillende vergelijkbare materialen, bijvoorbeeld AC surf en AC bin/base binnen de klasse asfalt. Bijlage V geeft de classificatie weer.

Voor alternatief 1.1, 2.1, 2.2, en 2.3, is in afbeelding 4.1 te zien dat vrijkomende materialen substantieel zijn ten opzichte van de benodigde materialen. Hierbij zijn met name zand, breuksteen, grond en klei benodigd op basis van massa.

Afbeelding 4.1 Benodigde en vrijkomende materialen per alternatief



Grond, zand en klei - lokaal hergebruik

Voor een beter beeld van mogelijk binnen het project te sluiten stromen van zand, grond en klei geeft afbeelding 4.2 het benodigde (positief) en vrijkomende materiaal (negatief) voor deze selectie van materialen. Fasering van het project en kwaliteitseisen beperken de praktische mogelijkheden tot hergebruik. De beperkingen die volgen uit de fasering van het project worden verder toegelicht in paragraaf 4.2.

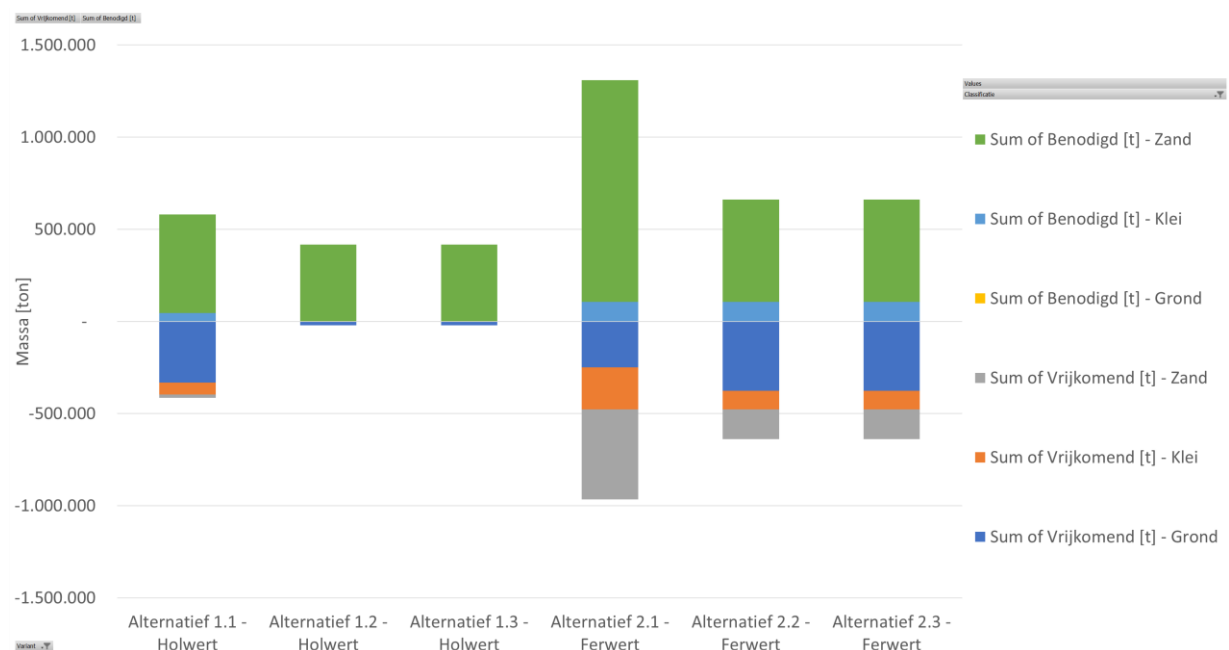
Voor alternatief 1.1 geldt dat voor de realisatie met name zand en een kleinere hoeveelheid klei benodigd is. Uit de werkzaamheden komt met name grond vrij, gevolgd door klei en een klein aandeel zand. De hoeveelheid vrijkomende klei is groter dan de benodigde hoeveelheid klei. Voor zand geldt dat er veel minder vrijkomt dan dat er benodigd is. Mogelijk kan een deel van het zand dat benodigd is voor de realisatie worden vervangen door grond. Nader onderzoek is nodig om de geschiktheid van de vrijkomende grond voor deze toepassing te bepalen.

Voor alternatief 1.2 en 1.3 zijn geen vrijkomende materialen beschikbaar om te hergebruiken.

Voor alternatief 2.1 is beduidend meer zand, grond en klei nodig dan voor alternatief 1.1. In dit alternatief komt ook meer materiaal vrij. Vrijgekomen materiaal uit afgegraven kwelder kan mogelijk gebruikt worden om kwelder te herstellen op locatie van de bestaande veerdam. Dan moet dit materiaal wel op een goede manier opgeslagen worden.

Variant 2.2 en 2.3 zijn met betrekking tot de materiaalstromen voor zand, grond en klei vrijwel identiek. Evenals voor alternatief 1.1 geldt dat de hoeveelheid vrijkomende en benodigde klei ongeveer in balans zijn en dat er voor de realisatie (veel) meer zand nodig is dan dat er vrij komt.

Afbeelding 4.2 Vrijkomende ten opzichte van benodigde massa's zand, klei en grond

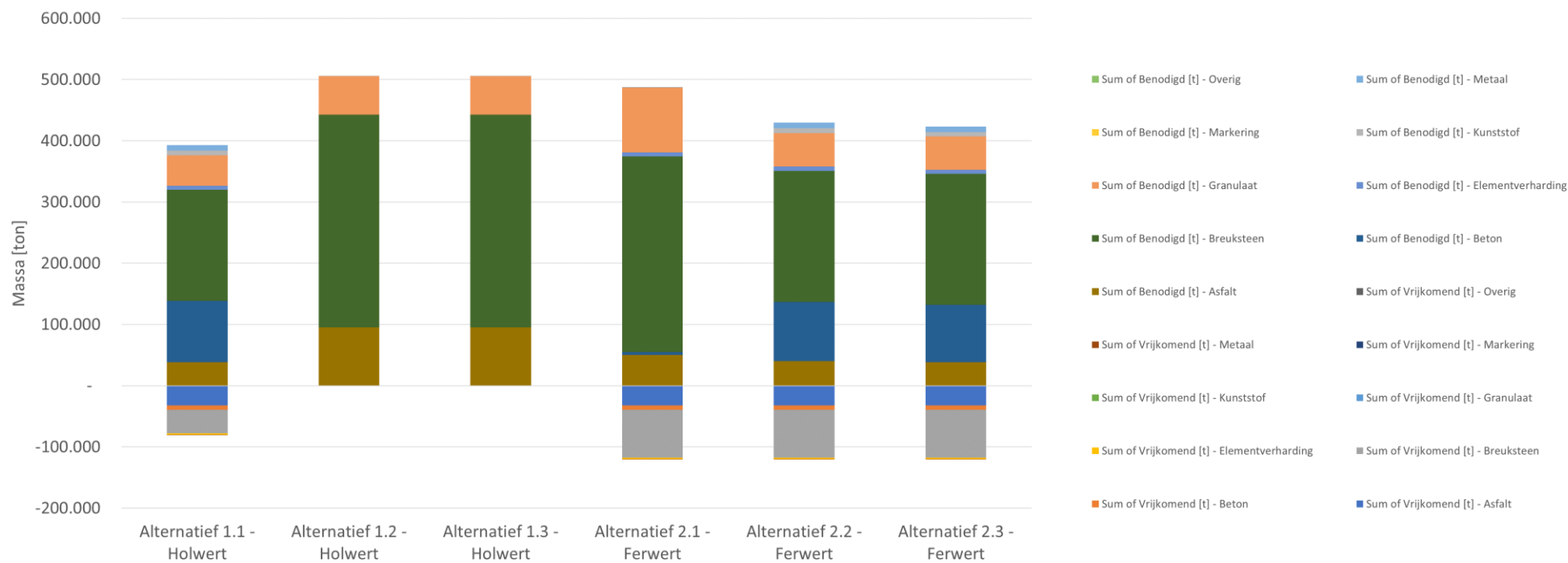


Overige materialen - lokaal en hergebruik door derden

Naast zand, grond en klei kunnen ook andere materialen die vrijkomen worden benut. Voor breuksteen en elementverharding geldt dat dit ook op projectlocatie direct benut kan worden, mits fasering en kwaliteitseisen het toelaten. Beton, granulaat en asfalt biedt ook mogelijkheden na enige verwerking. Voor metalen, kunststof en overig materiaal geldt dat deze extern eerst verwerkt moeten worden en daarmee niet (praktisch) binnen het project opnieuw toegepast kunnen worden.

Vrijkomend breuksteen biedt in variant 1.1, 2.1, 2.2 en 2.3 kans om direct hergebruikt te worden. Daarnaast is een substantieel aandeel van het vrijkomend materiaal asfalt waarmee, indien recycling op locatie mogelijk is en kwaliteit volstaat ook een groot deel van het benodigde asfalt kan worden voorzien.

Afbeelding 4.3 Overige vrijkomende en benodigde materialen



4.2 Fasering

Hergebruik van materialen binnen het project is afhankelijk van de fasering. Deze is deels als vastgelegd door de noodzaak de vaarverbinding in gebruik te houden. Mogelijkheden tot benutten van vrijkomende materialen wordt in deze paragraaf per alternatief beschouwd.

Kansen

De werkzaamheden die vallen onder 'Opbrekwerkzaamheden Holwert', vinden pas plaats wanneer de nieuwe veerdam (in alternatieven 1.1, 2.1, 2.2, en 2.3) in gebruik kunnen worden genomen. Voor de bouw van de nieuwe veerdam zijn de kansen op hergebruik daardoor beperkt.

Het 'Herstellen -zeedijk' vindt plaats na afgraven/opbrekwerkzaamheden. Dit proces lijkt dus geschikt om bijvoorbeeld klei, zand en breuksteen en damwanden te voorzien uit de vrijkomende materialen van de opbrekwerkzaamheden binnen het project. Hierbij moeten uitgezocht worden of er eventueel een depot nodig is om het tussentijds te bewaren. Een ander aandachtspunt is een technisch en milieu-hygiënische (ook PFAS) check op de kwaliteit van de materialen.

Een andere kans is om te wachten met 'Ophogen Nes' tot dat de opbrekwerkzaamheden van Holwert hebben plaatsgevonden. Dit zal wel voor uitstel zorgen van deze specifieke werkzaamheden en daardoor een langere doorlooptijd van het gehele project. Het biedt wel een kans om de klei/grond/zand in te zetten binnen het project. Klei heeft bepaalde kwaliteitseisen, en omdat het in dezelfde toepassing wordt gebruikt biedt dit goeie mogelijkheden voor hergebruik en kan dit leiden tot een vermindering in transport voor het halen van klei van andere locaties.

Asfalt van de wegen en parkeerdek zal waarschijnlijk ingezet kunnen worden binnen de vernieuwing van de wegen en parkeerdek, maar deze zal dan wel eerst naar een recycling locatie moeten worden gebracht, of er zou gekeken kunnen worden naar verwerking 'on-site'. Qua doorlooptijd kan hier nog naar gekeken worden hoe haalbaar dit is.

De volgende paragrafen laten per alternatief zien welke materialen en hoeveel daarvan door deze kansen beschikbaar zijn komen.

Alternatief 1.1, 2.2 en 2.3

In alternatieven 1.1, 2.2 en 2.3 is het meeste materiaal benodigd in de realisatie van de nieuwe pier Ferwert of Holwert, met name zand, klei en bestorting in de grondnam, zoals te zien is in afbeelding 4.4, 4.6 en 4.7. De grondnam wordt als eerst gebouwd, waardoor geen mogelijkheden tot benutten van vrijkomende materialen bestaat. Daarnaast is veel breuksteen en zand nodig bij het ophogen van de veerdam bij Nes. Om minder primair materiaal toe te passen in deze onderdelen, zal secundair materiaal uit de omgeving gezocht moeten worden. Mogelijk is voor het ophogen materiaal dat vrijkomt geschikt. Tabel 4.2, 4.3 en 4.4 tonen de fasering en mogelijkheden tot het benutten van vrijkomende materialen.

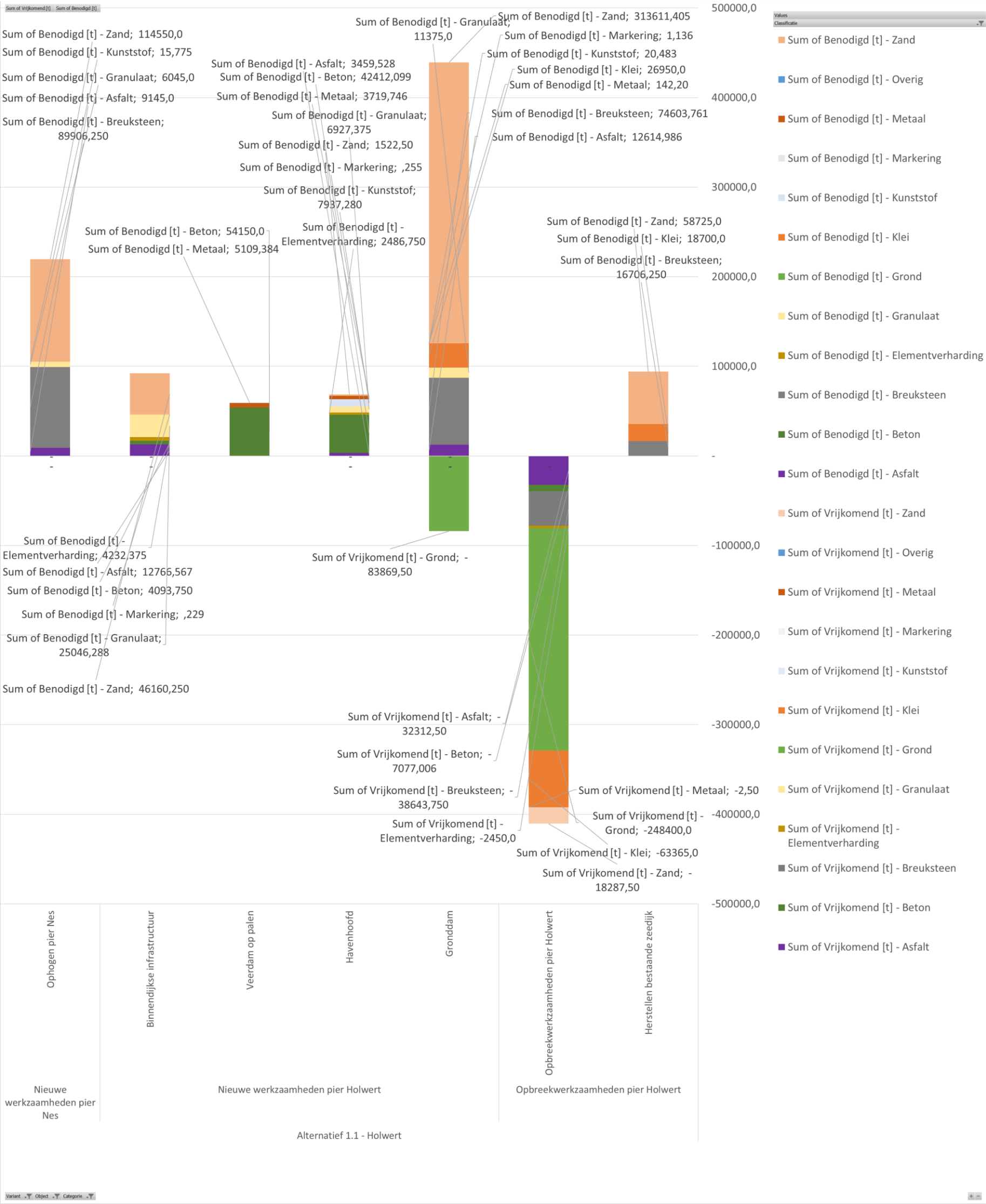
Alternatieven 1.2 en 1.3

Voor alternatieven 1.2 en 1.3 is geen vrijkomend materiaal beschikbaar. Mogelijk zijn kleine materiaalstromen uit werkzaamheden die in dit stadium nog niet zijn gekwantificeerd geschikt voor hergebruik.

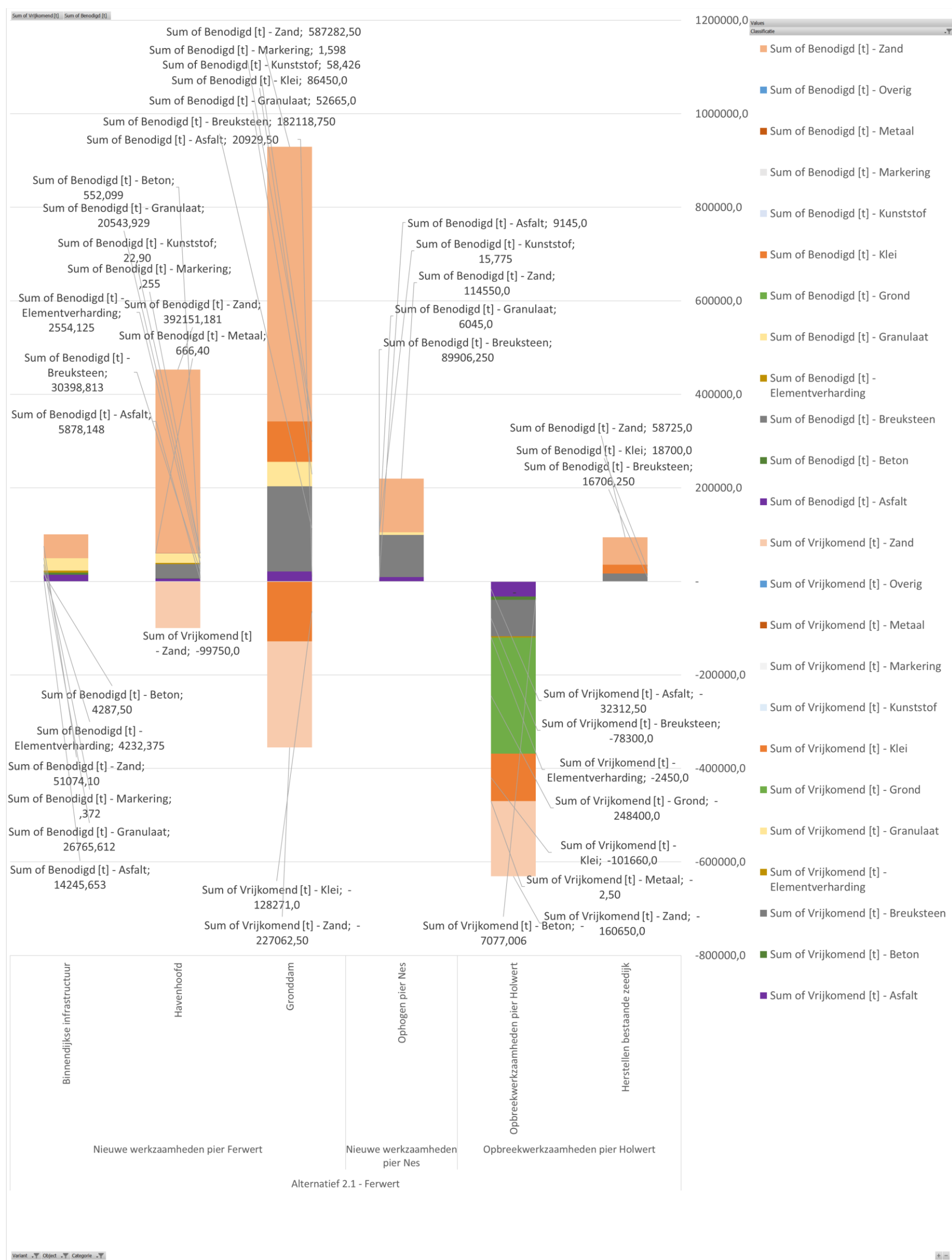
Alternatief 2.1

In alternatief 2.1. is het meeste materiaal benodigd in de realisatie van de nieuwe pier Ferwert, met name zand in de grondnam en het havenhoofd, zoals te zien is in afbeelding 4.5. De grondnam wordt echter als eerst gebouwd, waardoor geen mogelijkheden tot benutten van vrijkomende materialen bestaat. Tabel 4.1 laat de fasering en mogelijkheden tot benutten van vrijkomende materialen is.

Afbeelding 4.4 Alternatief 1.1. Holwert - Benodigd en vrijkomend materiaal per fase



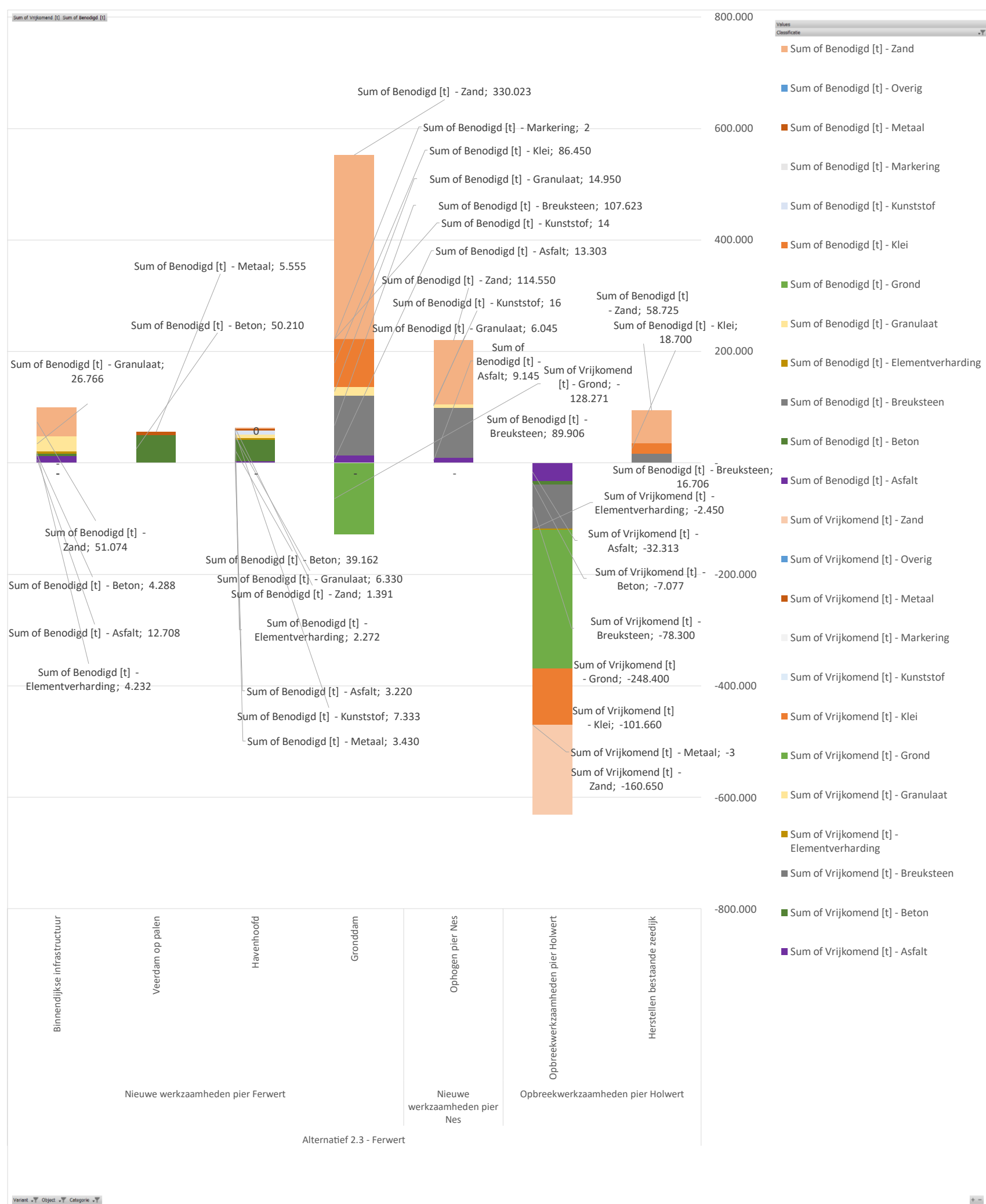
Abbeelding 4.5 Alternatief 2.1. Ferwert - Benodigd en vrijkomend materiaal per fase



Afbeelding 4.6 Alternatief 2.2. Ferwert - Benodigd en vrijkomend materiaal per fase



Abbeelding 4.7 Alternatief 2.3. Ferwert – Benodigd en vrijkomend materiaal per fase



Tabel 4.1 Fasering en mogelijkheden alternatief 1.1

Werkzaamheden	Termijn	Benodigd materiaal	Vrijkomend materiaal	Opmerking	Mogelijkheden materiaalstroom?
constructie veerdam op palen	52 weken	59.510 ton	-		-
constructie havenhoofd op palen	61 weken	68.481 ton	-	moet geconstrueerd worden na het deel van de veerdam op palen	-
binnendijkse infrastructuur	27 weken	92.299 ton		kan gelijktijdig met veerdam op palen, aannahme hier is dat het materiaal benodigd voor de gronddam via een andere route (over land) aan- en afgevoerd wordt	materiaal bij dat vrijkomt bij aanbrengen dijkovergang hergebruiken in afsluiten van de dijkovergang van de oude locatie veerdam. Afgegraven materiaal ten behoeve van binnendijkse parkeerplaats is hoogst waarschijnlijk klei en daardoor mogelijk inzetbaar voor dijkbekleding (afhankelijk van de kwaliteit). In de regio worden dijkversterkingsprojecten gerealiseerd, mogelijk kan de klei daar ook voor toegepast worden
constructie gronddam en aanbrengen dijkovergang	24 weken	439.319 ton	- 83.870 ton	gelijktijdig met dek op palen	-
constructie veerdam Nes	45 weken	219.662 ton	-	kan gelijktijdig met andere werkzaamheden	materiaal dat vrijkomt bij opruimen oude veerdam hier inzetten, met de kanttekening dat de doorlooptijd van dit alternatief toeneemt. Voor toepassen materiaal: damwanden, kernmateriaal. Mogelijke kans: oude veerbrug hergebruiken te Nes
opbreekwerkzaamheden bestaande veerdam Holwert	42 weken	94.131 ton	- 410.538 ton	inclusief aanbrengen grond om dijkovergang te sluiten	materiaal uit nieuwe dijkovergang hier hergebruiken. Past in fasering mits alles op depot gesteld wordt

Tabel 4.2 Fasering en mogelijkheden alternatief 1.2 en 1.3

Werkzaamheden	Termijn	Benodigd materiaal	Vrijkomend materiaal	Opmerking	Mogelijkheden materiaalstroom?
ophogen bestaande veerdam Holwert	45 weken	703.650 ton	- 22.013 ton		hergebruik van asfalt mogelijk. Misschien zelfs binnen het project aangezien de veerdam per helft wordt opgehoogd
constructie veerdam Nes	45 weken	219.662 ton	-	gelijktijdig met ophogen Holwert	hergebruik van asfalt mogelijk. Misschien zelfs binnen het project aangezien de veerdam per helft wordt opgehoogd

Tabel 4.3 Fasering en mogelijkheden alternatief 2.1

Werkzaamheden	Termijn	Benodigd materiaal	Vrijkomend materiaal	Opmerking	Mogelijkheden benutten materiaalstroom
constructie veerdam als grond dam (en aanbrengen dijkovergang)	77 weken	929.506 ton	-355.334 ton		materiaal bij dat vrijkomt bij aanbrengen dijkovergang hergebruiken in afsluiten van de dijkovergang van de oude locatie veerdam
binnendijkse infrastructuur	38 weken	100.606 ton	-	gelijktijdig met veerdam	afgegraven materiaal ten behoeve van binnendijkse infra is hoogst waarschijnlijk klei en daardoor mogelijk inzetbaar voor dijkbekleding (afhankelijk van de kwaliteit). In de regio worden dijkversterkingsprojecten gerealiseerd, mogelijk kan de klei daar ook voor toegepast worden
constructie havenhoofd als grond dam	31 weken	452.784 ton	-99.750 ton	gelijktijdig met veerdam	-
constructie veerdam Nes	45 weken	219.662 ton	-	kan gelijktijdig met andere werkzaamheden	materiaal dat vrijkomt bij opruimen oude veerdam hier inzetten, met als kanttekening dat de doorlooptijd van dit alternatief toeneemt. Voor toepassen materiaal: damwanden, kernmateriaal. Mogelijke kans: oude veerbrug hergebruiken te Nes
opbrekwerkzaamheden bestaande veerdam Holwert	42 weken	94.131 ton	-630.852 ton	inclusief aanbrengen grond om dijkovergang te sluiten	materiaal uit nieuwe dijkovergang hier hergebruiken. Past in fasering mits alles op depot gesteld wordt

Tabel 4.4 Fasering en mogelijkheden alternatief 2.2

Werkzaamheden	Termijn	Benodigd materiaal	Vrijkomend materiaal	Opmerking	Mogelijkheden materiaalstroom?
constructie veerdam op palen	76 weken	56.142 ton	-		
constructie havenhoofd op palen	61 weken	68.542 ton	-	moet plaatsvinden na veerdam op palen, zie alternatief 1.1	
binnendijkse infrastructuur	27 weken	99.068 ton	-	kan gelijktijdig met veerdam op palen, aannahme hier is dat het materiaal benodigd voor de grond dam via een andere route (over land) aan- en afgevoerd wordt	afgegraven materiaal ten behoeve van binnendijkse infra is hoogst waarschijnlijk klei en daardoor mogelijk inzetbaar voor dijkbekleding (afhankelijk van de kwaliteit). In de regio worden dijkversterkingsprojecten gerealiseerd, mogelijk kan de klei daar ook voor toegepast worden
constructie deel grond dam en aanbrengen dijkovergang	28 weken	553.684 ton	- 128.271 ton	kan gelijktijdig met veerdam op palen	materiaal bij dat vrijkomt bij aanbrengen dijkovergang hergebruiken in afsluiten van de dijkovergang van de oude locatie veerdam
constructie veerdam Nes	45 weken	219.662 ton	-	kan gelijktijdig met veerdam op palen	materiaal dat vrijkomt bij opruimen oude veerdam hier inzetten, met als kanttekening dat de doorlooptijd van dit alternatief toeneemt. Voor toepassen materiaal: damwanden, kernmateriaal. Mogelijke kans: oude veerbrug hergebruiken te Nes
opbreekwerkzaamheden bestaande veerdam Holwert	42 weken	94.131 ton	- 630.852 ton	kan gelijktijdig met veerdam op palen	materiaal uit nieuwe dijkovergang hier hergebruiken. Past in fasering mits alles op depot gesteld wordt

Tabel 4.5 Fasering en mogelijkheden alternatief 2.3

Werkzaamheden	Termijn	Benodigd materiaal	Vrijkomend materiaal	Opmerking	Mogelijkheden materiaalstroom?
constructie veerdam op palen	76 weken	56.142 ton	-		
constructie havenhoofd op palen	61 weken	63.156 ton	-	moet plaatsvinden na veerdam op palen, zie alternatief 1.1	
binnendijkse infrastructuur	27 weken	99.068 ton	-	kan gelijktijdig met veerdam op palen, aannahme hier is dat het materiaal benodigd voor de grond dam via een andere route (over land) aan- en afgevoerd wordt	afgegraven materiaal ten behoeve van binnendijkse infra is hoogst waarschijnlijk klei en daardoor mogelijk inzetbaar voor dijkbekleding (afhankelijk van de kwaliteit). In de regio worden dijkversterkingsprojecten gerealiseerd, mogelijk kan de klei daar ook voor toegepast worden
constructie deel grond dam	28 weken	552.365 ton	- 128.271 ton	kan gelijktijdig met veerdam op palen	Materiaal bij dat vrijkomt bij aanbrengen dijkovergang hergebruiken in afsluiten van de dijkovergang van de oude locatie veerdam
constructie veerdam Nes	45 weken	219.662 ton	-	kan gelijktijdig met veerdam op palen	materiaal dat vrijkomt bij opruimen oude veerdam hier inzetten, met de kanttekening dat de doorlooptijd van dit alternatief toeneemt. Voor toepassen materiaal: damwanden, kernmateriaal. Mogelijke kans: oude veerbrug hergebruiken te Nes
opbrekwerkzaamheden bestaande veerdam Holwert	42 weken	94.131 ton	- 630.852 ton	kan gelijktijdig met veerdam op palen	materiaal uit nieuwe dijkovergang hier hergebruiken. Past in fasering mits alles op depot gesteld wordt

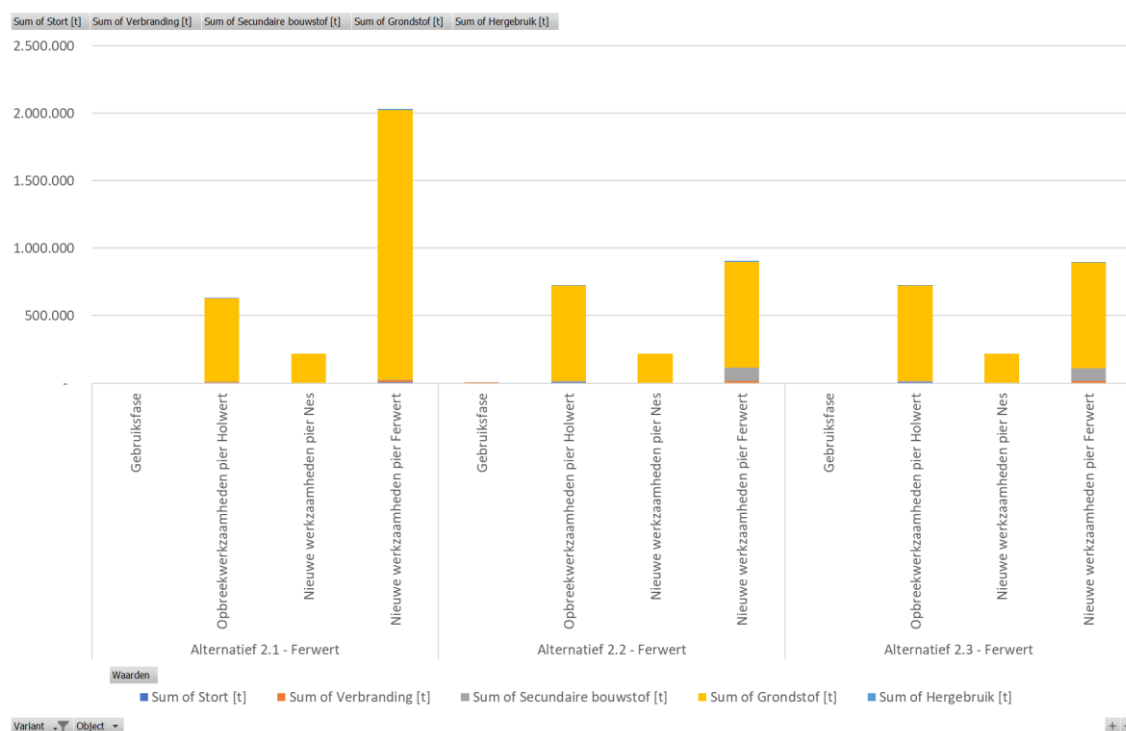
4.3 Toepassing door derden

Hergebruikkansen binnen het project zijn beperkt, met name door fasering. Buiten het project, bij voorkeur in de regio, liggen echter volop kansen om de vrijkomende materialen her te gebruiken. Ook het benodigde materiaal kan uit hergebruik gehaald worden, door vrijkomend materiaal uit andere projecten. Hierbij geldt dat bij hergebruik onder meer gelet moet worden op kwaliteit en veiligheid van het her te gebruiken materiaal. Bij toepassing in Natura 2000-gebied is hier extra aandacht voor mogelijke vervuiling van belang. Het toepassen van vrijkomend materiaal bij derden is afhankelijk van de mogelijkheden voor recycling. Daarnaast is het van belang vraag en aanbod te koppelen, waarvoor het Grip op Grond project is toegelicht in deze paragraaf.

Recycling

Omdat een groot deel van de bouwmaterialen uit zand, grond, klei en bestorting bestaan, is het eenvoudig een groot aandeel van de massa opnieuw toe te passen. Afbeelding 4.8 laat zien dat toepassing als grondstof (gelijkwaardig met het originele materiaal) voor het overgrote deel van de materialen van toepassing is. Materialen als beton zijn vaak alleen laagwaardig te recyclen, waarbij het als secundaire bouwstof (bijvoorbeeld een granulaat) toegepast kan worden. Metalen kunnen veelal hoogwaardig gerecycled worden en daarmee als nieuwe grondstof dienen. Straatwerk elementen kunnen deels worden hergebruikt en zullen deels laagwaardig gerecycled worden. Bij verbranding kan nog energie teruggewonnen worden uit materialen als hout en kunststof. Deze materialen hebben slechts een klein aandeel in het project. Er komt een klein aandeel stort voor, omdat de uitgangspunten van de analyse uitgegaan wordt van verliezen in het verwijderingsproces. Deze materialen worden niet functioneel hergebruikt. De uitgangspunten voor recycling staan in bijlage V.

Afbeelding 4.8 Bestemming materiaal bij einde levensduur



Grip op Grond

In 2010 heeft de provincie Friesland het Grip op Grond project gestart vanuit de wens om efficiënter en strategisch met grondstromen om te gaan in infraprojecten. Bij de projecten zoals VBA2030 moet veel grond en baggerspecie (met name zand en slib), worden verplaatst. Door Grip op Grond worden projecten waar grond vrijkomt op een slimme manier gekoppeld aan projecten waar grond nodig is. Alle informatie over grondstromen houdt Grip op Grond bij in een databank, de zogeheten interactieve 'Grip op Grond kaart'¹. De kaart geeft aan waar grond nodig is en waar grond vrij komt. Niet alleen de projecten van de provincie, maar ook van gemeenten, waterschappen en natuurbeheerders kunnen hier aan deelnemen. Het wordt sterk aanbevolen om bij realisatie werkzaamheden ten behoeve van de veerverbinding naar Ameland te onderzoeken of er kansen zijn om deel te nemen.

¹ <https://www.fryslan.frl/gripopgrond>.

DISCUSSIE

In dit hoofdstuk komen aandachtspunten voor interpretatie van de resultaten aan bod. In het algemeen geldt dat op basis van grove inschattingen de milieu- en klimaatimpact en circulariteit zijn geanalyseerd. Kleine verschillen tussen varianten (<10 %) zijn daardoor niet doorslaggevend.

Over een levensduur van 70 jaar is de gebruiksfase, waaronder de vaarverbinding en de baggerwerkzaamheden, het meest prominent op het gebied van klimaatimpact. Het gebruik van HVO als vervangende brandstof voor MDO kan, onafhankelijk van welk alternatief wordt gekozen, een reductie van 35 % op EUR MKI en 75 % kt CO₂-eq opleveren. Wanneer er voor HVO wordt gekozen wordt de milieu- en klimaatimpact van de realisatie ten opzichte van de gebruiksfase relatief groter. Daardoor komt het kantelpunt waarop de alternatieven beter scoren op een later moment dan in berekeningen met conventionele brandstoffen.

Bij de realisatie van de alternatieven zijn met name bouwprocessen rondom beton, staal (beiden voor de hybride veerdam), grond, zand, klei, en asfalt grote bijdragers aan de milieu-impact. Deze materialen zijn ook beschouwd als potentiële grondstoffen voor hergebruik. De nieuwe werkzaamheden lijken zich nu door de praktische fasering niet of beperkt te lenen voor hergebruik van materiaal binnen het project. Daarom wordt aanbevolen om te onderzoeken of materialen vanuit andere nabij gelegen projecten verworven kan worden.

Een verdere specificering van fasering van werkzaamheden zou kunnen leiden tot een eventueel hergebruik bij ontgravingen en aanvullingen binnen de bouw- en ophoogwerkzaamheden. De toepassing van deze maatregelen kan leiden tot verlaging van de milieu-impact bij de realisatie van de alternatieven.

Andere combinaties van schepen en veerdammen zijn ook denkbaar en waren mogelijk geweest, maar deze zijn niet opgenomen in de zes alternatieven en daarom buiten beschouwing van deze analyse.

CONCLUSIES

De milieu- en klimaatimpact van de verschillende alternatieven voor de vaarverbinding naar Ameland zijn in deze notitie beschreven. Daarnaast is met oog op circulariteit gekeken in welke mate grondstofstromen in het project en daarbuiten gesloten kunnen worden. Er is onderscheidend resultaat tussen de alternatieven, maar de doelstellingen van RWS op circulariteit en uitstoot van broeikasgassen in 2030 wordt hierbij (nog) niet behaald. In een eventuele vervolg verkenning lijkt het relevant om verder in te gaan op de verschillende elementen binnen de realisatie van met name het betondek op palen, gericht op de productie en de plaatsing van de stalen paalconstructies en opleggingen. Daarnaast vergen de benodigde grond en asfalt samen met de kwaliteit van het vrijkomende grond en asfalt verdere analyse voor het minimaliseren van het gebruik en het maximaliseren van hergebruik en het minimaliseren van de milieu impact.

Milieu- en klimaatimpact

Voor alle alternatieven geldt dat deze met uitstoot van 1 tot 1,5 mln. ton CO₂-eq nog ver van klimaatneutraal zijn zonder dat veel CO₂-opslag of -compensatie moet plaatsvinden. Dit kan sterk gereduceerd worden naar circa 0,5 mln. ton CO₂-eq door toepassing van HVO, maar ook in dit geval zijn aanvullende inspanningen nodig om bij te dragen aan het doel klimaatneutraal te zijn in 2030.

Het verplaatsen naar Ferwert (oplossingsrichting 2) kan vanwege de vermindering van het brandstofverbruik in de gebruiksfase een voordeel leveren qua milieu- en klimaatimpact. Het verdient daarbij wel de aanbeveling om kritisch te kijken naar nut en noodzaak van een grotere sneldienst. De grotere brandstofconsumptie is nadelig. Ook moet de levensduur van de nieuwe veerdam goed worden meegenomen, zeker aangezien de realisatie van een nieuwe veerdam een fors hogere milieu- en klimaatimpact heeft dan het ophogen van de bestaande veerdammen.

Het bouwen van een veerdam en havenhoofd op palen (Alternatief 1.1, 2.2 en 2.3) bedraagt, vanwege het benodigde beton en staal, een hogere milieu- en klimaat impact tegenover de ophoogwerkzaamheden en de pier op grond dam. In ecologisch perspectief is een veerdam op palen wel wenselijk, dus er kan overwogen worden of er een deel van het havenhoofd en de veerdam wel en een deel niet op palen kan worden gezegd.

Circulariteit

Voor het doel circulair werken in 2030, zo min mogelijk primaire grondstoffen gebruiken en vrijkomende materialen veilig en hoogwaardig hergebruiken, liggen de meeste kansen buiten het project als gevolg van beperkingen door de fasering. Wel geldt dat er ook materialen (grond en klei) vrijkomen bij de aanlegwerkzaamheden, als gevolg van vergravingen die nodig zijn voor grondverbetering en werkgeulen. Deze materialen zijn wel in te zetten in de realisatie. Daarnaast geldt dat secundair materiaal gebruikt kan worden bij de realisatie en dat bij einde levensduur van de te realiseren constructies veel materiaal hoogwaardig te recycleren is. Onderverdeeld naar massa vormen de materialen zand, grond en klei het grootste aandeel van de herbruikbare materialen. Voor technische materialen als beton en staal zijn ook kansen voor toepassing van secundair materiaal, waarbij geldt dat staal doorgaans een hoogwaardige toepassing kan krijgen bij einde levensduur.

Voor zand, grond en klei zou Grip op Grond in de regio vraag en aanbod kunnen matchen. Daarnaast zijn er kansen door de fasering aan te passen. Hiervoor wordt met name gedacht aan het verwijderen van de bestaande dijkovergang van de zeedijk bij Holwert en het ophogen van veerdam bij Nes met materialen die vrijkomen bij de bestaande veerdam bij Holwert als kansrijke mogelijkheden gezien.

REFERENTIES

Dit rapport maakt gebruik van de volgende referenties:

- 1 126248-6.3.1/23-003.862 VBA2030 - Ontwerpdossier Schetsontwerp, 6 maart 2023.
- 2 126248-6.2.4/23-007.941 VBA2030 - Notitie maakbaarheid alternatieven 9 mei 2023.

Bijlage(n)



BIJLAGE: HOEVEELHEDEN

Hoeveelhedenboek Vervolgonderzoek Bereikbaarheid Ameland 2030

Project: Vervolgonderzoek Bereikbaarheid Ameland 2030
 Projectcode: 126248
 Opdrachtgever: Rijkswaterstaat

Object: VBA2030 fase 2 - Alternatief 1.1
 Beschrijving: Vaarverbinding via een nieuw aan te leggen hybride veerdam, ongeveer 1200m ten westen van de huidige veerdam bij Holwerd.
 Versie: 2.3
 Status: Definitief
 Datum: 05-05-2023

Tekeningen: 126248-1000-Overzichtstekening Holwerd - op palen
 126248-1002-Inrichting havenhoofd Holwerd - variant 1.1



Opbrekwerkzaamheden pier Holwert

1000 Opbrekwerkzaamheden

1010 Opbreken verharding

Verwijderen asfaltverharding incl. fundering
 Verwijderen elementenverharding incl. fundering

m2

55.000

Hoeveelheid bepaald o.b.v. BGT, incl. op te breken tot nieuwe weg

m2

20.000

Hoeveelheid bepaald o.b.v. BGT

1020 Opbreken waterkeringen

Verwijderen breuksteen
 Verwijderen damwanden

m2

22.000

Hoeveelheid bepaald o.b.v. BGT

m1

250

Hoeveelheid bepaald o.b.v. BGT

Ontgraven grond bestaande zeedijk t.p.v. nieuwe dijkovergang, kleigrond
 Ontgraven grond bestaande zeedijk t.p.v. nieuwe dijkovergang, zand

m3

27.550

T.p.v. nieuwe dijkovergang bij nieuwe veerdam

m3

10.450

uitgangspunt: 190m1 herstellen, 1m kleilaag, de rest zandgrond

Opbreken dijkbekleding bestaande zeedijk t.p.v. nieuwe dijkovergang

m2

12.350

ca. 65 m2 dijkbekleding per m1

1030 Grondwerk

Afgraven bestaande veerdam

m3

108.000

Hoeveelheid bepaald o.b.v. AHN3, vakloding (2017) en de BGT

1040 Verwijderen terreininrichting

Opbreken bebouwing
 Opbreken parkeerdek
 Opbreken terreininrichting

m2

1.100

Terminal, loket en voorziening bij parkeerplaats

m2

12.000

Hoeveelheid bepaald o.b.v. AHN3, vakloding (2017) en de BGT

st

250

Lichtmasten, bebording, bebakening, hekwerk, etc.

1100 Nieuwe werkzaamheden pier Holwerd

1110 Aanbrengen verharding

Aanbrengen deklaag
 Aanbrengen tussenlaag
 Aanbrengen onderlaag

m2

34.043

Incl. verharding fietspad en rijbaan op betondek

m2

35.700

Incl. verharding fietspad en rijbaan op betondek

m2

26.429

Aanbrengen fundering, granulaat
 Aanbrengen fundering, zandbed

m3

8.750

m3

16.900

Aanbrengen waterafscheidende laag, geotextiel

m2

26.565

incl. marge van 15%

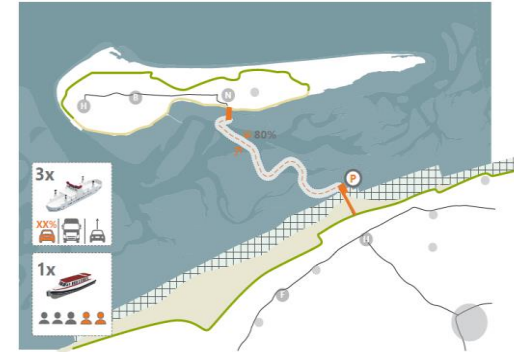
Grondnam Holwert

Hoeveelhedenboek Vervolgonderzoek Bereikbaarheid Ameland 2030

Project: Vervolgonderzoek Bereikbaarheid Ameland 2030
 Projectcode: 126248
 Opdrachtgever: Rijkswaterstaat

Object: VBA2030 fase 2 - Alternatief 1.2
 Beschrijving: Vaarverbinding via de bestaande veerdammen bij Holwerd en Nes.
 Aanpassingen aan veerdammen voor zeespiegelstijging.
 Versie: 2.3
 Status: Definitief
 Datum: 05-05-2023

Tekeningen: Geen



Ophogen pier Holwert

	Omschrijving werkzaamheden	Eenheid	Hoeveelheid	Extra toelichting
	1000 Nieuwe werkzaamheden pier Holwert			
	1110 Grondnam			
	Ontgraven bestaand maaiveld t.b.v. grondverbetering	m3	9.571	Lengte grondnam: ca. 1.700m, doorsnede: 5,63m2
	Aanvullen zand voor grondverbetering	m3	9.571	Lengte grondnam: ca. 1.700m, doorsnede: 5,63m2
	Aanbrengen toplaag, type: breuksteen, 300-1000kg, dikte: 1,85m	m3	112.600	
	Aanbrengen filterlaag, type: 5-40 kg, dikte: 0,40m	m3	24.800	
	Aanbrengen geotextiel, type: n.t.b.	m2	37.700	
	Aanbrengen zand voor ophoging	m3	64.200	
	1120 Verharding			
	Aanbrengen verharding, asfalt	m2	31.500	
	Aanbrengen fundering, granulaat	m3	9.450	
	Aanbrengen fundering, zandbed	m3	11.340	
	Aanbrengen waterafscheidende laag, geotextiel	m2	33.900	
	1130 Parkeerplaats			
	Aanbrengen verharding, asfalt	m2	114.000	
	Aanbrengen fundering, granulaat	m3	34.200	
	Aanbrengen fundering, zandbed	m3	41.040	
	Aanbrengen waterafscheidende laag, geotextiel	m2	114.800	
	1140 Dijkovergang			
	Aanbrengen zand	m3	23.400	
	1200 Nieuwe werkzaamheden pier Nes			
	1210 Grondnam			
	Aanbrengen toplaag, type: breuksteen, 300-1000kg, dikte: 1,85m	m3	39.100	

Ophogen pier Nes

Hoeveelhedenboek Vervolgonderzoek Bereikbaarheid Ameland 2030

Project: Vervolgonderzoek Bereikbaarheid Ameland 2030

Projectcode: 126248

Opdrachtgever: Rijkswaterstaat

Object: VBA2030 fase 2 - Alternatief 1.3

Beschrijving: Vaarverbinding via de bestaande veerdammen bij Holwerd en Nes.
Aanpassingen aan veerdammen voor zeespiegelstijging.

Versie: 2.3

Status: Definitief

Datum: 05-05-2023

Tekeningen: Geen



	Omschrijving werkzaamheden	Eenheid	Hoeveelheid	Extra toelichting
Ophogen pier Holwert	1000 Nieuwe werkzaamheden pier Holwerd			
	1110 Grondnam			
	Ontgraven bestaand maaiveld t.b.v. grondverbetering	m3	9.571	Lengte grondnam: ca. 1.700m, doorsnede: 5,63m2
	Aanvullen zand voor grondverbetering	m3	9.571	Lengte grondnam: ca. 1.700m, doorsnede: 5,63m2
	Aanbrengen toplaag, type: breuksteen, 300-1000kg, dikte: 1,85m	m3	112.600	
	Aanbrengen filterlaag, type: 5-40 kg, dikte: 0,40m	m3	24.800	
	Aanbrengen geotextiel, type: n.t.b.	m2	37.700	
	Aanbrengen zand voor ophoging	m3	64.200	
	1120 Verharding			
	Aanbrengen verharding, asfalt	m2	31.500	
	Aanbrengen fundering, granulaat	m3	9.450	
	Aanbrengen fundering, zandbed	m3	11.340	
	Aanbrengen waterafscheidende laag, geotextiel	m2	33.900	
	1130 Parkeerplaats			
Ophogen pier Nes	Aanbrengen verharding, asfalt	m2	114.000	
	Aanbrengen fundering, granulaat	m3	34.200	
	Aanbrengen fundering, zandbed	m3	41.040	
	Aanbrengen waterafscheidende laag, geotextiel	m2	114.800	
	1140 Dijkovergang			
	Aanbrengen zand	m3	23.400	
	1200 Nieuwe werkzaamheden pier Nes			
	1210 Grondnam			
	Aanbrengen toplaag, type: breuksteen, 300-1000kg, dikte: 1,85m	m3	39.100	

Hoeveelhedenboek Vervolgonderzoek Bereikbaarheid Ameland 2030

Project: Vervolgonderzoek Bereikbaarheid Ameland 2030
 Projectcode: 126248
 Opdrachtgever: Rijkswaterstaat

Object: VBA2030 fase 2 - Alternatief 2.1
 Beschrijving: Vaarverbinding via een nieuw aan te leggen veerdam als gronddam nabij Ferwert.
 Versie: 2.3
 Status: Definitief
 Datum: 05-05-2023

Tekeningen: 126248-1001-Overzichtstekening Ferwert - veerdam als gronddam - blad 01
 126248-1003-Inrichting havenhoofd Ferwert - variant 2.1 - blad 01



Opbrekwerkzaamheden Holwert

	Omschrijving werkzaamheden	Eenheid	Hoeveelheid	Extra toelichting
	1000 Opbrekwerkzaamheden pier Holwert			Opbreken van de bestaande pier Holwert + herstellen Zeedijk
	1010 Opbreken verharding			
	Verwijderen asfaltverharding incl. fundering	m2	55.000	Hoeveelheid bepaald o.b.v. BGT, incl. op te breken tot nieuwe weg
	Verwijderen elementenverharding incl. fundering	m2	20.000	Hoeveelheid bepaald o.b.v. BGT
	1020 Opbreken waterkeringen			
	Verwijderen breuksteen	m2	22.000	Hoeveelheid bepaald o.b.v. BGT
	Verwijderen damwanden	m1	250	Hoeveelheid bepaald o.b.v. BGT
	1030 Grondwerk			
	Afgraven bestaande veerdam Holwert	m3	108.000	Hoeveelheid bepaald o.b.v. AHN3, vakloding (2017) en de BGT
	Ontgraven bestaande zeedijk t.p.v. nieuwe dijkovergang, kleigrond	m3	44.200	T.p.v. nieuwe dijkovergang bij nieuwe veerdam
	Ontgraven bestaande zeedijk t.p.v. nieuwe dijkovergang, zand	m3	91.800	uitgangspunt: 200m1 herstellen, 1m kleilaag, de rest zandgrond
	Opbreken dijkbekleding bestaande zeedijk t.p.v. nieuwe dijkovergang	m2	47.600	ca. 70 m2 dijkbekleding per m1
	1040 Verwijderen terreininrichting			
	Opbreken bebouwing	m2	1.100	Terminal, loket en voorziening bij parkeerplaats
	Opbreken parkeerdek	m2	12.000	
	Opbreken terreininrichting	st	250	Lichtmasten, bebording, bebakening, hekwerk, etc.
	1100 Nieuwe werkzaamheden			
	1110 Aanbrengen verharding (excl. havenhoofd)			
	Aanbrengen deklaag	m2	45.000	
	Aanbrengen tussenlaag	m2	54.000	
	Aanbrengen onderlaag	m2	55.714	
	Aanbrengen fundering, granulaat	m3	18.300	Model gedetailleerder uitwerken, levert reductie op
	Aanbrengen fundering, zandbed	m3	35.350	Model gedetailleerder uitwerken, levert reductie op
	Aanbrengen waterafscheidende laag, geotextiel	m2	65.953	Incl. marge van 15%

Gronddam

Hoeveelhedenboek Vervolgonderzoek Bereikbaarheid Ameland 2030

Project: Vervolgonderzoek Bereikbaarheid Ameland 2030

Projectcode: 126248

Opdrachtgever: Rijkswaterstaat

Object: VBA2030 fase 2 - Alternatief 2.2

Beschrijving: Vaarverbinding via een nieuw aan te leggen hybride veerdam nabij Ferwert.

Versie: 2.3

Status: Definitief

Datum: 05-05-2023

Tekeningen: 126248-1001-Overzichtstekening Ferwert - veerdam op palen - blad 02

126248-1003-Inrichting havenhoofd Ferwert - variant 2.2 - blad 02

Opbreekwerkzaamheden pier Holwert

	Omschrijving werkzaamheden	Eenheid	Hoeveelheid
1000	Opbreekwerkzaamheden		
1010	Opbreken verharding		
	Verwijderen asfaltverharding incl. fundering	m2	55.000
	Verwijderen elementenverharding incl. fundering	m2	20.000
1020	Opbreken waterkeringen		
	Verwijderen breuksteen	m2	22.000
	Verwijderen damwanden	m1	250
1030	Grondwerk		
	Afgraven bestaande veerdam	m3	108.000
	Ontgraven bestaande zeedijk t.p.v. nieuwe dijkovergang, kleigrond	m3	44.200
	Ontgraven bestaande zeedijk t.p.v. nieuwe dijkovergang, zand	m3	91.800
	Opbreken dijkbekleding bestaande zeedijk t.p.v. nieuwe dijkovergang	m2	47.600
1040	Verwijderen terreininrichting		
	Opbreken bebouwing	m2	1.100
	Opbreken parkeerdek	m2	12.000
	Opbreken terreininrichting	st	250
1100	Nieuwe werkzaamheden		
1110	Aanbrengen verharding		
	Aanbrengen deklaag	m2	40.364
	Aanbrengen tussenlaag	m2	44.400
	Aanbrengen onderlaag	m2	27.839
	Aanbrengen waterafsluitende laag	m2	12.525
	Aanbrengen fundering, granulaat	m3	11.500
	Aanbrengen fundering, zandbed	m3	22.500

Grondnam

Hoeveelhedenboek Vervolgonderzoek Bereikbaarheid Ameland 2030

Project: Vervolgonderzoek Bereikbaarheid Ameland 2030

Projectcode: 126248

Opdrachtgever: Rijkswaterstaat

Object: VBA2030 fase 2 - Alternatief 2.3

Beschrijving: Vaarverbinding via een nieuw aan te leggen hybride veerdam nabij Ferwert.

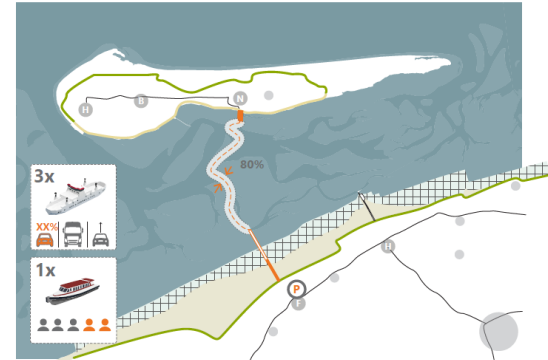
Versie: 2.3

Status: Definitief

Datum: 05-05-2023

Tekeningen: 126248-1001-Overzichtstekening Ferwert - veerdam op palen - blad 02

126248-1003-Inrichting havenhoofd Ferwert - variant 2.3 - blad 03



	Omschrijving werkzaamheden	Eenheid	Hoeveelheid	Extra toelichting
Opbreekwerkzaamheden pier Holwert	1000 Opbreekwerkzaamheden			
	1010 Opbreken verharding			
	Verwijderen asfaltverharding incl. fundering	m2	55.000	Hoeveelheid bepaald o.b.v. BGT, incl. op te breken tot nieuwe weg
	Verwijderen elementenverharding incl. fundering	m2	20.000	Hoeveelheid bepaald o.b.v. BGT
	1020 Opbreken waterkeringen			
	Verwijderen breuksteen	m2	22.000	Hoeveelheid bepaald o.b.v. BGT
	Verwijderen damwanden	m1	250	Hoeveelheid bepaald o.b.v. BGT
	1030 Grondwerk			
	Afgraven bestaande veerdam	m3	108.000	Hoeveelheid bepaald o.b.v. AHN en BGT
	Ontgraven bestaande zeedijk t.p.v. nieuwe dijkovergang, kleigrond	m3	44.200	T.p.v. nieuwe dijkovergang bij nieuwe veerdam
	Ontgraven bestaande zeedijk t.p.v. nieuwe dijkovergang, zand	m3	91.800	uitgangspunt: 200m1 herstellen, 1m kleilaag, de rest zandgrond
	Opbreken dijkbekleding bestaande zeedijk t.p.v. nieuwe dijkovergang	m2	47.600	ca. 70 m2 dijkbekleding per m1
	1040 Verwijderen terreininrichting			
	Opbreken bebouwing	m2	1.100	Terminal, loket en voorziening bij P
Grondnam	Opbreken parkeerdek	m2	12.000	
	Opbreken terreininrichting	st	250	Lichtmasten, bebording, bebakening, hekwerk, etc.
	1100 Nieuwe werkzaamheden			
	1110 Aanbrengen verharding			
	Aanbrengen deklaag	m2	40.364	
	Aanbrengen tussenlaag	m2	44.400	
	Aanbrengen onderlaag	m2	27.839	Geen onderlaag op het dek
	Aanbrengen waterafsluitende laag	m2	12.525	Aanbrengen op het dek
	Aanbrengen fundering, granulaat	m3	11.500	Model gedetailleerder uitwerken, levert reductie op
	Aanbrengen fundering, zandbed	m3	22.500	Model gedetailleerder uitwerken, levert reductie op

Veerdam op palen		Aanbrengen markering	m1	22.500	
	1120	Grondwerk nieuwe zeedijk			
		Grond aanvullen t.b.v. nieuwe zeedijk, zand	m3	89.775	T.p.v. nieuwe dijkovergang bij nieuwe veerdam
		Grond aanvullen t.b.v. nieuwe zeedijk, kleigrond	m3	43.225	ca. 200m1 zeedijk herstellen, 1m kleilaag, de rest zandgrond
		Aanbrengen dijkbekleding t.p.v. nieuwe zeedijk	m2	46.550	ca. 70 m2 dijkbekleding per m1
	1130	Aanbrengen waterkering			
		Ontgraven bestaand maaiveld t.b.v. grondverbetering	m3	55.770	Lengte grondnam: ca. 1.300m, doorsnede: 42,9m2
		Aanvullen zand voor grondverbetering	m3	55.770	Lengte grondnam: ca. 1.300m, doorsnede: 42,9m2
		Aanbrengen toplaag, type: breuksteen, 300-1000kg, dikte: 1,30m	m3	22.253	Bodem over gehele lengte lager dan NAP + 1,50m, incl. marge van 15%
		Aanbrengen filterlaag, type: zand, 90/250 mm, dikte: 0,30m	m3	5.106	Bodem over gehele lengte lager dan NAP + 1,50m, incl. marge van 15%
		Aanbrengen geotextiel, type: n.t.b.	m2	16.400	
		Aanbrengen zand voor ophoging	m3	43.843	Totale ophoging min dijkbekleding en verhardingsopbouw
		Aanpassingen watergangen	m3	n.t.b.	
	1131	Betondek op palen (excl. havenhoofd)			
		Ontgraven werkgeul t.b.v. materieel aanleg veerdam op palen	m3	697.300	
Binnendijks + dijk kruising		Aanbrengen betondek, bestaande uit betonplaten	m3	14.144	Oppervlakte: 27.200 m2, dikte: ca. 520mm
	1132	Oplegpunt			
		Verwaard palenjuk, h.o.h. 100m, lengte ca. 15m	st	18	
		Aanbrengen stalen buispalen, rond 1.500	st	72	4 palen per oplegpunt, cf. ontwerpnota constructieve Waterbouw
	1133	Tussensteunpunt			
		Aanbrengen palenjuk, h.o.h. 10m, lengte ca. 15m	st	162	
		Aanbrengen stalen buispalen, rond 1.500	st	324	2 palen per tussensteunpunt, cf. ontwerpnota constructieve Waterbouw
	1134	Binnendijkse parkeerplaats + bustransferium			
		Aanbrengen deklaag	m2	30.900	
		Aanbrengen tussenlaag	m2	31.673	
		Aanbrengen onderlaag	m2	32.445	
		Aanbrengen fundering, granulaat	m3	10.197	
		Aanbrengen fundering, zandbed	m3	18.540	
		Elementenverharding, type n.t.b.	m2	34.550	Parkeerplekken (33.050 m2) en plein busterminal (1.500 m2)
		Aanbrengen straatlaag, zand	m3	1.728	
		Aanbrengen fundering, granulaat	m3	9.069	
Havenhoofd		Aanbrengen middengeleider tussen parkeerplekken en rijbanen, gras	m2	6.550	
		Aanbrengen afscheidingen tussen parkeervakken	m1	3.230	
		Aanbrengen ABRI's	st	6	
		Aanbrengen terminal	m2	800	
	1140	Havenhoofd			

	1141	Grondwerk			
		Voorbereidende baggerwerkzaamheden voor aanleg havenhoofd	m3	252.912	
		Baggeren rondom havenhoofd	m3	29.524	Berekening op basis van theoretisch model
	1142	Verharding			
		Rijbaan			
		Aanbrengen deklaag	m2	13.450	Incl. verharding fietspad, bustransferium, parkeerplaats en opstelstroken
		Aanbrengen tussenlaag	m2	14.123	Incl. verharding fietspad, bustransferium, parkeerplaats en opstelstroken
		Aanbrengen waterafsluitende laag	m2	13.450	Aanbrengen op het dek
		Elementenverharding, type n.t.b.	m2	18.550	Resterende oppervlak havenhoofd (min rijbaan, terminal) wordt dichtgezet met elementenverharding
		Aanbrengen straatlaag, zand	m3	928	
		Aanbrengen fundering, granulaat	m3	4.869	
		Aanbrengen varkensruggen	st	96	
		Bustransferium			
		Aanbrengen ABRI's, type: n.t.b.	st	6	
		Aanbrengen perronbanden	m1	145	
	1143	Betondek op palen (excl. betondek op palen)			
		Aanbrengen betondek, bestaande uit betonplaten	m3	15.444	Totale oppervlakte 29.700 m2, dikte: ca. 520mm
		Aanbrengen oplegpunten	m1	7.200	Afstand in lengterichting 10m, dwarsrichting h.o.h. 7.5m, cf. ontwerpnota constructieve Waterbouw
		Aanbrengen stalen buispalen, rond 1.500	st	422	
	1144	Overige inrichting			
		Aanbrengen terminal	m2	800	
		Aanbrengen aanmeervoorziening autobrug	st	1	
		Aanbrengen aanmeervoorziening voetgangersbrug	st	3	
		Markering			
		Langsmarkering, 1-1 (0.15), type: thermoplast	m1	39	
		Langsmarkering, 3-3 (0.30), type: thermoplast	m1	960	
		Langsmarkering, 9-3 (0.15), type: thermoplast	m1	1.070	
		Langsmarkering, 0.30-2.70 (0.10), type: thermoplast	m1	260	
		Langsmarkering, 2.70-0.30 (0.10), type: thermoplast	m1	210	
		Langsmarkering, doorgetrokken (0.10), type: thermoplast	m1	960	
		Langsmarkering, doorgetrokken (0.15), type: thermoplast	m1	45	
		Driehoeksmarkering 0,50x0,70m, type: thermoplast	st	26	
		Bermbeveiliging			
		Geleiderail, type: Megarail	m1	840	
		Leuning, type: n.t.b.	m1	1.145	
Herstellen zeedijk	1150	Herstellen bestaande zeedijk Holwerd			t.p.v. bestaande dijkovergang Holwerd
		Aanbrengen grond, zand	m3	39.150	a.b.v. AHN3 doorsnede van ca. 200m2/m1
		Aanbrengen grond, klei	m3	9.350	uitgangspunt: 1m dikke klei laag, kern van zand
		Aanbrengen dijkbekleding	m2	14.850	oppervlak ca. 55m2 per m1
Wegennet	1160	Aanpassingen onderliggend wegennet			

Ophogen pier Nes

Verharding		
Aanbrengen deklaag	m2	3.485
Aanbrengen tussenlaag	m2	3.659
Aanbrengen onderlaag	m2	3.834
Aanbrengen fundering, granulaat	m3	1.323
Aanbrengen fundering, zandbed	m3	2.091
Markering		
Langsmarkering, 1-1 (0.15), type: thermoplast	m1	27
Langsmarkering, 3-3 (0.30), type: thermoplast	m1	230
Langsmarkering, doorgetrokken (0.15), type: thermoplast	m1	1.340
Driehoeksmarkering 0,50x0,70m, type: thermoplast	m1	20
Vlakmarkering, type: thermoplast	m2	75
Enkelstrooksrotonde		
Aanbrengen middengeleider, beton, creteprint, incl. fundering	m2	95
Aanbrengen overrijdbare strook, beton, creteprint, incl. fundering	m2	215
1200 Nieuwe werkzaamheden pier Nes		
1210 Grondnam		
Aanbrengen toplaag, type: breuksteen, 300-1000kg, dikte: 1,85m	m3	39.100
Aanbrengen filterlaag, type: 90/250 mm of 5-40 kg, dikte: 0,40m	m3	8.850
Aanbrengen geotextiel, type: n.t.b.	m2	15.000
Aanbrengen zand voor ophoging	m3	45.500
1220 Verharding		
Aanbrengen verharding, asfalt	m2	10.500

Veerdam op palen		Aanbrengen markering	m1	22.500
	1120	Grondwerk nieuwe zeedijk		
		Grond aanvullen t.b.v. nieuwe zeedijk, zand	m3	89.775
		Grond aanvullen t.b.v. nieuwe zeedijk, kleigrond	m3	43.225
		Aanbrengen dijkbekleding t.p.v. nieuwe zeedijk	m2	46.550
	1130	Aanbrengen waterkering		
		Ontgraven bestaand maaiveld t.b.v. grondverbetering	m3	55.770
		Aanvullen zand voor grondverbetering	m3	55.770
		Aanbrengen toplaag, type: breuksteen, 300-1000kg, dikte: 1,30m	m3	22.253
		Aanbrengen filterlaag, type: zand, 90/250 mm, dikte: 0,30m	m3	5.106
Binnendijks + dijkkruising		Aanbrengen geotextiel, type: n.t.b.	m2	16.400
		Aanbrengen zand voor ophoging	m3	43.843
		Aanpassingen watergangen	m3	n.t.b.
	1131	Betondek op palen (excl. havenhoofd)		
		Ontgraven werkgeul t.b.v. materieel aanleg veerdam op palen	m3	697.300
		Aanbrengen betondek, bestaande uit betonplaten	m3	14.144
	1132	Oplegpunt		
		Verzwaard palenjuk, h.o.h. 100m, lengte ca. 15m	st	18
		Aanbrengen stalen buispalen, rond 1.500	st	72
	1133	Tussensteunpunt		
Havenhoofd		Aanbrengen palenjuk, h.o.h. 10m, lengte ca. 15m	st	162
		Aanbrengen stalen buispalen, rond 1.500	st	324
	1134	Binnendijkse parkeerplaats + bustransferium		
		Aanbrengen deklaag	m2	30.900
		Aanbrengen tussenlaag	m2	31.673
		Aanbrengen onderlaag	m2	32.445
		Aanbrengen fundering, granulaat	m3	10.197
		Aanbrengen fundering, zandbed	m3	18.540
		Elementenverharding, type n.t.b.	m2	34.550
		Aanbrengen straatlaag, zand	m3	1.728
Havenhoofd		Aanbrengen fundering, granulaat	m3	9.069
		Aanbrengen middengeleider tussen parkeerplekken en rijbanen, gras	m2	6.550
		Aanbrengen afscheidingen tussen parkeervakken	m1	3.230
		Aanbrengen ABRI's	st	6
		Aanbrengen terminal	m2	800
	1140	Havenhoofd		

	1141	Grondwerk		
		Voorbereidende baggerwerkzaamheden voor aanleg havenhoofd	m3	252.912
		Baggeren rondom havenhoofd	m3	29.524
	1142	Verharding		
		Rijbaan		
		Aanbrengen deklaag	m2	14.050
		Aanbrengen tussenlaag	m2	14.753
		Aanbrengen waterafsluitende laag	m2	14.050
		Elementenverharding, type n.t.b.	m2	20.500
		Aanbrengen straatlaag, zand	m3	1.025
		Aanbrengen fundering, granulaat	m3	5.381
		Aanbrengen varkensruggen	st	96
		Bustransferium		
		Aanbrengen ABRI's, type: n.t.b.	st	6
		Aanbrengen perronbanden	m1	145
	1143	Betondek op palen (excl. betondek op palen)		
		Aanbrengen betondek, bestaande uit betonplaten	m3	16.744
		Aanbrengen oplegpunten	m1	7.800
		Aanbrengen stalen buispalen, rond 1.500	st	459
	1144	Overige inrichting		
		Aanbrengen terminal	m2	800
		Aanbrengen aanmeervoorziening autobrug	st	1
		Aanbrengen aanmeervoorziening voetgangersbrug	st	3
		Markering		
		Langsmarkering, 1-1 (0.15), type: thermoplast	m1	39
		Langsmarkering, 3-3 (0.30), type: thermoplast	m1	960
		Langsmarkering, 9-3 (0.15), type: thermoplast	m1	1.070
		Langsmarkering, 0.30-2.70 (0.10), type: thermoplast	m1	260
		Langsmarkering, 2.70-0.30 (0.10), type: thermoplast	m1	210
		Langsmarkering, doorgetrokken (0.10), type: thermoplast	m1	960
		Langsmarkering, doorgetrokken (0.15), type: thermoplast	m1	45
		Driehoeksmarkering 0,50x0,70m, type: thermoplast	st	26
		Bermbeveiliging		
		Geleiderail, type: Megarail	m1	860
		Leuning, type: n.t.b.	m1	1.170
Herstellen zeedijk	1150	Herstellen bestaande zeedijk Holwerd		
		Aanbrengen grond, zand	m3	39.150
		Aanbrengen grond, klei	m3	9.350
		Aanbrengen dijkbekleding	m2	14.850
Wegennet	1160	Aanpassingen onderliggend wegennet		

Ophogen pier Nes

	Verharding		
	Aanbrengen deklaag	m2	3.485
	Aanbrengen tussenlaag	m2	3.659
	Aanbrengen onderlaag	m2	3.834
	Aanbrengen fundering, granulaat	m3	1.323
	Aanbrengen fundering, zandbed	m3	2.091
	Markering		
	Langsmarkering, 1-1 (0.15), type: thermoplast	m1	27
	Langsmarkering, 3-3 (0.30), type: thermoplast	m1	230
	Langsmarkering, doorgetrokken (0.15), type: thermoplast	m1	1.340
	Driehoeksmarkering 0,50x0,70m, type: thermoplast	m1	20
	Vlakmarkering, type: thermoplast	m2	75
	Enkelstrooksrotonde		
	Aanbrengen middengeleider, beton, creteprint, incl. fundering	m2	95
	Aanbrengen overrijdbare strook, beton, creteprint, incl. fundering	m2	215
1200	Nieuwe werkzaamheden pier Nes		
1210	Grondnam		
	Aanbrengen toplaag, type: breuksteen, 300-1000kg, dikte: 1,85m	m3	39.100
	Aanbrengen filterlaag, type: 90/250 mm of 5-40 kg, dikte: 0,40m	m3	8.850
	Aanbrengen geotextiel, type: n.t.b.	m2	15.000
	Aanbrengen zand voor ophoging	m3	45.500
1220	Verharding		
	Aanbrengen verharding, asfalt	m2	10.500
	Aanbrengen fundering, granulaat	m3	3.150
	Aanbrengen fundering, zandbed	m3	4.000
	Aanbrengen waterafscheidende laag, geotextiel	m2	11.300
1230	Parkeerplaats		
	Aanbrengen verharding, asfalt	m2	5.000
	Aanbrengen fundering, granulaat	m3	1.500
	Aanbrengen fundering, zandbed	m3	2.000
	Aanbrengen waterafscheidende laag, geotextiel	m2	5.250
1240	Dijkovergang		
	Aanbrengen zand	m3	6.300



Extra toelichting

Hoeveelheid bepaald o.b.v. BGT, incl. op te breken tot nieuwe weg
Hoeveelheid bepaald o.b.v. BGT

Hoeveelheid bepaald o.b.v. BGT
Hoeveelheid bepaald o.b.v. BGT

Hoeveelheid bepaald o.b.v. AHN en BGT

T.p.v. nieuwe dijkovergang bij nieuwe veerdam
uitgangspunt: 200m1 herstellen, 1m kleilaag, de rest zandgrond

ca. 70 m2 dijkbekleding per m1

Terminal, loket en voorziening bij P

Lichtmasten, bebording, bebakening, hekwerk, etc.

Geen onderlaag op het dek

Aanbrengen op het dek

Model gedetailleerder uitwerken, levert reductie op
Model gedetailleerder uitwerken, levert reductie op

*T.p.v. nieuwe dijkovergang bij nieuwe veerdam
ca. 200m1 zeedijk herstellen, 1m kleilaag, de rest zandgrond*

ca. 70 m2 dijkbekleding per m1

*Lengte gronddam: ca. 1.300m, doorsnede: 42,9m2
Lengte gronddam: ca. 1.300m, doorsnede: 42,9m2*

*Bodem over gehele lengte lager dan NAP + 1,50m, incl. marge van 15%
Bodem over gehele lengte lager dan NAP + 1,50m, incl. marge van 15%*

Totale ophoging min dijkbekleding en verhardingsopbouw

Oppervlakte: 27.200 m2, dikte: ca. 520mm

4 palen per oplegpunt, cf. ontwerpnota constructieve Waterbouw

2 palen per tussensteunpunt, cf. ontwerpnota constructieve Waterbouw

Parkeerplekken (33.050 m2) en plein busterminal (1.500 m2)

Berekening op basis van theoretisch model

Incl. verharding fietspad, bustransferium, parkeerplaats en opstelstroken

Incl. verharding fietspad, bustransferium, parkeerplaats en opstelstroken

Aanbrengen op het dek

Resterende oppervlak havenhoofd (min rijbaan, terminal) wordt dichtgezet met elementenverharding

Totale oppervlakte 32.200 m², dikte: ca. 520mm

Afstand in lengterichting 10m, dwarsrichting h.o.h. 7.5m, cf. ontwerpnota constructieve Waterbouw

t.p.v. bestaande dijkovergang Holwerd

o.b.v. AHN3 doorsnede van ca. 200m²/m¹

uitgangspunt: 1m dikke klei laag, kern van zand

oppervlak ca. 55m² per m¹

Binnendijks + dijk kruising		Aanbrengen markering	m1	22.500	
	1120	Grondwerk nieuwe zeedijk			
		Grond aanvullen t.b.v. nieuwe zeedijk, zand	m3	89.775	T.p.v. nieuwe dijkovergang bij nieuwe veerdam
		Grond aanvullen t.b.v. nieuwe zeedijk, kleigrond	m3	43.225	uitgangspunt: 200m1 herstellen, 1m kleilaag, de rest zandgrond
		Aanbrengen dijkbekleding t.p.v. nieuwe zeedijk	m2	46.550	ca. 70 m2 dijkbekleding per m1
	1130	Aanbrengen gronddam (excl. havenhoofd)			
		Ontgraven bestaand maaiveld t.b.v. grondverbetering (kwelder)	m3	55.770	Lengte gronddam: ca. 1.300m, doorsnede: 42,9m2
		Aanvullen zand voor grondverbetering (kwelder)	m3	55.770	Lengte gronddam: ca. 1.300m, doorsnede: 42,9m2
		Ontgraven bestaand maaiveld t.b.v. grondverbetering (wad)	m3	88.230	Lengte gronddam: ca. 1.700m, doorsnede: 51,9m2
		Aanvullen zand voor grondverbetering (wad)	m3	88.230	Lengte gronddam: ca. 1.700m, doorsnede: 51,9m2
		Aanbrengen topklaag, type: breuksteen, 300-1000kg, dikte: 1,30m	m3	10.920	Bodem hoger dan NAP +1,50m, incl. marge van 15%
		Aanbrengen topklaag, type: breuksteen, 300-1000kg, dikte: 1,85m	m3	58.280	Bodem lager dan NAP +1,50m, incl. marge van 15%
		Aanbrengen filterklaag, type: zetsteen, 90/250 mm, dikte: 0,30m	m3	3.450	Bodem hoger dan NAP +1,50m, incl. marge van 15%
		Aanbrengen filterklaag, type: zetsteen, 5-40 kg, dikte: 0,40m	m3	11.950	Bodem lager dan NAP +1,50m, incl. marge van 15%
		Aanbrengen geotextiel, type: n.t.b.	m2	50.900	
		Aanbrengen zand voor ophoging	m3	164.350	Totale ophoging min dijkbekleding en verhardingopbouw
		Aanpassingen watergangen	m3	n.t.b.	
	1140	Binnendijkse parkeerplaats + bustransferium			
		Aanbrengen deklaag	m2	30.900	
		Aanbrengen tussenlaag	m2	31.673	
		Aanbrengen onderlaag	m2	32.445	
		Aanbrengen fundering, granulaat	m3	10.197	
		Aanbrengen fundering, zandbed	m3	18.540	
		Elementenverharding, type n.t.b.	m2	34.550	Parkeerplekken (33.050 m2) en plein busterminal (1.500 m2)
		Aanbrengen straatlaag, zand	m3	1.728	
		Aanbrengen fundering, granulaat	m3	9.069	
		Aanbrengen middengeleider tussen parkeerplekken en rijbanen, gras	m2	6.550	
		Aanbrengen afscheidingen tussen parkeervakken	m1	3.230	
		Aanbrengen ABRI's	st	6	
		Aanbrengen terminal	m2	800	
Havenhoofd	1140	Havenhoofd op gronddam			
	1141	Baggerwerkzaamheden			
		Baggeren rondom havenhoofd	m3	29.524	Berekening op basis van theoretisch model
	1142	Verharding			
		Rijbaan			
		Aanbrengen deklaag	m2	13.850	Incl. verharding fietspad, bustransferium, parkeerplaats en opstelstroken
		Aanbrengen tussenlaag	m2	14.543	Incl. verharding fietspad, bustransferium, parkeerplaats en opstelstroken

	Aanbrengen onderlaag	m2	15.235	Incl. verharding fietspad, bustransferium, parkeerplaats en opstelstroken
	Aanbrengen fundering, granulaat	m3	5.256	
	Aanbrengen fundering, zandbed	m3	8.310	
	Aanbrengen waterafscheidende laag, geotextiel	m2	38.000	
	Parkeerplaats			
	Elementenverharding, type n.t.b.	m2	20.850	Resterende oppervlak havenhoofd (min rijbaan, terminal) wordt dichtgezet met elementenverharding
	Aanbrengen straatlaag, zand	m3	1.043	
	Aanbrengen fundering, granulaat	m3	5.473	
	Aanbrengen varkensruggen	st	96	
	Bustransferium			
	Aanbrengen ABRI's, type: n.t.b.	st	6	
	Aanbrengen perronbanden	m1	145	
1143	Gronddam			
	Grondkering			
	Aanbrengen grondkering afmeerplaatsen, type: n.t.b.	m1	245	
	Grondwerk			
	Ontgraven bestaand maaiveld t.b.v. grondverbetering (wad)	m3	57.000	Oppervlak havenhoofd inclusief taluds: 38.000 m2, diepte grondverbetering: 1,50 m
	Aanvullen zand voor grondverbetering (wad)	m3	57.000	Oppervlak havenhoofd inclusief taluds: 38.000 m2, diepte grondverbetering: 1,50 m
	Aanbrengen ophoging t.o.v. bestaand maaiveld, zand	m3	155.034	(Voor de berekening van deze post in v1.0 waren vierkante meters onder kop 1142 afgetrokken als kubieke meters, waardoor de hoeveelheid van deze post in v1.0 ongeveer 25% te klein was.)
	Steenbestorting			
	Aanbrengen top laag, type: breuksteen, 1000-3000kg, dikte: 1,85m	m3	16.213	Hoeveelheid maal een marge van 15%
	Aanbrengen filterlaag, type: zetsteen, 5-40 kg, dikte: 0,40m	m3	3.518	Hoeveelheid maal een marge van 15%
	Aanbrengen geotextiel, type: n.t.b.	m2	7.800	Hoeveelheid maal een marge van 15%
1144	Overige inrichting			
	Aanbrengen terminal	m2	800	
	Aanbrengen aanmeervoorziening autobrug	st	1	
	Aanbrengen aanmeervoorziening voetgangersbrug	st	3	
	Markering			
	Langsmarkering, 1-1 (0.15), type: thermoplast	m1	39	
	Langsmarkering, 3-3 (0.30), type: thermoplast	m1	960	
	Langsmarkering, 9-3 (0.15), type: thermoplast	m1	1.070	
	Langsmarkering, 0.30-2.70 (0.10), type: thermoplast	m1	260	
	Langsmarkering, 2.70-0.30 (0.10), type: thermoplast	m1	210	
	Langsmarkering, doorgetrokken (0.10), type: thermoplast	m1	960	
	Langsmarkering, doorgetrokken (0.15), type: thermoplast	m1	45	
	Driehoeksmarkering 0,50x0,70m, type: thermoplast	st	26	
	Bermbeveiliging			
	Geleiderail, type: Megarail	m1	n.v.t.	
	Leuning, type: n.t.b.	m1	n.v.t.	

Herstellen zeedijk	1150	Herstellen bestaande zeedijk Holwerd			t.p.v. bestaande dijkovergang Holwerd
		Aanbrengen grond, zand	m3	39.150	o.b.v. AHN3 doorsnede van ca. 200m2/m1
		Aanbrengen grond, klei	m3	9.350	uitgangspunt: 1m dikke klei laag, kern van zand
		Aanbrengen dijkbekleding	m2	14.850	oppervlak ca. 55m2 per m1
Wegennet	1160	Aanpassingen onderliggend wegennet			
	1161	Verharding			
		Aanbrengen deklaag	m2	3.485	
		Aanbrengen tussenlaag	m2	3.659	
		Aanbrengen onderlaag	m2	3.834	
		Aanbrengen fundering, granulaat	m3	1.323	
		Aanbrengen fundering, zandbed	m3	2.091	
	1162	Markering			
		Langsmarkering, 1-1 (0.15), type: thermoplast	m1	27	
		Langsmarkering, 3-3 (0.30), type: thermoplast	m1	230	
		Langsmarkering, doorgetrokken (0.15), type: thermoplast	m1	1.340	
		Driehoeksmarkering 0,50x0,70m, type: thermoplast	m1	20	
		Vlakmarkering, type: thermoplast	m2	75	
	1162	Enkelstrooksrotonde			
		Aanbrengen middengeleider, beton, creteprint, incl. fundering	m2	95	
		Aanbrengen overrijdbare strook, beton, creteprint, incl. fundering	m2	215	
Ophogen pier Nes	1200	Nieuwe werkzaamheden pier Nes			
	1210	Gronddam			
		Aanbrengen toplaag, type: breuksteen, 300-1000kg, dikte: 1,85m	m3	39.100	
		Aanbrengen filterlaag, type: 90/250 mm of 5-40 kg, dikte: 0,40m	m3	8.850	
		Aanbrengen geotextiel, type: n.t.b.	m2	15.000	
		Aanbrengen zand voor ophoging	m3	45.500	
	1220	Verharding			
		Aanbrengen verharding, asfalt	m2	10.500	
		Aanbrengen fundering, granulaat	m3	3.150	
		Aanbrengen fundering, zandbed	m3	4.000	
		Aanbrengen waterafscheidende laag, geotextiel	m2	11.300	
	1230	Parkeerplaats			
		Aanbrengen verharding, asfalt	m2	5.000	
		Aanbrengen fundering, granulaat	m3	1.500	
		Aanbrengen fundering, zandbed	m3	2.000	

	Aanbrengen waterafscheidende laag, geotextiel	m2	5.250
1240	Dijkovergang		
	Aanbrengen zand	m3	6.300

	Aanbrengen filterlaag, type: 90/250 mm of 5-40 kg, dikte: 0,40m	m3	8.850
	Aanbrengen geotextiel, type: n.t.b.	m2	15.000
	Aanbrengen zand voor ophoging	m3	45.500
1220	Verharding		
	Aanbrengen verharding, asfalt	m2	10.500
	Aanbrengen fundering, granulaat	m3	3.150
	Aanbrengen fundering, zandbed	m3	4.000
	Aanbrengen waterafscheidende laag, geotextiel	m2	11.300
1230	Parkeerplaats		
	Aanbrengen verharding, asfalt	m2	5.000
	Aanbrengen fundering, granulaat	m3	1.500
	Aanbrengen fundering, zandbed	m3	2.000
	Aanbrengen waterafscheidende laag, geotextiel	m2	5.250
1240	Dijkovergang		
	Aanbrengen zand	m3	6.300

	Aanbrengen filterlaag, type: 90/250 mm of 5-40 kg, dikte: 0,40m	m3	8.850
	Aanbrengen geotextiel, type: n.t.b.	m2	15.000
	Aanbrengen zand voor ophoging	m3	45.500
1220	Verharding		
	Aanbrengen verharding, asfalt	m2	10.500
	Aanbrengen fundering, granulaat	m3	3.150
	Aanbrengen fundering, zandbed	m3	4.000
	Aanbrengen waterafscheidende laag, geotextiel	m2	11.300
1230	Parkeerplaats		
	Aanbrengen verharding, asfalt	m2	5.000
	Aanbrengen fundering, granulaat	m3	1.500
	Aanbrengen fundering, zandbed	m3	2.000
	Aanbrengen waterafscheidende laag, geotextiel	m2	5.250
1240	Dijkovergang		
	Aanbrengen zand	m3	6.300

Veerdam op palen Holwert	1111	Markering	m1	16.000	
	1112	Bermbeveiliging			
		Geleiderail, type: Megarail	m1	1.800	Aan weerszijden van de rijbaan
		Leuning, type: n.t.b.	m1	1.800	Aan weerszijden van het betondek
	1120	Grondwerk nieuwe zeedijk			
		Grond aanvullen t.b.v. nieuwe zeedijk, zand	m3	35.525	T.p.v. nieuwe dijkovergang bij nieuwe veerdam
		Grond aanvullen t.b.v. nieuwe zeedijk, kleigrond	m3	13.475	uitgangspunt: 245m1 herstellen, 1m kleilaag, de rest zandgrond
		Aanbrengen dijkbekleding t.p.v. nieuwe zeedijk	m2	15.925	ca. 65 m2 dijkbekleding per m1
	1130	Aanbrengen grondddam			
		Ontgraven bestaand maaiveld t.b.v. grondverbetering	m3	36.465	Lengte grondddam: ca. 850m, doorsnede: 42,9m2
		Aanvullen zand voor grondverbetering	m3	36.465	Lengte grondddam: ca. 850m, doorsnede: 42,9m2
		Aanbrengen top laag, type: breuksteen, 300-1000kg, dikte: 1,30m	m3	21.335	Bodem over gedeeltelijk hoger dan NAP +1,50m, incl. marge van 15%
		Aanbrengen top laag, type: breuksteen, 1000-3000kg, dikte: 1,85m	m3	3.198	Bodem over gedeeltelijk lager dan NAP +1,50m, incl. marge van 15%
		Aanbrengen filterlaag, type: 90/250 mm, dikte: 0,30m	m3	4.990	Bodem over gedeeltelijk hoger dan NAP +1,50m, incl. marge van 15%
		Aanbrengen filterlaag, type: 5-40 kg, dikte: 0,40m	m3	711	Bodem over gedeeltelijk lager dan NAP +1,50m, incl. marge van 15%
		Aanbrengen geotextiel, type: n.t.b.	m2	14.400	
		Aanbrengen zand voor ophoging	m3	69.516	Totale ophoging min dijkbekleding en verhardingopbouw
		Aanpassingen watergangen	m3	n.t.b.	
	1140	Betondek op palen (excl. havenhoofd)			
		Ontgraven werkgeul t.b.v. materieel aanleg veerdam op palen	m3	464.900	
		Betondek (excl. havenhoofd)	m3	17.700	Lengte pier: ca. 1165m, breedte: 15,00m, dikte: ca. 520mm
Binnendijks + dijk kruising Holwert	1141	Oplegpunt			
		Verzwaard palenjuk, h.o.h. 100m	st	12	
		Aanbrengen stalen buispalen, rond 1.500	st	48	4 palen per oplegpunt, cf. ontwerpnota constructieve Waterbouw
	1142	Tussensteunpunt			
		Aanbrengen palenjuk, h.o.h. 10m	st	108	
		Aanbrengen stalen buispalen, rond 1.500	st	216	2 palen per tussensteunpunt, cf. ontwerpnota constructieve Waterbouw
	1150	Binnendijkse parkeerplaats + bustransferium			
		Aanbrengen deklaag	m2	30.900	
		Aanbrengen tussenlaag	m2	31.673	
		Aanbrengen onderlaag	m2	32.445	
		Aanbrengen fundering, granulaat	m3	10.197	
		Aanbrengen fundering, zandbed	m3	18.540	
		Elementenverharding, type n.t.b.	m2	34.550	Parkeerplekken (33.050 m2) en plein busterminal (1.500 m2)
		Aanbrengen straatlaag, zand	m3	1.728	
		Aanbrengen fundering, granulaat	m3	9.069	

Havenhoofd

	Aanbrengen middengeleider tussen parkeerplekken en rijbanen, gras	m2	6.550	
	Aanbrengen afscheidingen tussen parkeervakken	m1	3.230	<i>Uitgangspunt: afscheiding cf. bestaande situatie</i>
	Aanbrengen ABRI's	st	6	
	Aanbrengen terminal	m2	800	<i>Uitgangspunt: terminal cf. bestaande situatie</i>
1160	Havenhoofd (excl. betondek van de pier)			
1161	Grondwerk			
	Voorbereidende baggerwerkzaamheden voor aanleg havenhoofd	m3	252.912	
	Baggeren rondom havenhoofd	m3	29.524	<i>Berekening op basis van model</i>
1162	Verharding			
	Rijbaan			
	Aanbrengen deklaag	m2	14.300	<i>Incl. verharding fietspad, bustransferium, parkeerplaats en opstelstroken</i>
	Aanbrengen tussenlaag	m2	15.015	<i>Incl. verharding fietspad, bustransferium, parkeerplaats en opstelstroken</i>
	Parkeerplaats			
	Elementenverharding, type n.t.b.	m2	20.300	<i>Resterende oppervlak havenhoofd (min rijbaan, terminal) wordt dichtgezet met elementenverharding</i>
	Aanbrengen straatlaag, zand	m3	1.015	
	Aanbrengen fundering, granulaat	m3	5.329	
	Aanbrengen varkensruggen	st	96	
1163	Bustransferium			
	Aanbrengen ABRI's, type: n.t.b.	st	6	
	Aanbrengen perronbanden	m1	145	
1164	Betondek op palen (excl. betondek van de pier)			
	Aanbrengen betondek, bestaande uit betonplaten	m3	16.744	<i>Totale oppervlakte 32.200 m2, dikte: ca. 520mm</i>
	Aanbrengen oplegpunten	m1	7.800	<i>Afstand in lengterichting 10m, dwarsrichting h.o.h. 7,5m, cf. ontwerpnota constructieve Waterbouw</i>
	Aanbrengen stalen buispalen, rond 1.500	st	458	
1170	Overige inrichting			
	Aanbrengen terminal	m2	800	<i>Uitgangspunt: terminal cf. bestaande situatie</i>
	Aanbrengen aanmeervoorziening autobrug	st	1	
	Aanbrengen aanmeervoorziening voetgangersbrug	st	3	
	Markering			
	Langsmarkering, 1-1 (0.15), type: thermoplast	m1	39	
	Langsmarkering, 3-3 (0.15), type: thermoplast	m1	960	
	Langsmarkering, 9-3 (0.15), type: thermoplast	m1	1.070	
	Langsmarkering, 0.30-2.70 (0.10), type: thermoplast	m1	260	
	Langsmarkering, 2.70-0.30 (0.10), type: thermoplast	m1	210	
	Langsmarkering, doorgetrokken (0.10), type: thermoplast	m1	960	
	Langsmarkering, doorgetrokken (0.15), type: thermoplast	m1	45	
	Driehoeksmarkering 0,50x0,70m, type: thermoplast	st	26	
	Bermbeveiliging			

Herstellen zeedijk		Geleiderail, type: Megarail	m1	875	
		Leuning, type: n.t.b.	m1	1.190	
	1180	Herstellen bestaande zeedijk			<i>t.p.v. bestaande dijkovergang</i>
		Aanbrengen grond, zand	m3	39.150	<i>o.b.v. AHN3 doorsnede van ca. 200m2/m1</i>
		Aanbrengen grond, klei	m3	9.350	<i>uitgangspunt: 1m dikke klei laag, kern van zand</i>
Ophogen pier Nes		Aanbrengen dijkbekleding	m2	14.850	<i>oppervlak ca. 55m2 per m1</i>
	1200	Nieuwe werkzaamheden pier Nes			
	1210	Grondnam			
		Aanbrengen topklaag, type: breuksteen, 300-1000kg, dikte: 1,85m	m3	39.100	
		Aanbrengen filterklaag, type: 90/250 mm of 5-40 kg, dikte: 0,40m	m3	8.850	
		Aanbrengen geotextiel, type: n.t.b.	m2	15.000	
		Aanbrengen zand voor ophoging	m3	45.500	
	1220	Verharding			
		Aanbrengen verharding, asfalt	m2	10.500	
		Aanbrengen fundering, granulaat	m3	3.150	
		Aanbrengen fundering, zandbed	m3	4.000	
		Aanbrengen waterafscheidende laag, geotextiel	m2	11.300	
	1230	Parkeerplaats			
		Aanbrengen verharding, asfalt	m2	5.000	
		Aanbrengen fundering, granulaat	m3	1.500	
		Aanbrengen fundering, zandbed	m3	2.000	
		Aanbrengen waterafscheidende laag, geotextiel	m2	5.250	
	1240	Dijkovergang			
		Aanbrengen zand	m3	6.300	



BIJLAGE: BAGGERHOEVEELHEDEN

	NAAM ALTERNATIEF	B. vaarverbinding	B2 vaargeul/sedimentatie	C. Veerhaven Holwerd	Maximaal verwacht baggervolume (totaal)	Waarvan slibrijk	Opmerkingen/aantekeningen
0	Referentie		Kweldergroei blijven stimuleren		2030 - 2050: 2.4 Mm3/jaar 2050 - 2075: 2.5 Mm3/jaar 2075 - 2100: 2.5 Mm3/jaar	1.1 Mm3/jaar	1) Baggerbezwaar Holwerd - VA33 = 0.9 Mm3/jaar in 2100 2) slib = Holwerd - VA33 & overig (rond havens) 3) Waarden zijn conservatief omdat: (1) gerekend is met ondergrens ZSS, (2) westwaartse verplaatsing wantij (3) geobserveerde sedimentatie trends
1,1	Verplaatste veerdam Holwerd	veerroute 1700 m korter	Kweldergroei blijven stimuleren	Nieuwe veerdam als hybride dam, bestaande dam verwijderen	2030 - 2050: 1.9 Mm3/jaar 2050 - 2075: 2.0 Mm3/jaar 2075 - 2100: 2.0 Mm3/jaar	0.6 Mm3/jaar	1) Reductie lengte Holwerd-VA33 met 1700 m (0,55 %) levert reductie baggerbezwaar op van 0,55 * 0,9 = 0,5 Mm3/jaar (slib)
1,2	Bestaande veerdam Holwerd, 20% reductie ontwerpdoorsnede	20 % reductie ontwerpdoorsnede	Kweldergroei blijven stimuleren	Bestaande dam	2030 - 2050: 1.8 Mm3/jaar 2050 - 2075: 1.9 Mm3/jaar 2075 - 2100: 1.9 Mm3/jaar	0.8 Mm3/jaar	1) Reductie doorsnede met 20 % levert reductie baggerbepaal op van: --> 0,320 Mm3/jaar in traject Holwerd-VA33 (slib) --> 0,074 Mm3/jaar in traject VA13-VA33 (zand) --> 0,200 Mm3/jaar in traject VA1-VA13 (zand)
1,3	Bestaande veerdam Holwerd, 40% reductie ontwerpdoorsnede	40 % reductie ontwerpdoorsnede	Kweldergroei blijven stimuleren	Bestaande dam	2030 - 2050: 1.2 Mm3/jaar 2050 - 2075: 1.3 Mm3/jaar 2075 - 2100: 1.3 Mm3/jaar	0.5 Mm3/jaar	1) Reductie doorsnede met 40 % levert reductie baggerbepaal op van: --> 0,640 Mm3/jaar in traject Holwerd-VA33 (slib) --> 0,147 Mm3/jaar in traject VA13-VA33 (zand) --> 0,400 Mm3/jaar in traject VA1-VA13 (zand)

	NAAM ALTERNATIEF	B. vaarverbinding	B2 vaargeul/sedimentatie	C. Veerhaven Holwerd	Maximaal verwacht baggervolume (totaal)	Waarvan slibrijk	Opmerkingen/aantekeningen
2,1	Pier Ferwert als gronddam		Kweldergroei blijven stimuleren, nieuwe dam zorgt voor extra stimulans kweldergroei	Nieuwe veerdam als gronddam, bestaande dam verwijderen	2030 - 2050: 0.6 Mm3/jaar 2050 - 2075: 0.6 Mm3/jaar 2075 - 2100: 0.6 Mm3/jaar	0.2 Mm3/jaar	1) Aansluiting Scheepsgat-Dantziggat: 0.01 Mm3/jaar (Igor, op basis van data 2017), dit kan maximaal toenemen tot 0,1 Mm3/jaar 2) Gebied met zandigge drempels: 0,333 Mm3/jaar (1/3) van volume in drempegebied voor huidige veerroute. 3) Rondom veerdam Ferwert en Nes: 0,2 Mm3/jaar 4) Aandeel slib: 0,2 Mm3/jaar (rondom veerhavens) Effect gronddam -> kweldergroei, leidt naar verwachting tot 2100 niet tot extra baggerbezwaar, omdat de geul voldoende diep en breed is.
2,2	Pier Ferwert als hybride dam		Kweldergroei blijven stimuleren, nieuwe dam heeft geen effect op kweldergroei	Nieuwe veerdam als hybride dam, bestaande dam verwijderen	2030 - 2050: 0.6 Mm3/jaar 2050 - 2075: 0.6 Mm3/jaar 2075 - 2100: 0.6 Mm3/jaar	0.2 Mm3/jaar	Zelfde als alternatief 2.2, want dam heeft geen effect op baggerbezwaar
2,3	Pier Ferwert als hybride dam, 20% reductie ontwerpdoorsnede	20 % reductie ontwerpdoorsnede	Kweldergroei blijven stimuleren, nieuwe dam heeft geen effect op kweldergroei	Nieuwe veerdam als hybride dam, bestaande dam verwijderen	2030 - 2050: 0.5 Mm3/jaar 2050 - 2075: 0.5 Mm3/jaar 2075 - 2100: 0.5 Mm3/jaar	0.2 Mm3/jaar	Reductie doorsnede met 20 % levert baggerbewaar op van: --> $0,8 \cdot 0,1 = 0,08$ Mm3/jaar in aansluiting Scheepsgat-Dantziggat --> $0,8 \cdot 0,33 = 0,267$ Mm3/jaar in gebied met drempels --> 0,2 Mm3/jaar rondom veerhavens --> totaal 0,54 Mm3/jaar



BIJLAGE: BRANDSTOFVERBRUIK

De uitstoot van de veerschepen per afvaart is verschillend per alternatief. Dit komt doordat de alternatieven verschillen op aspecten als scheepsinzet, vaarafstand en vaargeuldimensies. Daarnaast is het brandstofverbruik van de autoveren ook nog afhankelijk van de waterstand. Bij een lagere waterstand ondervinden de autoveren op de smalle delen van de vaarroute meer weerstand waardoor het brandstofverbruik groter is. Bij een hogere waterstand in een smalle geul of eenzelfde waterstand maar een bredere of diepere geul is de weerstand minder groot en daarmee ook het brandstofverbruik. De relatie tussen waterstand en brandstofverbruik is niet-lineair.

Voor het bepalen van het brandstofverbruik van de veerschepen in de alternatieven, zijn de gemiddelde brandstofvolumes per afvaart uit het jaar 2021 als basis gebruikt. Deze volumes zijn gerapporteerd door Wagenborg passagiersdiensten in het Vervoersplan 2023.

In 2021 gebruikte de autoveren voor gemiddeld 488 L Diesel (B7) per afvaart (3.366.255 L voor 6.896 afvaarten). De sneldienst gebruikte circa 92 L Diesel (B0) per afvaart (366.048 L Diesel voor 3.986 afvaarten¹) Een afvaart betreft een enkele reis tussen Ameland en Friesland of andersom.

Autoveren

Het brandstofverbruik per km varen van de autoveren is voor ieder alternatief apart berekend voor zowel de smalle vaargeuldelen als de bredere delen. Hiervoor is de weerstand bepaald die schepen ondervinden tijdens het varen bij beperkte diepgang. Deze is berekend conform 'Schatting energiegebruik binnenvaartschepen' (Rijkswaterstaat Adviesdienst Verkeer en Vervoer, 2003)². Het verbruik per km is vermenigvuldigd met de toekomstig verwachte vaargeullengte van zowel de smalle delen als de breder delen. De verwachting is dat in de toekomst de maximale vaargeullengte toe neemt. Deze lengte toename zit vooral in de bredere delen. In de berekening is aangenomen dat de vaargeullengte over de smalle delen gelijk blijft aan de 2021 situatie. Het brandstofverbruik per afvaart is ingeschat voor drie waterstanden: gemiddeld laagwater (NAP -1,16 m), gemiddeld water (NAP +0,0 m) en gemiddeld hoogwater (NAP +1,06 m). Het gemiddeld brandstofverbruik per afvaart per alternatief is bepaald uit het gewogen gemiddelde van de drie waterstanden. Waarbij laagwater een weging heeft van 25 %, gemiddeld water 50 % en hoogwater 25 %. Uitzondering hierop is alternatief 1.3, waarin op tij wordt gevaren. In alternatief 1.3 heeft zowel gemiddeld water als hoogwater een weging van 50 %.

Sneldiensten

De sneldienst vaart met een snelheid boven de theoretisch grenssnelheid. Hierdoor is het brandstofverbruik veel minder afhankelijk van de geuldoorsnede en de waterstand. Het verwachte toekomstige brandstofverbruik is bepaald door het gemiddelde verbruik van 2021 lineair te schalen met de vaarafstand. Voor de alternatieven waarin een grotere sneldienst wordt ingezet is het brandstofverbruik daarnaast geschaald met de massa van het schip. Hiervoor is de verhouding tussen het scheepsoppervlakte aangehouden (scheepsbreedte x scheepslengte). De verhouding tussen de huidige sneldienst en de grotere sneldienst is circa 1 : 3,5.

¹ Vanaf 1 april 2021 vaart de sneldienst op B0, het aantal afvaarten in de periode april-december 2021 is ingeschat.

² Te raadplegen via <https://bivas.chartasoftware.com/DocumentManagement/Documents/Document:328>.

Aantal afvaarten

Het aantal afvaarten voor de toekomstige situatie is in de alternatieven 1.1, 2.1 en 2.2 gelijk gehouden aan het aantal afvaarten in 2021 (6.896 van de autoveren en 4.952 voor de sneldienst) In de overige alternatieven wijkt het aantal afvaarten af, vanwege:

- in alternatief 1.2 en 2.3 vaart een kleinere autoveer. Het aantal verwachte afvaarten van een autoveer is in deze alternatieven groter. Hiervoor is aangehouden dat het aantal dagen waarop één schip wordt ingezet gelijk blijft aan de 2021-situatie en dat op de dagen dat er in de 2021-situatie twee schepen worden ingezet, in deze alternatieven drie schepen worden gebruikt. In werkelijkheid zal op een deel van de dagen dat in deze berekening één schip is voorzien, twee schepen worden ingezet. Dit zal ook gelden ook voor een aantal van de dagen waarop drie schepen worden ingezet. Aangenomen is dat dit elkaar compenseert. Het aantal afvaarten van de sneldienst is in deze alternatieven gelijk gehouden aan de 2021-situatie namelijk 4.952;
- in alternatief 1.3 varen de autoveren enkel bij hoogwater en gemiddeld water. Het aantal mogelijk afvaarten per dag en per jaar is hierdoor minder. De verwachting is dat er gemiddeld per schip 3 retourvaarten mogelijk zijn. Het totaal aantal afvaarten per jaar komt daarmee uit op 4.380 (=2 schepen x 3 afvaarten x 2 richtingen x 365 dagen) . De sneldienst vaart in dit alternatief vaker. Hiervoor is een toename van circa 25 % aangehouden zodat het gemiddelde aantal retourtrips per dag op 8 uit komt en het totaal op jaarbasis op 5.840 afvaarten (= 8 afvaarten x 2 richtingen x 365 dagen).

Hierbij wordt opgemerkt dat naar verwachting een deel van afvaarten van de autoveer kan worden vervallen bij de inzet van de grotere sneldienst. Bij een hoge bezettingsgraad is het brandstofverbruik per passagier van de sneldienst hoger dan van de autoveren. In rustigere periodes hebben de autoveren echter een lage bezettingsgraad. Het is dan qua brandstofverbruik per passagier gunstiger om de sneldienst in te zetten voor personenvervoer. Hiermee is in deze worst-case berekening echter nog geen rekening mee gehouden.

Tabel III.1 Inschatting brandstofverbruik per dienst per alternatief. Opmerking: Het brandstofgebruik is in de MKI berekeningen omgezet van liters naar kg, met de verhouding 0,9 kg/l. Voor het proces is MDO gekozen

Alternatief	Type dienst	Type schip	Verbruik per afvaart (L)	aantal afvaarten (retourtrip is 2 afvaarten)	Lengte route (km)	Totaal verbruik per dienst (L/jaar)	Totaal autoveren en sneldienst (L/jaar)
referentie situatie	autoveren	huidig	488	6.900	11,3	3.367.000	3.820.000
	sneldienst	huidig	91,5	4.952	11,3	453.000	
1.1	autoveren	huidig	444	6.900	10,8	3.065.000	4.589.000
	sneldienst	groter	307,8	4.952	10,8	1.524.000	
1.2	autoveren	klein	307	8.960	12,5	2.747.000	4.511.000
	sneldienst	groter	356,3	4.952	12,5	1.764.000	
1.3	autoveren	huidig	430	4.380	12,5	1.882.000	3.963.000
	sneldienst	groter	356,3	5.840	12,5	2.081.000	
2.1	autoveren	huidig	476	6.900	12,3	3.282.000	3.775.000
	sneldienst	huidig	99,6	4.952	12,3	493.000	
2.2	autoveren	huidig	476	6.900	12,3	3.282.000	5.018.000
	sneldienst	groter	350,6	4.952	12,3	1.736.000	
2.3	autoveren	klein	275	8.960	12,3	2.463.000	4.199.000
	sneldienst	groter	350,6	4.952	12,3	1.736.000	

IV

BIJLAGE: ONDERBOUWING MKI BEREKENING

Beperkingen inputdata

De input data kent naast onzekerheden enkele grotere beperkingen waaronder:

- 'opbreken bebouwing', 'aanbrengen terminal', 'Aanbrengen aanmeervoorziening autobrug' en 'Aanbrengen aanmeervoorziening voetgangersbrug' zijn niet meegenomen omdat de omschrijving niet toereikend genoeg is voor de MKI berekening;
- aanpassingen watergangen, is ook niet meegenomen wegens het gebrek aan gegevens over hoeveelheden.

In de analyses wordt aangenomen dat deze processen weinig invloed op de resultaten zullen hebben, maar bij interpretatie van de resultaten moet meegenomen worden dat deze werkzaamheden niet zijn meegenomen.

De afmetingen zijn gebaseerd op gegevens uit het Ontwerpdossier fase 2. Hieronder per onderdeel een toelichting van de van de gekozen productkaarten en schaling per proces uit de hoeveelhedenlijst [Bijlage I] waarin aannames zijn gemaakt:

Baggerwerkzaamheden

Baggeronderhoud

Vermogen schepen:

- sleephopperzuiger: circa 4.900 u/jaar voor een totaal van 1,57 Mm³, dus circa 320 m³/u;
- kraanschip: circa 2.200 u/jaar voor een totaal van 0,33 Mm³, dus circa 150 m³/u;
- ploegboot: circa 230 u/jaar (geen hoeveelheden aan verbonden want wordt gebruikt voor egaliseren).

Aanname: 83 % van de baggervolumes worden uitgevoerd met de sleephopperzuiger en 17 % van de baggervolumes worden uitgevoerd met het kraanschip.

Inschatting van brandstofgebruik van schepen:

- sleephopperzuiger: verbruik is 197 l/u;
- kraanschip: verbruik is 79 l/u;
- ploegboot: verbruik is 176 l/u.

Het toekomstig baggerbezwaar per variant zijn omgerekend naar verbruik voor de sleephopperzuiger en het kraanschip. Voor de ploegboot is een aanname gedaan voor 230u/jaar voor varianten 2.1 - 2.3 en een aanname voor 115u/jaar voor variant 2.1 - 2.3 met het oog op de halvering van de baggervolumes in deze varianten.

In DuboCalc wordt voor scheepsbrandstoffen gerekend met kg brandstof. Met behulp van de inschatting op verbruik per jaar van de verschillende schepen en het soortelijk gewicht van MDO/HVO kan de MKI worden bepaald. **Aanname:** het soortelijk gewicht van MDO/HVO in vaartuigen voor baggerwerkzaamheden bedraagt 0,9 kg/l.

Baggerwerkzaamheden - Haven + Dam (werkgeul)

De investering in baggerwerkzaamheden voor het maken van de haven en het baggeren om ruimte te maken voor de dam worden op dezelfde manier uitgerekend. Er is hier vanuit gegaan dat er geen ploegpoot wordt gebruikt, omdat hier de grond niet geëgaliseerd hoeft te worden. Wel is er op basis van de baggervolumes een berekening gemaakt voor hoeveel de sleephopperzuiger en het kraanschip ingezet moeten worden op basis van dezelfde vermogens als in het baggeronderhoud.

Grondverbetering

De twee processen 'Ontgraven bestaand maaiveld ten behoeve van grondverbetering' + 'Aanvullen zand voor grondverbetering' zijn samen de grondverbetering die nodig is voor de aanleg van de gronddam.

Gronddam

Dijkbekleding

- voor dijkbekleding is uitgegaan van het materiaal *Bekleding; waterbouwsteen, breuksteen, natuursteen*.
- damwand: er is uitgegaan van een betonnen damwand met een dikte van 0,245 m.

Grondkering (havenhoofd op gronddam)

'Aanbrengen grondkering afmeerplaatsen, type: nader te bepalen.' Hier wordt ook uitgegaan van het aanleggen van een damwand, met een hoogte van orde grootte circa 20 m. De referentie productkaart 'Damwand, staal constructiestaal' is gebaseerd op een hoogte van 12 m. De lengte is gebruikt om de oppervlakte te bepalen op basis van een diepte van 20 m.

Havenhoofd en veerdam op palen

Betondek

- 'verzwaard palenjuk': De palenjukken zijn betonnen onderdelen. De afmetingen die gehanteerd worden zijn 15 m lang * 2 m breed * 1 m hoog, de verzwaarde jukken zijn 15 m lang * 4 m breed * 1 m hoog. Deze afmetingen zijn gehanteerd om van stuks naar m³ te schalen. Voor beton is de productkaart 'Betonmortel voor GWW C3037 CEM III 2386 kg/m³ compleet' gebruikt;
- de wapening voor de in-situ laag is 160-180 kg/m³. Voor het prefab is de inschatting 70 kg/m³, maar die waarde is nog variabel. Voor het betondek op palen is uitgegaan voor de in-situ, met de gemiddelde waarde van 170 kg/m³;
- 'aanbrengen stalen buispalen': Voor de buispalen, de palen zijn 34 m lang, op basis van *dwarsprofiel 1, oplossingsrichting op palen*. Ook is een diameter van 1.500 mm gebruikt en een dikte van 20 mm. De NMD buispaal, staal is 1 m lang, diameter 101,6 mm wanddikte 5,63 mm. Schaling is *34/1 * 1.500/100 * 20/5.

Oplegpunt en Tussensteunpunten

- 'aanbrengen oplegpunt': is de productkaart 'Gewapende rubber oplegging voor betonnen kunstwerk' gekozen. Hiervan zijn de afmetingen 1000*1000*400 mm. De oplegpunten staan uitgedrukt in meters en zijn gedeeld door de lengte om tot een aantal stuks te komen.

Waterafsluitende laag

Hiervoor is gekozen voor het proces geotextiel, net als de beschrijving *Aanbrengen waterafscheidende laag, geotextiel* in andere varianten.

Verhardingen, wegennet en markeringen

Bermbeveiliging

- 'geleiderail': Het proces met de hoogste MKI is gekozen, namelijk *Nieuwe stalen geleiderails type VLP2Z 13380* met oog op de benaming 'mega'-rail, wijzend op een zware geleide rail;
- 'leuning': Type voor leuning voor bermbeveiliging staat op nader te bepalen en is voor nu uitgegaan van *Thermisch verzinkt leuningwerk 1,1 m hoog*.

Bus transferium

- 'aanbrengen ABRI's': De productkaart is uitgedrukt in meters en de hoeveelheden lijst is beschreven in aantal stuks. Daarom is er aangenomen dat de lengte van een ABRI hokje ligt op gemiddeld 3 m per stuk;
- 'aanbrengen perronbanden': DuboCalc perrontegels is een betonnen tegel van 300 x 300 x 50 mm, de [perronbanden](#) zijn 30,8/43,5x33,4 en 5 cm instaphoogte, dus vergelijkbare grootte. De perronbanden zijn in m¹ en zijn vermenigvuldigd met de breedte van 300 mm om tot de DuboCalc eenheid m² te komen.

Enkelstrooksrotonde

Voor Aanbrengen middengeleider, beton, creteprint, inclusief fundering is een dikte aangenomen van 250 mm.

Langsmarkering

Langsmarkeringen staan in de productkaart beschreven in m¹. Voor de berekening van de lengte van de driehoek zijn de zijdes berekend door pythagoras. $0,25^2 + 0,7^2 = 0,74^2$, wat resulteert in lengtes van de zijdes 0,5 en 0,74 en 0,74 m.

Middengeleiders, gras

Voor het 'aanbrengen middengeleider tussen parkeerplekken en rijbanen, gras' is een specifieke productkaart gekozen waarin een verharding van beton en gras is gebruikt, nl. 'Deelproduct: Verhardingen, Graselement S type L 12 cm Reduton - v.d. Bosch Beton b.v.'.

Parkeerplaats, Verharding

- het parkeerdek is opgesplitst in asfalt: *AC surf zonder PR PCR asfalt 2.0* en fundering: *Funderingslaag Menggranulaat 250 mm*. Dikte van 500 mm, beide 250 mm;
- de element verharding stond op nader te bepalen er is in de MKI gekozen voor 'Straatwerk elementen, baksteen'.

Rijbaan, Verharding

- fundering menggranulaat 300 mm, voor zandbed 500 mm;
- de asfaltwegen zijn gekwantificeerd in deklaag, tussenlaag en onderlaag. De deklaag is gespecificeerd in *AC surf zonder PR PCR asfalt 2.0* (hoge kwaliteit asfalt) en de tussenlaag en onderlaag samen in *AC bin base* (gemengd asfalt);
- voor de berekening van het volume asfalt voor het parkeerdek is gebruik gemaakt van een dikte van 0,25 m, gebaseerd op de dikte *asfalt rijbaan*.

Voor de verharding van de wegen waar asfalt wordt gebruikt is een verdeling gemaakt tussen 50 % *AC binbase* en 50 % *AC surf zonder PR PCR asfalt 2.0*. Voor het opbreken van de asfaltverharding is alleen het proces *AC surf zonder PR PCR asfalt 2.0* gekozen, omdat dit alleen opbreekwerkzaamheden en vrijkomend materiaal inhoudt, en is naar verwachting geen grote bijdrage aan de totale MKI.

Terreininrichting

Voor de terreininrichting is als referentieproces gekeken naar lichtmasten. Heeft een vergelijkbare MKI met verkeersborden.

Varkensruggen

De [varkensruggen](#) om parkeervlakken te verdelen zijn gebaseerd op een gewicht van 83 kg, gemaakt van beton.

Zandbed

DuboCalc is in m² en gebaseerd op een hoogte van 0,25 m. Dit is gebruikt om de MKI per m³ te bepalen.



BIJLAGE: TOEWIJZINGSTABEL CIRCULARITEIT

Sub-Element		Eenh1	Eenh2	Classificatie	massa[t]/eenh1	massa[t]/eenh2	Vrijkomend	Primair	Secundair	Hernieuwbaar	Stort	Verbranding	Secundaire bouwstof	Grondstof	Hergebruik
Verwijderen asfaltverharding incl.		m2	kg	Asfalt		0,001	Ja	0,75	0,25	0	0,01	0	0	0,99	0
Verwijderen elementenverharding incl. fundering		m2	m2	Elementverharding		0,1225	Ja	1	0	0	0	0,01	0,04	0	0,95
Verwijderen breuksteen		m2	m2	Breuksteen		1,125	Ja	1	0	0	0,01	0	0	0,99	0
Verwijderen damwanden		m1	m2	Beton		0,245	Ja	1	0	0	1	0	0	0	0
Ontgraven grond bestaande zeedijk t.p.v. nieuwe dijkovergang, kleigrond		m3	m3	Klei	2,3		Ja	1	0	0	0,01	0	0	0,99	0
Ontgraven grond bestaande zeedijk t.p.v. nieuwe dijkovergang, zand		m3	m3	Zand	1,75		Ja	1	0	0	0	0,01	0	0,99	0
Opbreken dijkbekleding bestaande zeedijk t.p.v. nieuwe dijkovergang		m2	m2	Breuksteen		1,125	Ja	1	0	0	0,01	0	0	0,99	0
Afgraven bestaande veerdam		m3	m3	Grond	2,3		Ja	0	1	0	0,01	0	0	0,99	0
Opbreken parkeerdek		m2	kg	Beton		0,001	Ja	1	0	0	0	0,01	0,99	0	0
Opbreken terreininrichting		st	p	Metaal		0,01	Ja	0,849	0,151	0	0	0,01	0	0,94	0,05
Aanbrengen deklaag		m2	kg	Asfalt		0,001		1	0	0	0,01	0	0	0,99	0
Aanbrengen tussenlaag		m2	kg	Asfalt		0,001		0,5	0,5	0	0,01	0	0	0,99	0
Aanbrengen onderlaag		m2	kg	Asfalt		0,001		0,5	0,5	0	0,01	0	0	0,99	0
Aanbrengen fundering, granulaat		m3	m2	Granulaat	1,3			0	1	0	0	0,01	0	0,99	0
Aanbrengen fundering, zandbed		m3	m2	Zand	2,35			1	0	0	0	0,01	0	0,99	0
Aanbrengen waterafscheidende laag, geotextiel		m2	m2	Kunststof		0,0005		1	0	0	0	0,95	0	0,05	0
markering		m1	m1	Markering		0,000071		1	0	0	0	1	0	0	0
Geleiderail, type: Megarail		m1	m1	Metaal		0,0575		0,849	0,151	0	0	0,01	0	0,94	0,05
Leuning, type: n.t.b.		m1	m1	Metaal		0,0215		0,849	0,151	0	0	0,01	0	0,94	0,05
Grond aanvullen t.b.v. nieuwe zeedijk, zand		m3	m3	Zand	2			1	0	0	0	0,01	0	0,99	0
Grond aanvullen t.b.v. nieuwe zeedijk, kleigrond		m3	m3	Klei	2			1	0	0	0,01	0	0	0,99	0
Aanbrengen dijkbekleding t.p.v. nieuwe zeedijk		m2	m2	Breuksteen		1,125		1	0	0	0,01	0	0	0,99	0
Aanbrengen toplaag, type: breuksteen, 300-1000kg, dikte: 1,30m		m3	m3	Breuksteen	1,875			1	0	0	0,01	0	0	0,99	0
Aanbrengen toplaag, type: breuksteen, 1000-3000kg, dikte: 1,85m		m3	m3	Breuksteen	1,875			1	0	0	0,01	0	0	0,99	0
Aanbrengen filterlaag, type: 90/250 mm, dikte: 0,30m		m3	m3	Breuksteen	1,875			1	0	0	0,01	0	0	0,99	0
Aanbrengen filterlaag, type: 5-40 kg, dikte: 0,40m		m3	m3	Breuksteen	1,875			1	0	0	0,01	0	0	0,99	0
Aanbrengen geotextiel, type: n.t.b.		m2	m2	Kunststof		0,0005		1	0	0	0	0,95	0	0,05	0
Aanbrengen zand voor ophoging		m3	m3	Zand	2			1	0	0	0	0,01	0	0,99	0
Betondek (excl. havenhoofd)		m3	m3	Beton	2,5			1	0	0	0	0,01	0,99	0	0
Verzwaard palenjuk, h.o.h. 100m		st	m3	Beton		2,5		1	0	0	0	0,01	0,99	0	0
Aanbrengen stalen buispalen, rond 1.500		st	p	Metaal	7,956			0,849	0,151	0		0,1	0	0,81	0,09
Aanbrengen palenjuk, h.o.h. 10m		st	m3	Beton		2,5		1	0	0	0	0,01	0,99	0	0
Aanbrengen afscheidingen tussen parkeervakken		m1	m1	Markering	0,000071			1	0	0	0	0,01	0,99	0	0

Aanbrengen ABRI's	st	m1	Overig			1	0	0	1	0	0	0	0
Elementenverharding, type n.t.b.	m2	m2	Elementverharding	1,5	0,1225	1	0	0	0	0,01	0,04	0	0,95
Aanbrengen straatlaag, zand	m3	m3	Zand			1	0	0	0	0,01	0	0,99	0
Aanbrengen varkensruggen	st	m3	Beton		2,5	1	0	0	0	0,01	0,99	0	0
Aanbrengen ABRI's, type: n.t.b.	st	m1	Overig			1	0	0	1	0	0	0	0
Aanbrengen perronbanden	m1	m2	Beton		0,125	1	0	0	0	0,01	0,99	0	0
Aanbrengen betondek, bestaande uit betonplaten	m3	m3	Beton		2,5	1	0	0	0	0,01	0,99	0	0
Aanbrengen oplegpunten	m1	p	Kunststof		1,0176	1	0	0	0	0,95	0	0,05	0
Langsmarkering, 1-1 (0.15), type: thermoplast	m1	m1	Markering		0,000071	1	0	0	0	1	0	0	0
Langsmarkering, 3-3 (0.15), type: thermoplast	m1	m1	Markering		0,000071	1	0	0	0	1	0	0	0
Langsmarkering, 9-3 (0.15), type: thermoplast	m1	m1	Markering		0,000071	1	0	0	0	1	0	0	0
Langsmarkering, 0.30-2.70 (0.10), type: thermoplast	m1	m1	Markering		0,000071	1	0	0	0	1	0	0	0
Langsmarkering, 2.70-0.30 (0.10), type: thermoplast	m1	m1	Markering		0,000071	1	0	0	0	1	0	0	0
Langsmarkering, doorgetrokken (0.10), type: thermoplast	m1	m1	Markering		0,000071	1	0	0	0	1	0	0	0
Langsmarkering, doorgetrokken (0.15), type: thermoplast	m1	m1	Markering		0,000071	1	0	0	0	1	0	0	0
Driehoeksmarkering 0,50x0,70m, type: thermoplast	st	m1	Markering		0,000071	1	0	0	0	1	0	0	0
Aanbrengen grond, zand	m3	m3	Zand	1,5		1	0	0	0	0,01	0	0,99	0
Aanbrengen grond, klei	m3	m3	Klei	2		1	0	0	0,01	0	0	0,99	0
Aanbrengen dijkbekleding	m2	m2	Breuksteen	1,125		0	1	0	0,01	0	0	0,99	0
Aanbrengen toplaag, type: breuksteen, 300-1000kg, dikte: 1,85m	m3	m3	Breuksteen	1,875		1	0	0	0,01	0	0	0,99	0
Aanbrengen filterlaag, type: 90/250 mm of 5-40 kg, dikte: 0,40m	m3	m3	Breuksteen	1,875		1	0	0	0,01	0	0	0,99	0
Aanbrengen verharding, asfalt	m2	kg	Asfalt		0,001	0,75	0,25	0	0,01	0	0	0,99	0
Aanbrengen zand	m3	m3	Zand	1,5		1	0	0	0	0,01	0	0,99	0
Autoschepen	l	kg	Brandstof		0,001	1	0	0	0	1	0	0	0
Sneldienst	l	kg	Brandstof		0,001	1	0	0	0	1	0	0	0
Sleephopperzuiger	l	kg	Brandstof		0,001	1	0	0	0	1	0	0	0
Kraanschip	l	kg	Brandstof		0,001	1	0	0	0	1	0	0	0
Ploegboot	l	kg	Brandstof		0,001	1	0	0	0	1	0	0	0
Afgraven bestaande veerdam Holwert	m3	m3	Grond	2,3	Ja	0	1	0	0,01	0	0	0,99	0
Ontgraven bestaande zeedijk t.p.v. nieuwe dijkovergang, kleigrond	m3	m3	Klei	2,3	Ja	1	0	0	0,01	0	0	0,99	0
Ontgraven bestaande zeedijk t.p.v. nieuwe dijkovergang, zand	m3	m3	Zand	1,75	Ja	1	0	0	0	0,01	0	0,99	0
Aanbrengen markering	m1	m1	Markering		0,000071	1	0	0	0	1	0	0	0
Aanbrengen filterlaag, type: zetsteen, 90/250 mm, dikte: 0,30m	m3	m3	Granulaat	1,875		0	1	0	0	0,01	0	0,99	0
Aanbrengen filterlaag, type: zetsteen, 5-40 kg, dikte: 0,40m	m3	m3	Granulaat	1,875		0	1	0	0	0,01	0	0,99	0
Elementeverharding, type n.t.b.	m2	m2	Elementverharding		0,1225	1	0	0	0	0,01	0,04	0	0,95
Aanbrengen grondkering afmeerplaatsen, type: n.t.b.	m1	m2	Metaal		0,136	0	1	0	0,01	0	0	0,99	0

Langsmarkering, 3-3 (0.30), type: thermoplast	m1	m1	Markering		0,000071	1	0	0	0	1	0	0	0
Vlakmarkering, type: thermoplast	m2	m1	Markering		0,000071	1	0	0	0	1	0	0	0
Aanbrengen middengeleider, beton, creteprint, incl. fundering	m2	m3	Beton		2,5	1	0	0	0	0,01	0,99	0	0
Aanbrengen overrijdbare strook, beton, creteprint, incl. fundering	m2	m3	Beton		2,5	1	0	0	0	0,01	0,99	0	0
Aanbrengen waterafsluitende laag	m2	m2	Kunststof		0,0005	1	0	0	0	0,95	0	0,05	0
Verzwaard palenjuk, h.o.h. 100m, lengte ca. 15m	st	m3	Beton		2,5	1	0	0	0	0,01	0,99	0	0
Aanbrengen palenjuk, h.o.h. 10m, lengte ca. 15m	st	m3	Beton		2,5	1	0	0	0	0,01	0,99	0	0
Betondek (excl. havenhoofd) wapening	kg	kg	Metaal	0,001		0,849	0,151	0	0	0,01	0	0,94	0,05
Aanbrengen betondek, bestaande uit betonplaten wapening	kg	kg	Metaal	0,001		0,849	0,151	0	0	0,01	0	0,94	0,05
Ontgraven bestaand maaiveld t.b.v. grondverbetering	m3	m3	Grond	2,3	Ja	0	1	0	0,01	0	0	0,99	0
Aanvullen zand voor grondverbetering	m3	m3	Zand	1,75	Ja	1	0	0	0	0,01	0	0,99	0
Sleephopperzuiger; Ontgraven werkgeul t.b.v. materieel aanleg veerdam op palen	l	kg	Brandstof		0,001	1	0	0	0	1	0	0	0
Kraanschip; Ontgraven werkgeul t.b.v. materieel aanleg veerdam op palen	l	kg	Brandstof		0,001	1	0	0	0	1	0	0	0
Ploegboot; Ontgraven werkgeul t.b.v. materieel aanleg veerdam op palen	l	kg	Brandstof		0,001	1	0	0	0	1	0	0	0
Aanbrengen middengeleider tussen parkeerplekken en rijbanen, gras	m2	m2	Beton	0,625		1	0	0	0	0,01	0,99	0	0
Baggeren rondom havenhoofd; Sleephopperzuiger	l	kg	Brandstof		0,001	1	0	0	0	1	0	0	0
Baggeren rondom havenhoofd; Kraanschip	l	kg	Brandstof		0,001	1	0	0	0	1	0	0	0
Ontgraven bestaand maaiveld t.b.v. grondverbetering (kwelder)	m3	m3	Klei	2,3	Ja	1	0	0	0,01	0	0	0,99	0
Aanvullen zand voor grondverbetering (kwelder)	m3	m3	Zand	1,75	Ja	1	0	0	0	0,01	0	0,99	0
Ontgraven bestaand maaiveld t.b.v. grondverbetering (wad)	m3	m3	Zand	1,75	Ja	1	0	0	0	0,01	0	0,99	0
Aanvullen zand voor grondverbetering (wad)	m3	m3	Zand	1,75	Ja	1	0	0	0	0,01	0	0,99	0
Aanbrengen ophoging t.o.v. bestaand maaiveld, zand	m3	m3	Zand	1,75	Ja	1	0	0	0	0,01	0	0,99	0
Aanbrengen filterlaat, type: zand, 90/250 mm, dikte: 0,30m	m3	m3	Breuksteen	2,65		1	0	0	0,01	0	0	0,99	0

