

**Technische haalbaarheid en kosten
Vitaal Zoet Grevelingen**

Definitief

Horvat & Partners ondersteunt publieke opdrachtgevers in de infrastructuur met audits, evaluaties en door middel van advies. Dit doen wij altijd vanuit een onafhankelijke rol: wij hebben geen belang bij de uitkomsten van ons werk. Voor ons betekent dit onder andere dat we niet voor opdrachtnemende partijen zoals aannemers werken en alleen medewerkers bij klanten detacheren als we zeker zijn dat dit onze onafhankelijkheid niet aantast.

Dit rapport is opgesteld in opdracht van van de provincie Zeeland.

Technische haalbaarheid en kosten Vitaal Zoet Grevelingen

Definitief

Voor akkoord:

Rapportnummer: 24052-R-001

Delft, 2 juni 2025

Foto voorkant: www.rws.nl

Inhoudsopgave

1	Inleiding	1
2	Plan Vitaal Zoet Grevelingen	5
3	Uitwerking principeoplossingen verzoeting	8
4	Kosteninschatting plan voor verzoeting.....	19
5	Kansen voor aanvullende functies	20
6	Conclusies en aanbevelingen	23
Bijlage A	Berekeningen doorstroomdebiet	25
Bijlage B	Horizontale draagkracht buispalen	31
Bijlage C	Onderbouwing bij de raming	34
Bijlage D	Documentenlijst	61

1 Inleiding

1.1 Aanleiding

Met de afsluiting van het Grevelingenmeer in het kader van de Deltawerken is het voormalig estuarium veranderd in een nagenoeg gesloten zout waterlichaam. Het zoute Grevelingenmeer draagt bij aan de verzilting van Schouwen-Duiveland, wat de landbouw op het eiland schaadt. Bovendien is de ecologische waarde van het meer in de ogen van experts achteruitgegaan. Er is met name zorg over de zuurstofloze diepe delen van het Grevelingenmeer, die zijn ontstaan door tekort aan doorstroming en beperkte menging van het water.

Als oplossing voor de teruglopende ecologische waarde van het Grevelingenmeer heeft Rijkswaterstaat het terugbrengen van een gedempt getij op het Grevelingenmeer onderzocht. Een MIRT-verkenning heeft geresulteerd in een voorkeursalternatief met een doorlaatmiddel in de Brouwersdam.

De provincie Zeeland onderzoekt nu in het project Verkenning Vitaal Zoet Grevelingen als alternatief een plan om het Grevelingenmeer te verzoeten. Het plan dient verzilting terug te dringen en de waterkwaliteit te verbeteren. Daarnaast biedt de verzoeting opties voor aanvullende functies. Het project verkent hoe vanuit het rivierensysteem zoetwater beschikbaar kan worden gemaakt op het Hollands Diep, en vervolgens via het Volkerak-Zoommeer naar het Grevelingenmeer gevoerd. Om dat te realiseren, zijn waarschijnlijk operationele en eventueel infrastructurele maatregelen nodig in het riviersysteem ten bovenstrooms van de Volkeraksluizen. Daarnaast zijn maatregelen nodig om het zoete water het Grevelingenmeer in te leiden. Ook voorziet het plan in de realisatie van een zoutdam bij de Brouwerssluis om zo veel mogelijk zout water uit het Grevelingenmeer af te voeren.

De Verkenning Vitaal Zoet Grevelingen bestaat uit het plan voor verzoeting en aanvullende functies voor een verzoet Grevelingenmeer. Het plan voor verzoeting bestaat uit de minimale ingrepen nodig voor het verzoeten van het Grevelingenmeer ten behoeve van de landbouw op de Zeeuwse eilanden. De aanvullende functies vormen een uitbreidingen op dit plan, zoals: het gebruik van het Grevelingenmeer als zoetwaterreservoir, en maatregelen om het ecosysteem te stimuleren en het risico op algenbloei te mitigeren.

De provincie Zeeland heeft behoefte aan meer inzicht in de haalbaarheid van Vitaal Zoet Grevelingen. De provincie heeft hiertoe drie onderzoekssporen opgezet en Horvat & Partners gevraagd één van deze onderzoekssporen uit te voeren. Ons spoor betreft een onderzoek naar de technische haalbaarheid en een indicatie van de kosten van de doorlaatmiddelen die nodig zijn voor verzoeting. Met dit rapport geven we invulling aan deze vraag. Figuur 1 toont een overzicht van de drie sporen.

Verkenning Vitaal Zoet Grevelingen		
	Verzoeting	Aanvullende functies
Spoor 1		
HKV	• Benodigd doorstroomdebiet verzoeting en waterkwaliteit • Zoetwaterbeschikbaarheid	• Effectiviteit
Spoor 2		
Horvat	• Technische haalbaarheid • Kosten van de ingrepen	• Identificeren kansen
Spoor 3		
Waterwerkers	• Inventarisatie kosten en baten	

Figuur 1: De drie onderzoekssporen in de eerste fase van Verkenning Vitaal Zoet Grevelingen.

De drie sporen zijn als volgt verdeeld:

1. Onderzoeksspoor 1: HKV. Dit spoor richt zich op de waterbeheersaspecten van het systeem. Voor het plan voor verzoeting worden: i) het benodigde debiet voor verzoeting en het voldoen aan de waterkwaliteitseisen vastgesteld en ii) de beschikbaarheid van dit zoete water in het rivierensysteem onderzocht. Voor de aanvullende functies onderzoekt HKV de haalbaarheid van aanvullende functies vanuit het oogpunt van waterbeheer en waterbeschikbaarheid.
2. Onderzoeksspoor 2: Horvat & Partners. Binnen dit spoor hebben we de technische haalbaarheid van de verzoeting van het Grevelingenmeer onderzocht. Daarnaast schatten we de kosten in van benodigde ingrepen voor verzoeting. Ook hebben we de kansen voor aanvullende functies binnen het plan verkend.
3. Onderzoeksspoor 3: Waterwerkers. Binnen spoor 3 zijn de kosten en baten van verschillende bouwstenen van Vitaal Zoet Grevelingen onderzocht.

Flows Productions presenteert namens de provincie Zeeland het integrale plan met daarin onder andere de uitkomsten van de drie onderzoekssporen.

1.2 Doelstelling en onderzoeksvragen

De doelstelling van het onderzoek is om te bepalen of het verzoeten van het Grevelingenmeer met doorlaatmiddelen technisch haalbaar is, en (globaal) tegen welke kosten dit gerealiseerd kan worden. Ook identificeren we kansen voor aanvullende functies die de potentie van het plan vergroten.

Deze doelstelling hebben we vertaald naar de volgende onderzoeksvragen, die richting geven aan ons onderzoek:

1. Wat zijn passende uitgangspunten voor de scopeafbakening, eisen, randvoorwaarden en wensen voor de doorlaatmiddelen ter verzoeting van het Grevelingenmeer?
2. Hoe kan de doorvoer van zoetwater met bestaande en/of nieuwe doorlaatmiddelen in de Volkerakdam, Grevelingendam en Brouwersdam worden gerealiseerd?
3. Hoe kan met het principe van selectieve onttrekking zout water van het Grevelingenmeer naar de Noordzee worden afgevoerd?
4. Wat kosten deze maatregelen?

5. Welke kansen voor aanvullende functies zien we die de baten van het plan Vitaal Zoet Grevelingen vergroten?

1.3 Scope, aanpak en werkzaamheden

Ons onderzoek richt zich op de civieltechnische maatregelen aan de doorlaatmiddelen en zoutdam uit het plan Vitaal Zoet Grevelingen. We hebben principeoplossingen uitgewerkt om de technische haalbaarheid van deze maatregelen te toetsen en de kosten globaal in te schatten. De ontwerpuitwerking van de principeoplossingen en de kosteninschatting zijn op het niveau dat hoort bij een pre-verkenningfase. We hebben gezien de fase van het onderzoek geen volledig ontwerpproces doorlopen, wat betreft het inventariseren en aantonen van eisen of het optimaliseren van het ontwerp met een variantenstudie.

We hebben dit onderzoek parallel uitgevoerd aan de andere onderzoekssporen. Voor het debiet benodigd voor verzoeting en handhaving van de waterkwaliteit en de beschikbaarheid van dit debiet hebben we daarom gewerkt met voorlopige uitgangspunten. We lichten deze nader toe in Paragraaf 2.2. De uitkomsten van het onderzoek van HKV/spoor 1 kunnen daarom impact hebben op onze conclusies.

De uitwerking en kosten van maatregelen voor toekomstige peilverhogingen op het Grevelingenmeer maken geen deel uit van ons onderzoek. Wel brengen we globaal in beeld wanneer een dergelijke peilverhoging naar verwachting nodig zal zijn om voldoende doorstroming te blijven realiseren. De ecologische impact van het plan en eventueel benodigde maatregelen voor natuurcompensatie is de provincie Zeeland voornemens te onderzoeken in een volgende fase van deze verkenning. Verder vallen mogelijke aanpassingen in het hoofddriversysteem om voldoende zoet water beschikbaar te maken op het Hollands Diep buiten de scope van ons onderzoek, net als ingrepen om zoet water in te laten uit het Grevelingenmeer en over Schouwen-Duiveland te distribueren.

Wij hebben voor dit onderzoek de volgende werkzaamheden uitgevoerd:

1. Startoverleg (d.d. 11-02-2025) met ons team en de opdrachtgever.
2. Periodieke overleggen met betrokkenen van de provincie Zeeland, Flows Productions, HKV en Waterwerkers:
 - a. wekelijkse technische afstemming tussen de onderzoekssporen;
 - b. wekelijks voortgangsoverleg met de opdrachtgever;
 - c. een gezamenlijke sessie (d.d. 09-04-2025) om de voorlopige resultaten van de onderzoekssporen met de opdrachtgever door te nemen.
3. Werksessies. We hebben in totaal drie werksessies gehouden over de volgende onderwerpen: i) uitgangspunten (d.d. 03-03-2025), ii) oplossingsrichtingen (d.d. 19-03-2025), en iii) kosteninschattingen en kansen voor aanvullende functies (d.d. 02-04-2025).
4. Conceptrapportage. We hebben deze rapportage opgesteld met onze conclusies over de technische haalbaarheid en kosten van de doorlaatmiddelen die nodig zijn om het Grevelingenmeer te verzoeten.
5. Bespreken conceptrapport. We hebben onze resultaten in een presentatie toegelicht in een overleg met de opdrachtgever. Ook hebben we het commentaar op het conceptrapport met onze contactpersoon doorgenomen.
6. Definitieve rapportage. Rekening houdend met de opmerkingen op het conceptrapport en de presentatie hebben we een definitieve rapportage opgesteld.

1.4 Leeswijzer

Het vervolg van dit rapport is als volgt opgebouwd. Hoofdstuk 2 licht de visie van de provincie Zeeland op het plan Vitaal Zoet Grevelingen toe met de daarbij meegegeven uitgangspunten. Hoofdstuk 3 bevat het ontwerp van de waterbouwkundige ingrepen voor het verzouten van het Grevelingenmeer. Hoofdstuk 4 bevat onze kosteninschatting voor het realiseren van deze ingrepen. In Hoofdstuk 5 gaan we in op de kansen die we zien voor aanvullende functies voor een verzoet Grevelingenmeer. Hoofdstuk 6 bevat onze conclusies en aanbevelingen.

Daarnaast bevat dit rapport vier bijlagen. Bijlage A bevat de beschrijving en resultaten van het kombergingsmodel van het Grevelingenmeer. Bijlage B onderbouwt de horizontale draagkracht van de buispalen voor de zoutdam. Bijlage C bevat nadere toelichting bij de ramming. Een overzicht van de gerefereerde documenten staat in Bijlage D. In dit rapport verwijzen wij naar documenten met [nummer].

Waar in deze notitie kosten worden vermeld, zijn deze exclusief btw en in prijspeil januari 2025, tenzij anders vermeld.

2 Plan Vitaal Zoet Grevelingen

Dit hoofdstuk beschrijft de bestaande situatie van het Grevelingenmeer (Par. 2.1), en het plan voor verzoeting (Par 2.2) en de aanvullende functies (Par 2.3) van het Plan Vitaal Zoet Grevelingen van de provincie Zeeland. Dit plan vormt de basis voor de uitwerking van de principeoplossingen en de kosteninschatting in de volgende hoofdstukken.

2.1 Bestaande situatie Grevelingenmeer

Het Grevelingenmeer ligt tussen het Zuid-Hollandse Goeree-Overflakkee en het Zeeuwse Schouwen-Duiveland. Het Grevelingenmeer is aan de westkant afgesloten van de Noordzee door de Brouwersdam. Aan de oostkant sluit de Grevelingendam het Grevelingenmeer af van zowel het zoete Volkerak-Zoommeer als de zoute Oosterschelde. Aansluitend op de Grevelingendam ligt de Philipsdam, die de scheiding vormt tussen de Oosterschelde en het Volkerak-Zoommeer.



Figuur 2: Overzichtskartaal Grevelingenmeer

Het Grevelingenmeer bestaat overwegend uit stilstaand water. Het peilbeheer in het Grevelingenmeer beoogt een kunstmatige getijslag te realiseren van 5-10 cm. Het getij ontstaat door wateruitwisseling met omliggende wateren vindt plaats door de Brouwerssluis in de Brouwersdam, die zout water uit de Noordzee inlaat en zout water uit het Grevelingenmeer uitlaat. Daarnaast laat de Flakkeese spuisluis, een doorlaatmiddel in het zuidelijke deel van de Grevelingendam, zout water in vanuit de Oosterschelde.

Het beheer van het Grevelingenmeer is erop gericht om de waterstand tussen de peilbeheergrenzen te houden en tegelijkertijd zo veel mogelijk doorspoeling te realiseren ten behoeve van de waterkwaliteit. De peilbeheergrenzen liggen op NAP -0,30 m en NAP -0,10 m met verdere beperkingen gedurende een aantal perioden van het jaar. [101]

2.2 Plan voor verzoeting

Het plan Vitaal Zoet Grevelingen heeft als doel om het Grevelingenmeer te vitaliseren door het te verzoeten. Het plan bestaat uit de minimaal benodigde ingrepen om het Grevelingenmeer te verzoeten. Hieronder volgt het plan als uitgangspunt voor ons onderzoek.

Verzoeten van het Grevelingenmeer

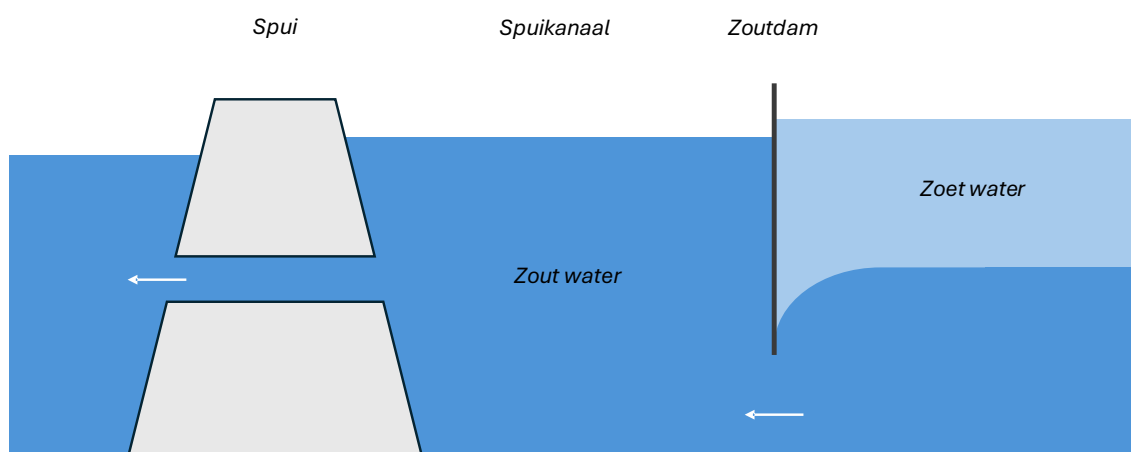
Het plan beoogt het Grevelingenmeer te verzoeten totdat het zoutgehalte in het Grevelingenmeer maximaal 450 mg/liter bedraagt. Voorlopig uitgangspunt van het plan is dat daarvoor initieel een jaarrond gemiddeld debiet van ongeveer 100 m³/s nodig is. Voor het zoet houden en het handhaven van de waterkwaliteit, met name het verkleinen van de kans op algenbloei, is minimaal 50 m³/s nodig. HKV doet nader onderzoek naar deze aspecten parallel aan dit onderzoek. De beoogde levensduur van het plan bedraagt 100 jaar vanaf het moment van realisatie.

Doorlaatmiddelen

Om het meer te verzoeten, wordt zoet water vanuit het Hollands Diep door de Volkerakdam naar het Volkerak geleid. Via een nieuwe doorgang in de Philipsdam en een bestaand doorlaatmiddel in de Grevelingendam stroomt het zoete water naar het Grevelingenmeer. Aan de andere zijde van het Grevelingenmeer wordt het ten slotte via de bestaande Brouwerssluis afgevoerd naar de Noordzee.

Zoutdam

Om de verzoeting te versnellen, voorziet Vitaal Zoet Grevelingen een zoutdam¹ voor de Brouwerssluis, die zorgt voor het selectief onttrekken van zout water dat zich door het hogere soortelijk gewicht op de bodem bevindt. De zoutdam bestaat uit een scherm dat het Grevelingenmeer scheidt van het spuikanaal van de Brouwerssluis. Het scherm sluit aan de onderzijde niet op de bodem aan, maar laat juist ruimte voor water om onder het scherm door te stromen. De zoutdam onttrekt daarmee vooral het zwaardere zoute water aan het Grevelingenmeer. Figuur 3 toont het principe van de zoutdam.



Figuur 3: Principe van de zoutdam.

¹ De term zoutdam gebruikt Rijkswaterstaat voor de Selectieve Onttrekking in IJmuiden. Voor de herkenbaarheid gebruiken wij ook deze term in ons rapport. De zoutdam houdt echter niet het zoute water, maar juist het zoete water tegen. Het zwaardere zoute water wordt doorgelaten.

De zoutdam onttrekt initieel het zoute water dat in de huidige situatie in het Grevelingenmeer aanwezig is. Daarna draagt de zoutdam bij aan het zoet houden van het Grevelingenmeer door doorlopend zoutbezwaar af te voeren. Dit zoutbezwaar ontstaat door zoute kwel via de oevers en bodem en schutten van de Grevelingensluis bij Bruinisse.

2.3 Aanvullende functies Vitaal Zoet Grevelingen

De provincie Zeeland voegt aanvullende functies toe aan het plan voor verzoeting om zo de baten en kansrijkheid van het plan Vitaal Zoet Grevelingen te vergroten. Wij ontwerpen de benodigde ingrepen om de functies in te vullen niet, maar beschouwen op basis van expert judgement de kansrijkheid van de functies.

3 Uitwerking principeoplossingen verzoeting

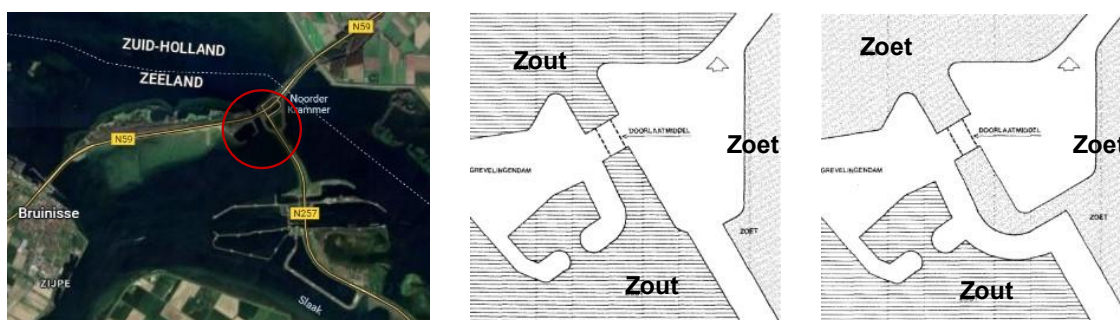
In dit hoofdstuk lichten we eerst in Paragraaf 3.1 toe welke ingrepen nodig zijn voor verzoeting van het Grevelingenmeer en voor welke ingrepen wij principeoplossingen hebben uitgewerkt. Daarna werken we de oplossingen verder uit in Paragrafen 3.2, 3.3 en 3.4.

3.1 Benodigde ingrepen in het systeem

Voor verzoeting van het Grevelingenmeer voorzien we de volgende ingrepen:

1. Omleggen Philipsdam voor inzet van de Flakkeese spuisluis

De Flakkeese spuisluis laat water vanuit de Oosterschelde in het Grevelingenmeer. Een aanpassing aan de Philipsdam maakt het mogelijk het Volkerak-Zoommeer op de Flakkeese spuisluis aan te sluiten, zodat zoet water kan worden ingelaten in het Grevelingenmeer. Bij de aanleg van de Flakkeese spuisluis is destijds al rekening gehouden met deze aanpassing. Figuur 4 toont een schets van deze ingreep.



Figuur 4: Principe verleggen Philipsdam voor inzet Flakkeese spuisluis in het plan voor verzoeting. Aangepast op basis van [413]

Een alternatief voor het verleggen van de Philipsdam is om in het noordelijke deel van de Grevelingendam een nieuw spuimiddel te realiseren. Tabel 1 toont een vergelijking van de voornaamste voordelen van de twee alternatieven.

Inzet Flakkeese spuisluis	Nieuw doorlaatmiddel
▪ Lagere kosten ▪ Doorstroomcapaciteit voldoende voor verzoeten Grevelingenmeer ▪ Minder materiaalgebruik en milieu-impact door hergebruik bestaande middelen	▪ Grotere doorstroomcapaciteit mogelijk, maar alleen te benutten wanneer ook de capaciteit bij de Brouwersdam wordt uitgebreid ▪ Gunstigere locatie voor het lokaal doorspoelen van blauwalg-gevoelig gebied. ▪ Kans voor faciliteren vismigratie

Tabel 1: Voordelen van de twee alternatieven: inzet van de Flakkeese spuisluis door omleggen van de Philipsdam en de realisatie van een nieuw doorlaatmiddel in de Grevelingendam.

We schatten de kosten voor het inzetten van de Flakkeese spuisluis lager dan voor het realiseren van een nieuw doorlaatmiddel. Een nieuw doorlaatmiddel biedt de mogelijkheid om een grotere doorstroomcapaciteit te realiseren. Deze is echter alleen te benutten wanneer ook de capaciteit bij de brouwersdam wordt uitgebreid. De Brouwerssluis is namelijk maatgevend voor het te realiseren doorstroomdebiet door het Grevelingenmeer. De spuicapaciteit van de Flakkeese spuisluis is bovendien voldoende voor verzoeting van het Grevelingenmeer (zie verder in deze paragraaf).

Het realiseren van een nieuw doorlaatmiddel biedt daarnaast mogelijkheden voor het beter faciliteren van vismigratie en het lokaal mitigeren van blauwalgbloei. Hergebruik van het bestaande middel resulteert daarentegen in minder materiaalgebruik en milieu-impact dan het realiseren van een nieuw doorlaatmiddel.

Op basis daarvan kiezen we in deze studie voor de inzet van de Flakkeese spuisluis. Andere uitgangspunten of (klant)eisen aan het systeem kunnen aanleiding geven tot heroverweging van het meest wenselijke alternatief.

2. Zoutdam bij de Brouwerssluis

Om selectief zout water te kunnen onttrekken uit het Grevelingenmeer, voorzien we de realisatie van een zoutdam in het spuikanaal van de huidige Brouwerssluis. Figuur 5 toont de locatie van de zoutdam in de Brouwersdam.



Figuur 5: Locatie van de zoutdam bij de Brouwerssluis in de Brouwersdam.

3. Overige waterbouwkundige ingrepen

We houden rekening met enkele ingrepen die bijdragen aan verzoeting van het Grevelingenmeer. We hebben deze werkzaamheden in minder detail uitgewerkt. Uit nader onderzoek dient te blijken in hoeverre deze ingrepen noodzakelijk en gewenst zijn:

- a. Baggerwerkzaamheden. Om de effectiviteit van de zoutdam te vergroten, voorziet het plan voor verzoeting in het verbinden van diepe delen van het Grevelingenmeer door het baggeren van sleuven tussen de diepe delen ten behoeve van de zoutwaterstroom aan de bodem.
- b. Realisatie van eilanden. Het opgebaggerde materiaal uit de gebaggerde sleuven wordt opgebracht voor de realisatie van een of meerdere kleine eilanden in het meer. Deze eilanden kunnen worden ingezet voor natuurontwikkeling, bijvoorbeeld voor vogels.
- c. Maatregel zoutbezwaar Grevelingensluis bij Bruinisse. Door schutten van de Grevelingensluis stroomt zout water van de Oosterschelde naar het verzoete Grevelingenmeer. Een mogelijkheid is om een verdiepte zoutvang aan te leggen waarin het zoute water uit de Grevelingensluis wordt opgevangen. Het zoute water wordt vervolgens teruggepompt naar de Oosterschelde via een pijpleiding.

4. Toekomstige peilverhoging Grevelingen- en Volkerak-Zoommeer of bemalen Grevelingen (buiten scope)

De doorstroomcapaciteit van het systeem is onder andere afhankelijk van de spuicapaciteit van de Brouwerssluis naar de Noordzee. Deze afvoercapaciteit neemt af met toekomstige zeespiegelstijging. Met een peilverhoging op het Grevelingenmeer en Volkerak-Zoommeer kan de doorstroomcapaciteit gehandhaafd blijven. Het realiseren van een gemaal in de Brouwersdam is een alternatief voor de peilverhoging waarmee de doorstroomcapaciteit ook kan worden gehandhaafd. Deze maatregelen vallen buiten de

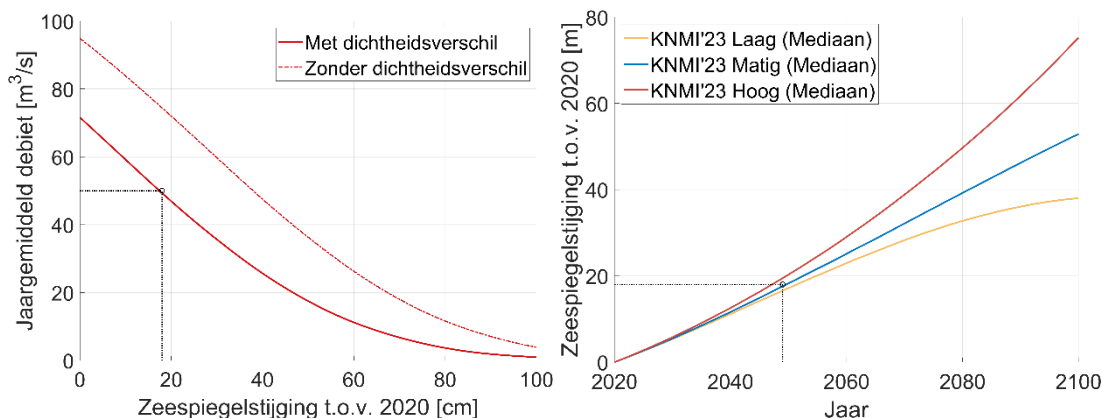
scope van dit onderzoek en zijn daarom niet meegenomen in het ontwerp en de kosteninschatting.

Doorstroomcapaciteit watersysteem Grevelingenmeer

We gaan uit van inzet van de bestaande spuisluizen in de Volkerakdam, de Flakkeese spuisluis en de Brouwerssluis zonder aanpassingen. Op basis van een kombergingsberekening (zie Bijlage A) schatten we in dat de maximale doorstroomcapaciteit door het systeem daarmee: i) 90-100 m³/s bedraagt bij een volledig zout Grevelingenmeer (startfase) en ii) 70-80 m³/s is bij een volledig zoet Grevelingenmeer (slotfase verzoeting). Deze berekening gaat ervan uit dat er jaarrond (ook in droge perioden) voldoende water beschikbaar is vanuit het Hollands Diep. Naar verwachting is het zoute Grevelingenmeer bij deze debieten binnen een half jaar verzoet.

Uit de analyse volgt dat de capaciteit van de Brouwerssluis in de Grevelingendam maatgevend is voor de doorstroomcapaciteit van het systeem. Bij een zout Grevelingenmeer is de maximale doorstroomcapaciteit groter doordat zout water een grotere dichtheid heeft en spuien door de Brouwerssluis naar de Noordzee daardoor mogelijk is bij kleinere waterstandsverschillen dan bij (lichter) zoet water.

De kombergingsberekening gaat uit van handhaving van het huidige peilbeheer op het Grevelingenmeer en het Volkerak-Zoommeer. Bij zeespiegelstijging neemt de doorstroomcapaciteit van het systeem af. Uitgangspunt voor onze analyse is dat (bij voldoende beschikbaarheid van water) de doorstroomcapaciteit voor zoet water minimaal 50 m³/s moet bedragen. Uit de berekening blijkt dat deze doorstroomcapaciteit wordt bereikt bij ca. 20 cm zeespiegelstijging (t.o.v. 2020). Deze zeespiegelstijging treedt in het gematigde KNMI-scenario rond het jaar 2050 op (zie Figuur 6).



Figuur 6: Jaargemiddeld debiet door het systeem afhankelijk van de zeespiegelstijging (links) en de KNMI'23 projecties voor zeespiegelstijging (rechts).

Bij het optreden van zeespiegelstijging vanaf 20 cm (t.o.v. 2020) zien we de volgende mogelijkheden:

1. Peilopzet Grevelingen en/of Volkerak-Zoommeer: Verhogen van de maximale peilen op het Grevelingenmeer en Volkerak-Zoommeer kan het effect van zeespiegelstijging op de doorstroomcapaciteit mitigeren. De peilverhoging dient daarvoor ongeveer gelijk te zijn aan de omvang van de zeespiegelstijging.

Aangezien de Brouwerssluis het maatgevende knelpunt is voor de doorstroming, is in eerste instantie ook alleen peilverhoging op het Grevelingenmeer nodig. Bij hogere peilopzet dan 10 cm op het Grevelingenmeer neemt de capaciteit van de Flakkeese spuisluis echter zodanig af, dat deze maatgevend wordt voor de doorstroomcapaciteit van het

systeem. Daarna dient het maximaal peil op het Volkerak-Zoommeer mee te stijgen met het peil op het Grevelingenmeer om de doorstroomcapaciteit te vergroten.

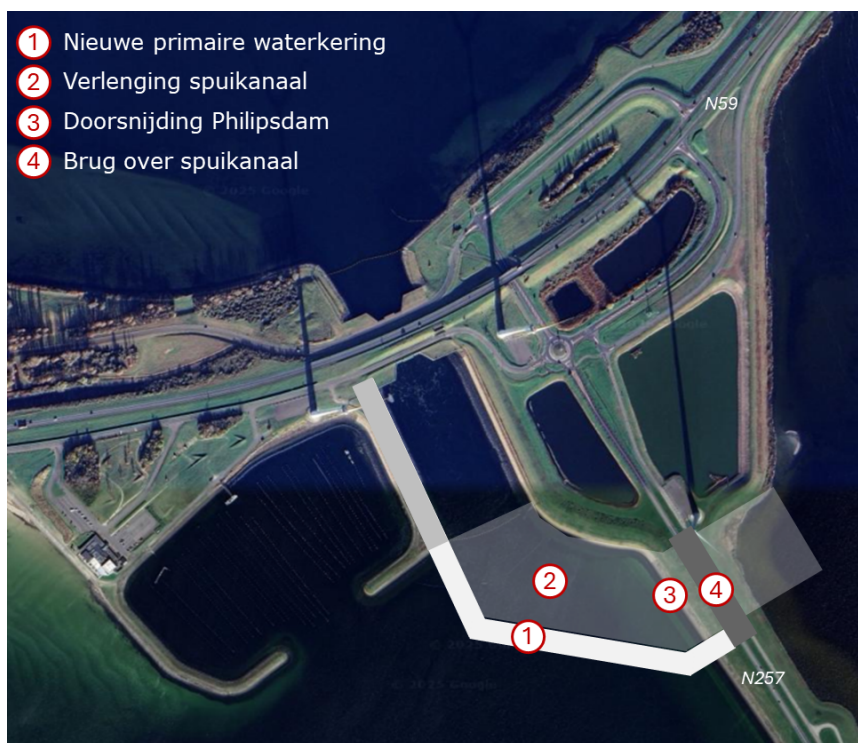
2. Spuicapaciteit vergroten of maalcapaciteit realiseren: Wanneer de doorstroomcapaciteit van de Brouwerssluis afneemt, kan dit worden gecompenseerd door een gemaal te realiseren in de Brouwersdam. Een andere optie is om de spuicapaciteit te vergroten door de Brouwerssluis te verruimen of een nieuw spuimiddel aan te leggen.
3. Minder doorstroming accepteren: In deze optie vindt geen ingreep in het waterbeheersysteem plaats, maar verkleint de doorstroomcapaciteit naarmate de zeespiegel stijgt.

3.2 Omleggen Philipsdam voor inzet Flakkeese spuisluis

We verbinden het Grevelingenmeer met het Volkerak-Zoommeer door de Philipsdam om te leggen. Het ontwerp bestaat uit de volgende onderdelen:

1. Een nieuwe primaire waterkering die bestaat uit een dijklichaam en kistdam die de Philipsdam met strekdam aan de westelijke zijde van het huidige spuikanaal verbindt. De bestaande strekdam wordt opgehoogd en versterkt met een damwand om deze geschikt te maken als primaire kering.
2. Een verlenging van het spuikanaal met bodembescherming tussen de nieuwe primaire kering en de huidige aansluiting van de Philipsdam op de Grevelingendam.
3. Het doorsnijden van de Philipsdam ter plaatse van het nieuwe spuikanaal.
4. Een brug over het nieuwe spuikanaal voor de N257, zodat de huidige wegverbinding van de N257 op de N59 in stand kan blijven.

Figuur 7 geeft deze principeoplossing schematisch weer.



Figuur 7: Schematisch bovenaanzicht van de principeoplossing voor de verbinding van het Grevelingenmeer met het Volkerak-Zoommeer gebruik makend van de bestaande Flakkeese spuisluis.

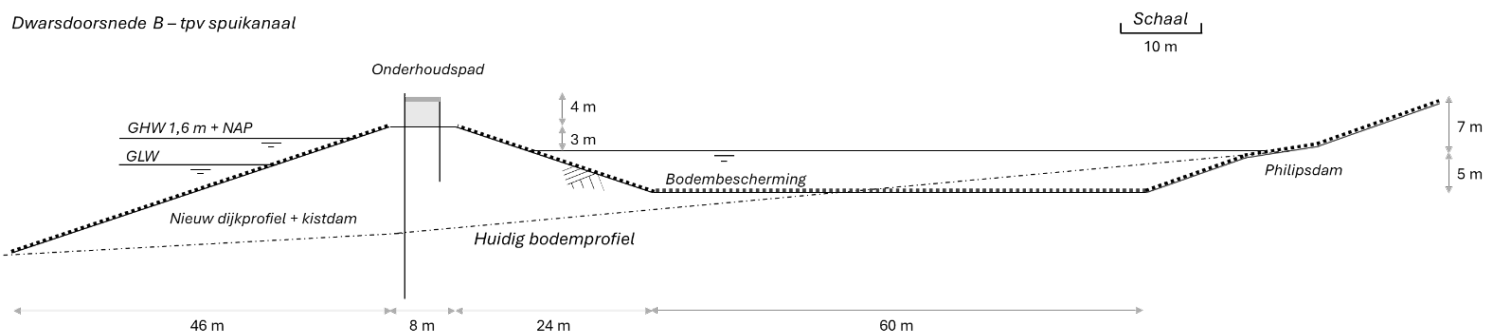
Primaire waterkering

De nieuw te realiseren kering is circa 450 m lang. We houden een kruinhoogte van NAP +7 m aan, gelijk aan de huidige kruinhoogte van de Philipsdam. Het dijktafval heeft een helling van 1:3. De talusbekleding op de dijk sluit aan bij de bodembescherming en loopt tot ongeveer NAP + 2 m.

Boven op de kistdam bevindt zich een 4 m breed pad, dat dijkschouw en de uitvoering van klein onderhoud mogelijk maakt. De damwanden aan de buiten- en binnenzijde van de kistdam hebben een diepte van respectievelijk 25 m en 10 m. De diepere wand aan de buitenzijde borgt de stabiliteit van de kistdam en vergroot de kwallengte over de nieuwe kering. De wand aan de binnenzijde heeft als functie om de kistdam te ondersteunen. De wand aan de binnenzijde is afgedekt met een deksloof die een barrière voor onderhoudsverkeer vormt.

Het dijklichaam wordt opgebouwd uit materiaal dat in de buurt van de aansluiting van de Philipsdam op de Grevelingendam voor handen is. Om erosie van de dijk kern te voorkomen, voorzien we een dijk bekleding over de gehele dijk.

Het volume grond dat nodig is voor de dijk kern hangt sterk af van de diepte ter plaatse. De precieze bodemligging is onbekend en vraagt nader onderzoek in een volgende projectfase. We nemen hier de volgende bodemligging aan: i) vanaf de teen van de huidige Philipsdam rond NAP neemt de bodemdiepte af tot NAP -10 m met een helling van 1:10, en ii) daarna neemt de hellingshoek sterk af. Figuur 8 toont de dwarsdoorsnede met de nieuwe primaire waterkering en het spuikanaal.



Figuur 8: Dwarsdoorsnede ter plaatse van de nieuwe primaire waterkering en het spuikanaal.

Nieuw spuikanaal

Het spuikanaal heeft een bodemligging van NAP -5 m. De doorstroombreedte is 60 m, gelijk aan die van het huidige spuikanaal. In een volgende projectfase dient te worden geverifieerd dat deze breedte, in combinatie van het gebogen spuikanaal, voldoende is om stromingsverlies te beperken.

De stroomsnelheid in het kanaal is bij een debiet van $100 \text{ m}^3/\text{s}^2$ gemiddeld ongeveer 0,3 m/s. De stroomsnelheid is niet overal in het kanaal gelijk, vanwege de bocht in het kanaal en contractie van de stroming. In het ontwerp gaan we voor de helft van de bodembescherming uit van zinkstukken en stortstenen van 1.400 kg/m^2 voor de delen met relatief lage stroomsnelheden/belastingen. Voor de andere helft gaan we uit van zinkstukken en stortstenen van 1.800 kg/m^2 .

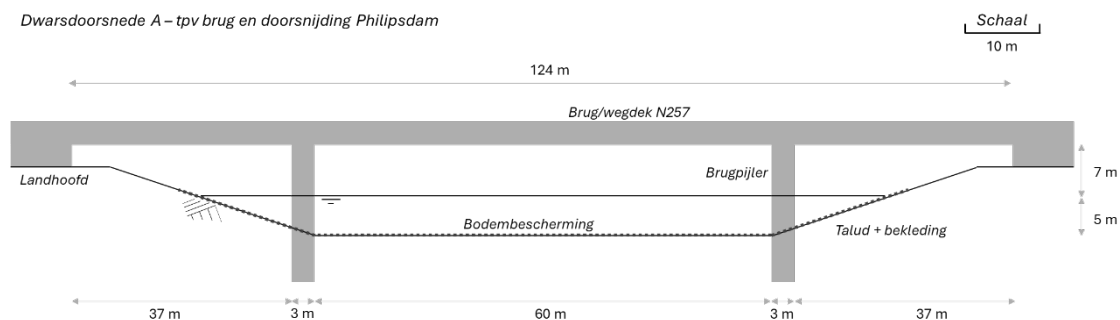
² Uit de kombergingsberekening volgt een maximaal debiet door de Flakkeese spuisluis van ca. 100 tot $120 \text{ m}^3/\text{s}$. Dat is lager dan in de huidige situatie, vanwege het beperkte verval tussen het Grevelingenmeer en Volkerak-Zoommeer in de nieuwe situatie.

Doorsnijding Philipsdam

Het talud van het spuikanaal heeft ter plaatse van de doorsnijding van de Philipsdam een helling van 1:3. Op het talud is oeverbescherming toegepast tot NAP en een steenbekleding boven de waterstand.

We nemen aan dat de bodemdiepte aan de Volkerakzijde van het spuikanaal voldoende is om aan te sluiten op het nieuwe spuikanaal. De precieze bodemdiepte bij de instroomopening van het spuikanaal is onbekend en vraagt verder onderzoek in een volgende project-fase.

Figuur 9 toont dwarsdoorsnede van het spuikanaal en de brug over het spuikanaal ter plaatse van de doorsnijding van de Philipsdam.



Figuur 9: Dwarsdoorsnede van de doorsnijding van de Philipsdam en de brug over het spuikanaal

Brug over spuikanaal

De betonnen brug over het spuikanaal bestaat uit drie delen met een maximale overspanning van 60 m, gelijk aan de breedte van het spuikanaal. De brugpijlers staan aan de rand van het spuikanaal om de stroming door het spuikanaal zo min mogelijk te hinderen. Het brugdek is 20 m breed en biedt ruimte voor de N257, een parallelweg en een fiets- en voetpad. De brugpijlers hebben een grondoppervlak van 3 x 20 m². De landhoofden en brugpijlers zijn gefundeerd op heipalen (niet getekend in Figuur 9).

Bouwfasering

De bouw start met de realisatie van een nieuwe primaire waterkering aan de zuidwestzijde van het nieuwe spuikanaal. Onderdeel hiervan is de ophoging van de strekdam die het huidige spuikanaal begrenst. Vervolgens wordt de N257 tijdelijk over de lagere delen van de Philipsdam geleid, zodat de brug in het huidige wegtracé kan worden gerealiseerd. Wanneer de brug in gebruik is genomen, kan de dam worden afgegraven. Na de bodemop-schoning en de plaatsing van bodem- en taludbescherming is het nieuwe spuikanaal gereed en kan de Flakkeese spuisluis in bedrijf worden genomen.

3.3 Zoutdam voor Brouwerssluis

De zoutdam dient om selectief zout water te onttrekken aan het Grevelingenmeer. De zoutdam voorzien we in de ingang van het spuikanaal naar de Brouwerssluis. Het spuikanaal verlengen we om een voldoende brede zoutdam te kunnen realiseren. Figuur 10 toont het overzicht van deze oplossing. Deze bestaat uit:

1. Spuikanaal met zijwanden. Deze wanden geleiden de stroming tussen de kokers van de Brouwerssluis en het dichtheidsscherm. Het nieuwe spuikanaal is langer dan het huidige spuikanaal. De verlenging is nodig om voldoende breedte (ten behoeve van de doorstroomoppervlakte) voor het scherm in de opening van het spuikanaal te realiseren.

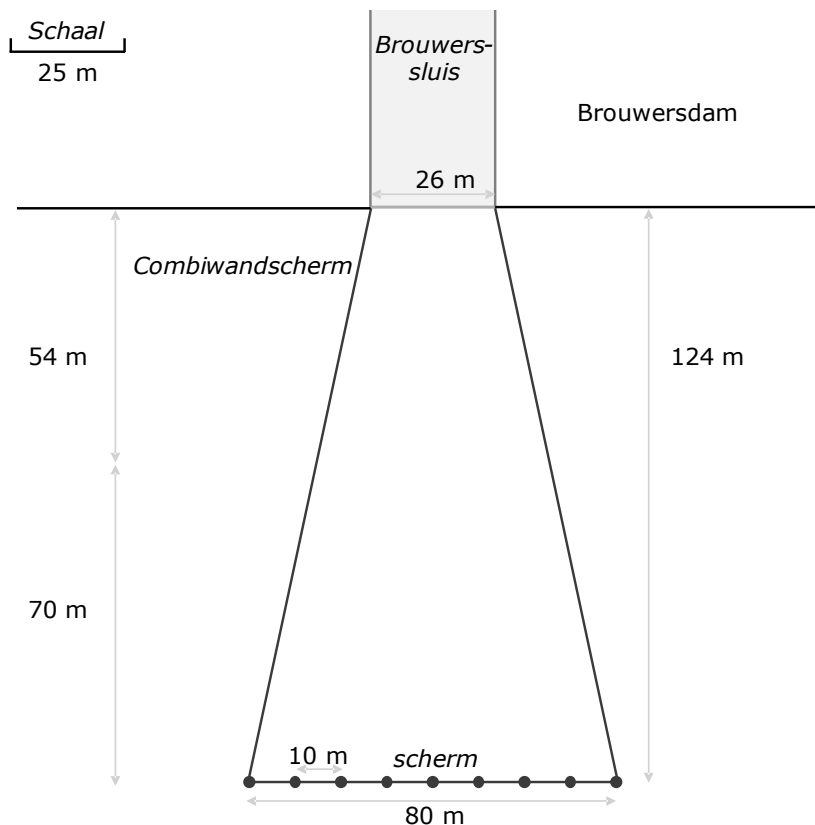
2. Schermconstructie. Het zoute water stroomt onder de schermconstructie door het spui- kanaal in.
3. Bodembescherming ter stabilisatie van de bodem rondom het scherm en de wanden van het spuikanaal.



Figuur 10: Principeoplossing zoutdam bij Brouwerssluis.

Spuikanaal met zijwanden

De wanden van het spuikanaal volgen dezelfde lijn als de huidige wanden van het spui- kanaal. We gaan uit van een bodemligging van NAP -11 m ter plaatse van de Brouwerssluis en NAP -40 m op een afstand van 400 m. We nemen aan dat de diepte tussen deze punten constant toeneemt. De bodem ter hoogte van het zoutdamscherm ligt op NAP -20 m. Gege- ven dit bodemprofiel, zijn de zijwanden opgebouwd uit combiwanden van 30 en 45 m diep over een lengte van resp. 54 en 70 m. De wanden worden daarmee voor minstens de helft tot onder het maaiveld ingeheid. Figuur 11 toont het bovenaanzicht van de zoutdam.



Figuur 11: Bovenaanzicht ontwerp zoutdam.

Scherminconstructie

De schermconstructie sluit aan op de zijwanden. Deze bestaat uit negen buispalen met daartussen schermen. Deze schermen scheiden bij het spuien het zoete water in de bovenste laag van het Grevelingenmeer van het zoutere water in het spuikanaal. Het zoute water in de diepe laag van het Grevelingenmeer stroomt onder de schermen door. We veronderstellen sterk gescheiden zoete en zoute waterlagen in het Grevelingenmeer. Dit geldt zowel voor de fase waarin het Grevelingenmeer verzoet, als in de fase waarin het meer verzoet is. We hebben deze veronderstelling geverifieerd in de werksessies bij experts op het gebied van stratificatie en waterlooptkunde.

De onderkant van het scherm is gesitueerd op een diepte van NAP -16 m. Naar inschatting³ ligt ongeveer 5% van het watervolume van het Grevelingenmeer dieper dan NAP -16 m [103, dieptekaart]. Het water in deze dieper gelegen delen zal zout blijven. Ter hoogte van het scherm ligt de bestaande bodem op NAP -20 m (inschatting op basis van [103]). De hoogte van de doorstroomopening bedraagt daarmee 4 m.

Met een hart-op-hart-afstand van 10 m tussen de buispalen zijn de acht doorstroomopeningen 8,4 m breed. We gaan in het ontwerp uit van stalen schermen tussen de buispalen. De schuiven steken ongeveer 0,5 m boven het wateroppervlak uit en zijn dus 16,5 m hoog. Als alternatief zijn kunststof schuiven of een kunststof doek tussen de buispalen mogelijk. De buispalen zijn 45 m lang en hebben een diameter van 1,6 m. De palen worden tot 24,5 m

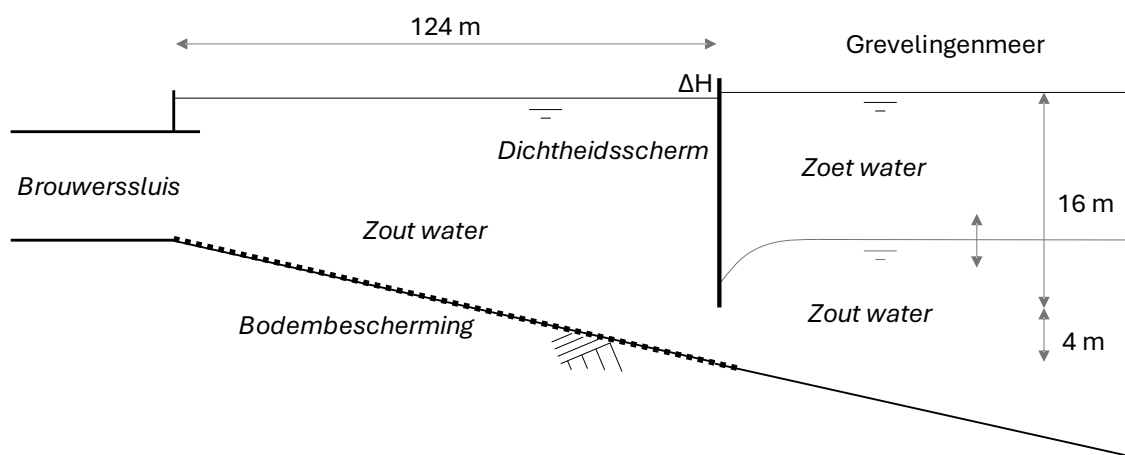
³ We baseren de inschatting op de oppervlakte van diepe delen in het Grevelingenmeer en het diepste punt in elk van de diepe delen. We hebben het volume van de diepe delen benaderd door een piramidevorm te veronderstellen. Het volume van elk diep deel is berekend met de formule $V = 1/3 * A * D$, waarbij A de oppervlakte van het betreffende diepe deel is ter hoogte van NAP -16 m en D het verschil tussen NAP -16 m en het diepste punt in het diepe deel.

onder maaiveld in de grond geheid. We hebben de horizontale draagkracht en buigsterkte van de buispalen kwantitatief onderbouwd, zie Bijlage B.

De schermconstructie is zo ontworpen dat het doorstroomoppervlak 270 m^2 ($8 \times 8,4 \times 4$) bedraagt. Bij deze omvang van het doorstroomoppervlak is het stromingsverlies over de constructie beperkt (zie de kombergingsberekening in Bijlage A).

In de startfase is het grensvlak tussen het zoete en zoute water gelijk aan de waterspiegel. Na volledige verzoeting ligt het grensvlak ter hoogte van of lager dan de onderkant van het scherm op NAP -16 m.

Het waterstandsverschil over het zoutdamschermb wordt veroorzaakt door twee factoren: i) het dichtheidsverschil van het zoute water in het spuikanaal en het (gedeeltelijk) zoete water in het Grevelingenmeer, en ii) verlies van stijghoogte door stroming onder het scherm door. Het effect van beide factoren samen leidt tot een maximaal waterstandsverschil over het scherm van ca. 0,5 m.



Figuur 12: Zijaanzicht van het zoutdamontwerp (niet op schaal). Het stijghoogteverschil over het dichtheidsschermb ΔH is maximaal 0,5 m.

Het ontwerp voor de zoutdam is beduidend lichter dan de zoutdam bij IJmuiden. De zoutdam bij IJmuiden bestaat uit betonnen pijlers en een betonnen scherm, waar hier buispalen en een stalen scherm zijn voorzien. Bij IJmuiden komt de keuze voor betonnen delen waarschijnlijk voort uit de aanwezigheid van het beweegbare scherm, en de hogere eisen aan toegankelijkheid voor onderhoud die dat vraagt. Zo is voor de zoutdam in IJmuiden de eis gesteld dat er een bestelwagen over het scherm moet kunnen rijden. In ons ontwerp is een looppad voorzien voor inspecties of klein onderhoud. Verder onderhoud zal vanaf het water moeten plaatsvinden. Daarmee is een slankere stalen constructie mogelijk.

Daarnaast heeft de gekozen constructie een andere aanzienlijk kortere levensduur dan de betonnen constructie. De gekozen constructie zal na 50 jaar vervangen moeten worden door een gelijksoortige constructie.

Bodembescherming

Voor de bodembescherming voorzien we voor de helft van het oppervlak zinkstukken en stortsteen met 1.400 kg/m^2 en voor de andere helft zinkstukken en stortsteen met 1.800 kg/m^2 .

Bouwfasering

De bouw start met het realiseren van de zijwanden uit combiwanden. Vervolgens realiseren we de buispalen voor het zoutdamscherm en leggen we bodembescherming aan in het spui-kanaal en rond de buispalen van de zoutdam. Ten slotte worden de zoutdamschermen aan de kopse kant tussen de buispalen geplaatst.

3.4 Overige waterbouwkundige ingrepen

We hebben de baggerwerkzaamheden, eilanden en mitigatie van het zoutbezwaar van de Grevelingensluis niet nader uitgewerkt. Om deze scopedelen toch van een kostenindicatie te kunnen voorzien, gaan we uit van onderstaande uitgangspunten.

Baggerwerkzaamheden

We gaan uit van 0,8 mln. m³ aan baggerwerkzaamheden. Hiermee verwachten we dat de put bij Den Osse en Hompelvoet met elkaar verbonden kunnen worden door een gebaggerde geul. Figuur 13 geeft een indicatie voor de ligging van de diepe putten en het tracé van de verbindingsgeul. We gaan uit van een geul een bodemligging op NAP -18 m. De bodem van de geul is 30 m breed. Bij deze breedte verwachten we genoeg verbinding tussen beide diepe delen te realiseren om zout water uit de put bij Hompelvoet te onttrekken. De geul sluit met een talud van 1:4 aan op de bestaande bodem. We stellen voor dat de baggerwerkzaamheden verspreid over meerdere jaren na oplevering van de verlegde Philipsdam en zoutdam worden uitgevoerd. Op deze manier is het mogelijk om de werkzaamheden adaptief uit te voeren door tussentijds bij te sturen.



Figuur 13: Verbindingsgeul tussen diepe put bij Den Osse en Hompelvoet.

Opspuiten en stabiliseren van eilanden

We houden rekening met het opspuiten van eilanden en het stabiliseren daarvan met dammen/oeverbescherming. Deze eilanden kunnen worden gebruikt voor natuurontwikkeling van het gebied. Bij de bestaande eilanden in het Grevelingenmeer is voor stabiliteit van de eilanden oeverbescherming aan de zuidwestkant nodig. In de luwte van de dammen kan zand worden opgespoten. De locatie en vorm van de dammen ligt nog open. We gaan voor de

kosteninschatting uit van drie dammen van 350 strekkende meter en een waterdiepte van 7 m.

Op ondiepere plekken is minder materiaal per strekkende meter nodig, en kunnen langere dammen worden gerealiseerd tegen dezelfde kosten. Een andere optie is om zand op of bij bestaande eilanden te suppleren ter vergroting of verhoging van deze eilanden.

Ook de realisatie van de dammen verspreiden we over meerdere jaren na oplevering van de overige civiele delen, zodat de eilanden parallel aan de baggerwerkzaamheden kunnen worden gerealiseerd.

Mitigatie zoutbezwaar Grevelingensluis

We nemen in de kosteninschatting een post op voor mitigerende maatregelen voor het zoutbezwaar van de Grevelingensluis. Aan de stelpost ligt geen ontwerp ten grondslag. Met het principe van een zoutvang gecombineerd met een afvoerleiding verwachten we het zoutbezwaar aanzienlijk te kunnen reduceren. We hebben de effectiviteit van de oplossing niet nader onderzocht.

4 Kosteninschatting plan voor verzoeting

We hebben een globale inschatting gemaakt van de investeringskosten benodigd om de principelossingen uit voorgaand hoofdstuk te realiseren. Dit betreft de volgende onderdelen van het plan: i) verleggen Philipsdam, ii) zoutdam Brouwerssluis, iii) zoutmaatregelen Grevelingensluis, iv) baggerwerkzaamheden en v) oeverbescherming eilanden.

We schatten de investeringskosten op € 250 mln. incl. btw. Gezien de vroege fase van het project waarin de scope nog relatief onzeker is, kent deze inschatting een aanzienlijke bandbreedte (70%-betrouwbaarheidsinterval) van € 150 mln. tot € 450 mln. incl. btw. Tabel 2 geeft een overzicht van de opbouw van de kosteninschatting.

Kostencategorie	Kosten (€ mln.)
Benoemde bouwkosten	65
Philipsdam	41
Zoutdam	7
Grevelingensluis	5
Baggerwerkzaamheden	6
Oeverbescherming eilanden	6
Nader te detailleren	16
Indirecte bouwkosten	39
Bouwkosten	121
Engineeringskosten	30
Overige bijkomende kosten	12
Risicoreservering	43
Btw	43
Totaal	≈250
70% betrouwbaarheidsinterval	≈150-450

Tabel 2: Overzicht van de kosteninschatting van de waterbouwkundige ingrepen om het Grevelingenmeer te verzoeten

De kosten zijn opgebouwd uit benoemde bouwkosten en opslagen voor nader te detailleren (NTD), indirecte bouwkosten, engineeringskosten (EK), overige bijkomende kosten (OBK), en een risicoreservering. Hiermee dekken de investeringskosten alle kosten af die we bij een regulier waterbouwkundig project van deze omvang zouden verwachten, inclusief kosten voor onderzoeken, ontwerpwerkzaamheden, omgevingstrajecten en uitvoeringskosten. De inschatting veronderstelt voldoende politiek/bestuurlijk draagvlak om het Grevelingenmeer op afzienbare termijn te realiseren. We gaan uit van een totale realisatietijd (voorbereiding en uitvoering) van 10 jaar, wat neerkomt op oplevering in 2035.

We schatten de jaarlijkse kosten voor beheer en onderhoud op basis van kengetallen op ongeveer 3% van de investeringskosten (€ 7 mln./jaar incl. btw). Hierbij komt de vervanging van stalen onderdelen van met name de zoutdam na circa 50 jaar. We schatten de kosten hiervan op € 30-35 mln. incl. btw.

Bijlage C bevat de raming. Daarin lichten we per regel in bovenstaande tabel de raming verder toe, presenteren we de SSK-bladen en geven we een toelichting bij de eenheidsprijzen in de raming.

5 Kansen voor aanvullende functies

We beschouwen kansen voor functies aanvullend op het plan voor verzoeting. We bespreken de volgende kansen: i) inzet als zoetwaterreservoir, ii) aanpassingen om kans op algenbloei te verkleinen, iii) inzet als hoogwaterberging, iv) aanpassingen om ecologische connectiviteit te vergroten en v) inzet als drinkwaterwinningsgebied.

De haalbaarheid van deze functies vraagt nader onderzoek. De kosten voor het realiseren van deze functies zijn geen onderdeel van de (bandbreedte op) raming die we voor het plan voor verzoeting hebben opgesteld. Het toevoegen van de functies aan het plan Vitaal Zoet Grevelingen beïnvloedt de werking van het watersysteem zoals we dat in Par. 3.1 hebben beschreven.

Inzet van het Grevelingenmeer als zoetwaterreservoir in droge perioden

Voor de verzoeting van het Grevelingenmeer is zoet water nodig uit het benedenrivierengebied. In tijden van droogte is het zoete water schaars en is afvoer naar het Grevelingenmeer mogelijk onwenselijk. Een zoet Grevelingenmeer kan een regionale sleutelfunctie vervullen in de overbrugging van perioden van droogte, door gedurende deze periode een waterleverancier te zijn in plaats van een watervrager. De inzet van het Grevelingenmeer als zoetwaterreservoir leidt tot een kleiner jaarrond doorstroomdebiet.

We zien twee mogelijkheden om het Grevelingenmeer als waterreservoir in te zetten:

1. Peilopzet voorafgaand aan een verwachte droge periode en peiluitzakking gedurende de droge periode. Met een wateroppervlakte van 108 km² kan in het Grevelingenmeer per decimeter peilopzet of peiluitzakking 11 mln. m³ water worden opgeslagen. Peilopzet tot NAP en uitzakking tot NAP -0,5 m zou daarmee ongeveer 55 mln. m³ water opleveren. HKV schat de watervraag bij het huidige landgebruik en klimaat in droge zomers in op maximaal 22 m³/s. Met 55 mln. m³ water beschikbaar, zou het Grevelingenmeer in deze watervraag kunnen voorzien voor ongeveer 30 dagen.
2. Het aanvullen van de zoute lagen onderin het Grevelingenmeer met water vanuit de Noordzee. De zoutdam kan naast selectief onttrekken van zout water uit het Grevelingenmeer, ook zout water inlaten uit de Noordzee. Het scheidingsvlak van zoet en zout water gaat dan (tijdelijk) omhoog van NAP -16 m naar bijvoorbeeld NAP -10 m. Het volume zout water dat ingelaten wordt en in de onderste lagen van het meer terecht komt, kan in de bovenste lagen in de vorm van zoet water worden onttrokken. Het aanvullend beschikbare volume zoetwater dat kan worden onttrokken aan oppervlakte is naar schatting van de zelfde orde als het volume dat beschikbaar wordt door peilopzet (punt 1). Deze oplossing vraagt nader onderzoek omdat het inlaten van zout water in een zoet meer mogelijk negatieve impact heeft op het bodemleven, vooral planten. Daarnaast bestaat bij een ondiepere zoetwaterlaag het risico dat zout water aan de oppervlakte komt door opwaaiing tijdens een storm.

Aanpassingen om de kans op algenbloei in het meer te verkleinen

In stilstaand en warm zoet water met hoge nutriëntenconcentraties neemt de kans op algenbloei toe. In een verzoet Grevelingen dus ook. De kans op algenbloei is het grootst in ondiepe, stilstaande delen aan de noordkant van het meer, omdat de wind de algen daarheen stuwt. Een studie van het ecosysteem en de oorzaken van algenbloei is noodzakelijk. In een brainstorm zijn wij tot de volgende ingrepen in het zoetwatersysteem gekomen om de kans op algenbloei mogelijk te verkleinen. Zie ook Figuur 14.

1. Een doorlaat voor vers zoet water in de noordkant van de Grevelingendam. Door het Volkerak en Grevelingenmeer via een doorlaat in de noordkant van de Grevelingendam te verbinden, komen de stilstaande noordelijke delen van het Volkerak en

Grevelingenmeer meer in beweging dan bij gebruik van de Flakkeese spuisluis. Hierdoor stroomt mogelijk koeler zoet water uit het Volkerak naar delen van het Volkerak en Grevelingenmeer dan nu het geval is. Dit zou kunnen worden gerealiseerd met geboorde leidingen (met afsluiter) door de Grevelingendam, of de realisatie van een nieuw doorlaatmiddel in het geval dat een grotere doorstroomcapaciteit nodig is dan de Flakkeese spuisluis nu kan bieden. De doorlaat kan ook een waterstroom van west naar oost faciliteren in gevallen dat het waterpeil op het Grevelingenmeer hoger is dan op het Volkerak-Zoommeer. Het water stroomt dan vanuit de Noordzee het Grevelingenmeer op door de Brouwerssluis, waarna zoet water door de Grevelingendam naar het Volkerak-Zoommeer kan stromen.

2. Een doorlaat of gemaal aan de noordkant van de Brouwersdam. De noordwesthoek van het Grevelingenmeer is mogelijk door het nutriëntgehalte, hogere watertemperatuur en ligging ten opzichte van de overheersende zuidwestenwind gevoelig voor algenbloei. Het aantrekken van water naar de noordwesthoek door een doorlaatmiddel in de Brouwersdam kan de kans op algenbloei mogelijk verkleinen. Een dergelijke aanvullend lozingsmiddel of gemaal richting de Noordzee vergroot bovendien de doorstroomcapaciteit van het systeem.
3. Lokale ingrepen voor uitwisseling van koeler water. Een mogelijke optie is om via buizen koeler water uit diepere delen op te pompen en naar die delen van het Grevelingenmeer te leiden waarin water stilstaat en opwarmt.



Figuur 14: Mogelijke locaties voor toepassing van mitigerende maatregelen voor algenbloei. De nummers in de kaart corresponderen met de in deze paragraaf genoemde opsomming.

Inzet van het Grevelingenmeer als waterberging bij hoge waterstanden op het Volkerak-Zoommeer

Bij hevige regenval kunnen de waterstanden op het Volkerak-Zoommeer oplopen. Dit leidt tot opstuwing van beken die vanuit de Brabantse Wal afwateren op het Volkerak. De verbinding tussen het Volkerak en het Grevelingenmeer kan worden ingezet om water vanuit het Volkerak-Zoommeer naar de Grevelingen te leiden en zo de waterstijging op het Volkerak-Zoommeer te verkleinen. De inzet van het Grevelingenmeer heeft dan als doel om het regionale watersysteem (Grevelingenmeer, Volkerak-Zoommeer en aangrenzende binnendijkse gebieden) te ontlasten. De inzet van het Grevelingenmeer als berging van afvoerpieken in de Rijn-Maasmondig heeft volgens het onderzoeksspoor van HKV een beperkt effect tegen aanzienlijke kosten.

Aanpassingen om de uitwisseling tussen de ecosystemen van het Grevelingenmeer, de Noordzee en het rivierengebied te vergroten (vismigratie)

Met de overgang van een zout naar zoet Grevelingenmeer ontstaat de mogelijkheid om het meer in te zetten als toegangsweg vanuit zee naar het rivierengebied. De realisatie van vis-passages of vismigratierivieren versterkt de mogelijkheden voor de trek van plant- en diersoorten van en naar het Grevelingenmeer. Dit zou het ecosysteem kunnen verrijken.

De impact van het verzoeten op het ecosysteem van het Grevelingenmeer en de eventueel benodigde maatregelen voor natuurcompensatie zal de provincie Zeeland onderzoeken in een volgende fase van de verkenning.

Inzet van het Grevelingenmeer als drinkwaterwinningsgebied

Een zoet Grevelingenmeer kan een extra schakel zijn in de productie van drinkwater. Drinkwaterbedrijven voorzien toenemende uitdagingen om (kwalitatief) voldoende drinkwater te leveren de komende decennia. Een zoetwaterlichaam als het Grevelingenmeer kan als drinkwaterbron worden ingezet, eventueel aangevuld met spaarbekkens in het Grevelingenmeer voor wateropslag en (natuurlijke) voorzuivering. Een voordeel van deze spaarbekkens is dat die gevuld kunnen worden op momenten waarop de waterkwaliteit in het Grevelingenmeer optimaal is (met bijvoorbeeld lage chloridegehalten). De duinen van Goeree-Overflakkee, bij de Brouwersdam of op Schouwen-Duiveland bieden dan kansen om zoet water te infiltreren en natuurlijk te zuiveren.

6 Conclusies en aanbevelingen

Paragraaf 3.1 bevat de conclusie naar aanleiding van dit onderzoek. Paragraaf 3.2 bevat de aanbevelingen die we voor de provincie Zeeland hebben.

6.1 Conclusie

We concluderen dat verzoeting van het Grevelingenmeer technisch haalbaar is door gebruik te maken van de bestaande doorlaatmiddelen in de Volkerakdam, Grevelingendam en Brouwersdam. Om de Flakkeese spuisluis in de Grevelingendam in te zetten voor verzoeting, verleggen we een klein deel van de Philipsdam. Een alternatief voor inzet van de Flakkeese spuisluis is de realisatie van een nieuw doorlaatmiddel in de Brouwersdam. We schatten in dat dit een kostbaardere oplossing is en kiezen daarom voor inzet van de Flakkeese spuisluis. Voor de Brouwerssluis is er een zoutdam voorzien om selectief zout water te kunnen onttrekken en daarmee de verzoeting van het Grevelingenmeer te versnellen. Verder voorziet het plan in maatregelen om het zoutbezwaar bij de Grevelingensluis te mitigeren, baggerwerkzaamheden om diepe putten, waarin zich zout water verzamelt, te verbinden, en het opspuiten en stabiliseren van eilanden voor ecologische ontwikkeling.

Om gedurende de levensduur van de waterbouwkundige constructies van 100 jaar voldoende doorstroming door het systeem te voeren, is in de toekomst ophoging van de peilgrenzen op het Grevelingenmeer en Volkerak-Zoommeer of de realisatie van maalcapaciteit nodig. Het debiet dat maximaal door het systeem kan worden gevoerd, neemt af naarmate de zeespiegel stijgt. Voor een jaarrond gemiddeld doorstroomdebiet van 50 m³/s schatten we in dat peilophoging bij ongeveer 20 cm zeespiegelstijging (t.o.v. 2020) nodig zal zijn, ervan uitgaande dat er ook in droge perioden voldoende water beschikbaar wordt gemaakt. Deze zeespiegelstijging treedt in het gematigde KNMI-scenario rond het jaar 2050 op. HKV onderzoekt op dit moment welk debiet minimaal benodigd is om het meer zoet te houden en de waterkwaliteit te handhaven. De maatregelen die nodig zijn voor een toekomstige peilophoging of de realisatie van pompcapaciteit maken geen deel uit van dit onderzoek en onze kosteninschatting.

We schatten de investeringskosten voor de voorgestelde waterbouwkundige ingrepen voor verzoeting van het Grevelingenmeer op ongeveer € 250 mln. incl. btw. De investeringskosten betreffen alle kosten af die we bij een regulier waterbouwkundig project van deze omvang zouden verwachten, inclusief kosten voor onderzoeken, ontwerpwerkzaamheden, omgevingstrajecten en uitvoeringskosten. Gezien de vroege fase van het project waarin de scope nog relatief onzeker is, kent deze inschatting nog een aanzienlijke bandbreedte van € 150 mln. tot € 450 mln.

We zien een aantal kansen om de baten van een verzoet Grevelingenmeer te vergroten. Zo zien we kansen om het meer in te zetten als zoetwaterreservoir voor landbouwtoepassingen en/of als potentiële leverancier voor drinkwater. Daarnaast zijn er verschillende opties om de doorstroming van ondiepe delen te vergroten en daarmee de kans op blauwalg te verkleinen. Verder biedt de realisatie van een zoet bekken aan de kust kansen voor vismigratie van de Noordzee naar het rivierengebied en vice versa. Hiervoor zouden aanvullende maatregelen nodig zijn zoals de realisatie van vispassages en/of vismigratierivieren. Ten slotte biedt de gerealiseerde verbinding tussen het Volkerak-Zoommeer en het Grevelingenmeer de kans om het Grevelingenmeer hoge waterstanden op het Volkerak-Zoommeer te ontlasten, en zo de wateroverlast op het Volkerak-Zoommeer en aanpalende watersystemen te verkleinen. Het vraagt nader onderzoek om technische en economische haalbaarheid van deze kansen vast te stellen.

6.2 Aanbevelingen

Op basis van ons onderzoek hebben we de volgende aanbevelingen. Deze hebben we onderverdeeld naar aanbevelingen over: i) de principeoplossingen en de kosteninschatting die we hebben opgesteld en ii) bredere aanbevelingen voor de Verkenning Vitaal Zoet Grevelingen.

Aanbevelingen over de uitwerking van de principeoplossingen en kosteninschatting:

1. Vul de inzet van het meer als zoetwaterreservoir en de maatregelen voor blauwalgmitigatie nader in. Stel de berekening van de benodigde doorstroming en zo nodig het ontwerp daarop bij.
 - a. Stel concreet vast welke waterkwaliteit (zoutgehalte, nutriënten) wenselijk is in het geval van een zoet Grevelingen.
 - b. Specificeer de benodigde doorstroming om deze waterkwaliteit te behalen, rekening houdend met variaties gedurende het jaar, en verifieer of de bestaande spuinmiddelen de benodigde doorstroming kunnen leveren.
 - c. Stel de benodigde maatregelen vast om gevolgen van klimaatverandering (droogte, zeespiegelstijging) te mitigeren over de levensduur van het systeem.
2. Werk de volgende scopedelen verder uit in een ontwerp:
 - a. De baggerwerkzaamheden ter verhoging van de effectiviteit van de zoutdam: ga op basis van voldoende gedetailleerde bodemliggingsinformatie na wat een efficiënte manier is van het verbinden van diepe delen van het meer.
 - b. De aanleg van eilanden in het Grevelingenmeer: stel de beoogde baten van deze maatregel vast en maak een schetsontwerp van de eilanden, inclusief ligging en benodigde materialen.
 - c. De mitigatie van het zoutbezwaar van de Grevelingensluis: stel de impact van de zoutlast van het schutten met Grevelingensluis op de waterkwaliteit in het Grevelingenmeer vast en bepaal of mitigerende maatregelen nodig zijn. Stel in dat geval een schetsontwerp op voor de mitigerende maatregelen.
3. Verifieer in een volgende onderzoeksfase de gehanteerde aannames voor de geotechnische condities, met name de bodemligging ter plaatse van de waterbouwkundige ingrepen, de beschikbaarheid van bouw materiaal (grond) en de draagkracht van de ondergrond. Ga ook na of eisen vanuit beheer en onderhoud aan de zoutdam effect kunnen hebben op het ontwerp en de uitgangspunten. Verklein daarmee de onzekerheid rond het ontwerp.

Aanbevelingen voor het plan Vitaal Zoet Grevelingen:

4. Verifieer de economische en technische haalbaarheid van de geïdentificeerde kansen voor aanvullende functies van een zoet Grevelingenmeer.
5. Breng in beeld welke maatregelen nodig zijn om een toekomstige peilverhoging op het Grevelingenmeer en het Volkerak-Zoommeer te realiseren en wat de kosten van deze maatregelen zijn.
6. Onderzoek de ecologische impact van verzoeting van het Grevelingenmeer, inclusief de impact op het Natura2000-gebied, en of deze volledig en aantoonbaar kan worden gecompenseerd. Breng daarbij ook de kansen in beeld die verzoeting voor ecologische ontwikkeling heeft, zoals het wegnemen van de bestaande zuurstofloze delen.
7. Breng in kaart hoe een verzoet Grevelingen zich verhoudt tot de alternatieven uit Getij Grevelingen en de langetermijnstrategieën van het Deltaprogramma, en welke voordelen een verzoet Grevelingenmeer heeft op systeemniveau.
8. Voer in een volgende fase een volwaardige probabilistische berekening uit en elimineer daarmee de scheefte in de huidige kosteninschatting.

Bijlage A Berekeningen doorstroomdebiet

Met een globale kombergingsberekening schatten we welk doorstroomdebiet kan worden gerealiseerd met de beoogde ingrepen uit het plan (Par. 3.1) en bij welke zeespiegelstijging het nodig is om de peilgrenzen op het Grevelingenmeer en Volkerak-Zoommeer mee te laten stijgen.

A.1 Berekeningsmethode

We voeren een globale kombergingsberekening uit met als doel om te berekenen bij welke zeespiegelstijging het jaargemiddelde doorstroomdebiet door het Grevelingenmeer het minimum onderschrijft, en een verhoging van het maximaal peil op het Grevelingenmeer en Volkerak-Zoommeer nodig is om dat te mitigeren (om voldoende doorstroomdebiet te behouden om de saliniteit van het Grevelingenmeer te beheersen).

We hanteren de volgende berekeningsmethode en aannames:

1. De waterstanden op de Noordzee en het Hollands Diep vormen de hydraulische randvoorwaarden van het model. De waterstanden op het Hollands Diep zijn de bovenstroomse randvoorwaarde, en die op de Noordzee de benedenstroomse. Tijdseries van de gemeten waterstanden (waterinfo.rws.nl, geraadpleegd op 18-02-2025) vormen de invoer op de randvoorwaarden. We nemen de gemeten waterstanden in 2020 aan als representatief jaar.
2. Zeespiegelstijging passen we een-op-een toe als toeslag op deze gemeten waterstanden. De zeespiegelstijging op de Noordzee is gelijk aan die op het Hollands Diep.
3. De waterstanden van het Grevelingenmeer (GM) en het Volkerak-Zoommeer (VZM) worden berekend aan de hand van een waterbalans, volgend uit het instroomdebiet, uitstroomdebiet en het wateroppervlak van het desbetreffende meer:

$$h_{meer}(t + \Delta t) = h_{meer}(t) + \frac{(Q_{sps,in} - Q_{sps,uit})\Delta t}{A_{meer}} \quad (1)$$

Waarin:

$$\begin{aligned} h_{meer} &= \text{Waterhoogte van het meer (GM of VZM) [m]} \\ Q_{sps,in/uit} &= \text{Debiet van de inlatende of uitlatende spuisluis. Dat kan zijn de Volkeraksluis (VS), Flakkeese spuisluis (FS) of Brouwerssluis (BS) [m³/s]} \\ A_{meer} &= \text{Wateroppervlak van het meer (GM of VZM) [m²]} \end{aligned}$$

Tabel 3 toont de aangenomen wateroppervlakten voor het Grevelingenmeer en Volkerak-Zoommeer.

Omschrijving	Grevelingenmeer (GM)	Volkerak-Zoommeer (VZM)
Wateroppervlak [m²]	108.000.000	63.500.000

Tabel 3: invoerparameters voor de berekening van de waterbalans van het Grevelingenmeer [212] en het Volkerak-Zoommeer [201].

4. Het doorstroomdebiet van iedere (spui)sluis volgt uit de afvoercoëfficiënt, het doorstroomoppervlak en het verval over de desbetreffende (spui)sluis (VS, FS of BS):

$$Q_{sps} = \mu_{sps} \cdot A_{sps}(h) \cdot \sqrt{2g \cdot \Delta h_{sps}}$$

Waarin:

$$\mu_{sps} = \text{Afvoercoëfficiënt spuisluis (VS, FS of BS) [-]}$$

$$A_{sps} = \text{Doorstroomoppervlak spuisluis [m}^2\text{]}$$

$$g = \text{Gravitatieconstante [m/s}^2\text{]}$$

$$\Delta H_{sps} = \text{Verval over de spuisluis [m]. Dat volgt uit de waterstanden op de Noordzee, Hollands Diep en de meren.}$$

We nemen in deze kombergingsberekening aan dat de volledige capaciteit van de bestaande spuisluizen beschikbaar is voor doorstroming naar het Grevelingenmeer. Voor de Volkeraksluis is dat niet het geval. Deze sluis zal in de nieuwe situatie ook water naar het Volkerak spuien dat niet wordt doorgevoerd naar het Grevelingenmeer. Gezien de ruime capaciteit van deze sluis, verwachten we geen significante impact van deze aanname op het resultaat van de berekening.

Tabel 4 toont de eigenschappen van de spuisluizen zoals we die voor de berekening hebben aangenomen. De Flakkeese spuisluis en Brouwersluis bestaan uit volledig verzonken kokers. Het doorstroomoppervlak is daarom een vaste waarde ($n \cdot B_{sps} \cdot H_{sps}$). De Volkeraksluis is een open spuisluis. Het doorstroomoppervlak nemen we daarom afhankelijk van het benedenstroomse waterpeil ($n \cdot B_{sps} \cdot h_{VZM}(t)$).

Voor de Flakkeese spuisluis en Brouwerssluis zijn afvoercoëfficiënten bekend. Voor de Volkeraksluis hebben we een pessimistische waarde aangenomen waardoor de uitkomst betrouwbaar is.

Omschrijving	Volkeraksluis (VS)	Flakkeese spuisluis (FS)	Brouwerssluis (BS)
Aantal openingen (n) [-]	4	6	2
Doorstroombreedte (B_{sps}) [m]	30	3,2	6
Doorstroomhoogte (H_{sps}) [m]	Open	3,2	4,5
Drempelhoogte [NAP m]	-4,25	-5,75	-11
Doorstroomoppervlak [m ²]	510	61,44	54
Afvoercoëfficiënt [-]	0,8	0,7	1,35

Tabel 4: invoerparameters voor de berekeningen van de doorstroomdebieten van de Volkeraksluis [311], [312], [313]; de Flakkeese spuisluis [411], [412]; en Brouwerssluis [511], [512], [513], [514].

- We gaan in deze berekening uit van de eindsituatie waarin het Grevelingenmeer is verzoet (minimaal tot aan de onderzijde van het dichtheidsscherm). Deze situatie is maatgevend voor het doorstroomdebiet, omdat daarbij het lichtere zoete water wordt gespuid richting het zwaardere zoute water van de Noordzee. Hierdoor is een groter waterstandsverschil nodig om te kunnen spuien dan bij twee vloeistoffen van gelijke dichtheid. Daardoor ontstaat het dichtheidsverschil over de Brouwerssluis. Voor het dichtheidsverschil is de diepte van de koker relevant. We gaan uit van het midden van de koker op NAP -8,75 m. Het effect van het dichtheidsverschil nemen we mee in het (effectief) verval:

$$\Delta H_{BS} = h'_{GRM} - \frac{\rho_{zout}}{\rho_{zoet}} h'_{NDZ}$$

Waarin:

$$\Delta H_{BS} = \text{Verval over de Brouwerssluis en zoutdam [m]}$$

$$h'_{GRM} = \text{Waterhoogte Grevelingenmeer t.o.v. referentieniveau midden koker [m]}$$

$$h'_{NDZ} = \text{Waterhoogte Noordzee t.o.v. referentieniveau midden koker [m]}$$

$$\rho_{zout} = \text{Dichtheid zeewater [kg/m}^3\text{]}. \text{ We hebben 1025 kg/m}^3 \text{ aangehouden.}$$

ρ_{zoet} = Dichtheid zoet water [kg/m^3]. We hebben 1000 kg/m^3 aangehouden.

We houden alleen rekening met dichtheidsverschillen tussen zoet- en zoutwaterlichamen. We houden geen rekening met dichtheidsverschillen in de zoet- of zoutwaterkolom zelf.

6. De impact van de zoutdam op de afvoer door de Brouwersdam modelleren we als reductiefactor op het verval. We gaan uit van een gelijk debiet door het scherm van de zoutdam en de Brouwersspuisluis. Over de zoutdam ontstaat een verval, waardoor het effectieve verval over de Brouwersspuisluis afneemt. We berekenen de reductiefactor op het verval over de Brouwersspuisluis als volgt:

$$\Delta H_{BS,eff} = \Delta H_{BS} \cdot f_{\Delta H,ZD}$$

met:

$$f_{\Delta H,ZD} = 1 - \frac{1}{1 + \left(\frac{\mu_{ZD} \cdot A_{ZD}}{\mu_{BS} \cdot A_{BS}} \right)^2} = 0,88$$

waarin:

$\Delta H_{BS,eff}$ = Effectief verval over de Brouwerssluis en zoutdam [m]

ΔH_{BS} = Verval over de Brouwerssluis en zoutdam [m]

$f_{\Delta H,ZD}$ = Reductiefactor verval zoutdam [-]

μ_{ZD} = Afvoercoëfficiënt zoutdam [-]

μ_{BS} = Afvoercoëfficiënt Brouwerssluis [-]

A_{ZD} = Doorstroomoppervlak zoutdam [m^2]

A_{BS} = Doorstroomoppervlak Brouwerssluis [m^2]

Tabel 5 toont de afvoercoëfficiënt en doorstroomoppervlakken van de Brouwerssluis (zoals eerder vermeld) en zoutdam. Het doorstroomoppervlak van de zoutdam volgt uit het ontwerp. De afvoercoëfficiënt hebben we gebaseerd op gegevens van de Deltadienst van Rijkswaterstaat (waterloopkundige afdeling) [531]. Dit resulteert in een reductiefactor op het verval van 0,87.

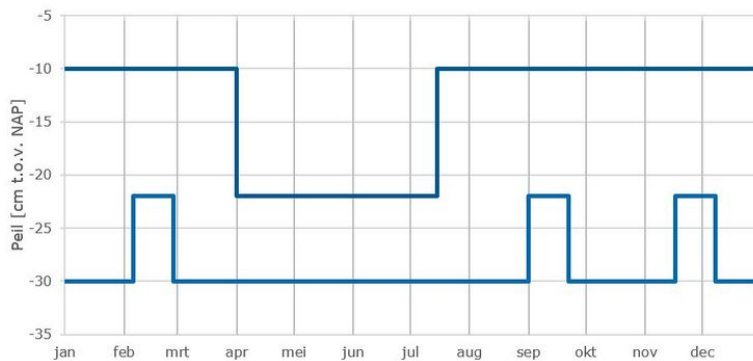
Omschrijving	Brouwerssluis (BS)	Zoutdam
Afvoercoëfficiënt [-]	1,35	0,7
Doorstroomoppervlak [m^2]	54	268 (8,8,4)
Reductiefactor verval [-]	0,87	

Tabel 5: Invoerparameters voor de berekening van het effectief verval van de Brouwerssluis en de zoutdam. [531] Het doorstroomoppervlak van de zoutdam sluit aan bij het ontwerp van de zoutdam in Par. 3.3.

7. We gaan er in de berekening van uit dat we spuien op ieder moment dat de waterstanden dat toelaten. De spuisluizen worden gesloten op het moment dat een negatief verval optreedt of waterstandsgrenzen worden bereikt:
- Wanneer de maximale waterstand op een meer wordt overschreden, sluit de inlatende (spui)sluis en vindt er geen instroom meer plaats.
 - Wanneer de minimale waterstand op een meer wordt onderschreden, sluit de uitlatende (spui)sluis en vindt er geen uitstroom meer plaats.
 - Het Volkerak-Zoommeer kent volgens het peilbesluit een maximaal peil van NAP 0,15 m en een minimaal peil van NAP -0,10 m, zoals vastgelegd in het Waterakkoord 2016 [241]. Binnen deze grenzen wordt op dit moment een streefpeil gehanteerd dat door het jaar heen varieert ten gunste van broedende vogels. Het effect

hiervan verwaarlozen we in onze berekening en we gaan uit van de genoemde peilbeheergrenzen.

- d. Het Grevelingenmeer kent peilgrenzen die variëren over het jaar heen. Figuur 15 toont deze grenzen.
- e. De Brouwerssluis sluit wanneer de waterstand op de Noordzee hoger is dan die op het Grevelingenmeer om terugstromen van zout water te voorkomen.



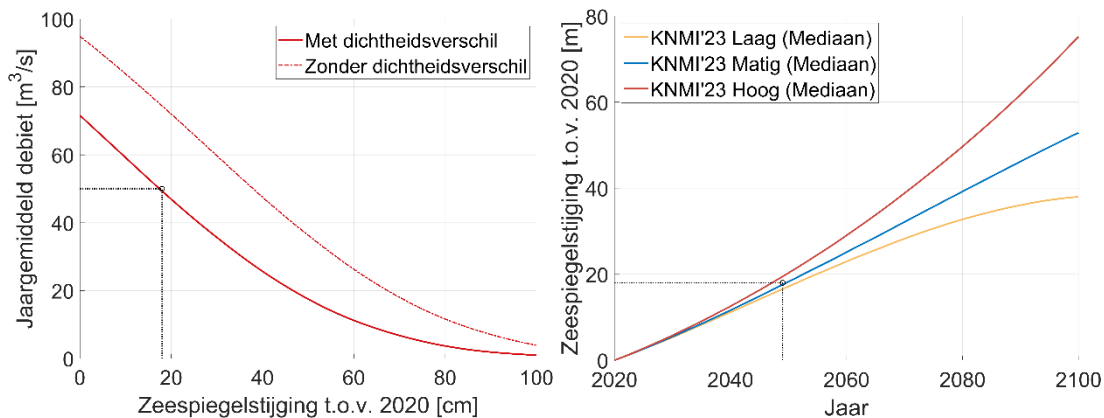
Figuur 15: Minimaal en maximaal peil volgens peilbeheer Grevelingenmeer [101]

8. Spuisluizen worden ontworpen op een maximaal debiet. Daarboven kan mogelijk schade aan de bodembescherming of constructie optreden. Het is uit de beschikbare documenten niet geheel duidelijk wat deze limieten zijn voor de verschillende spuisluizen.
Voor de Flakkeese spuisluis en Volkeraksluis blijft het doorstroomdebiet ver onder debieten die in de huidige situatie al worden bereikt. Er is daarom geen risico op schade.
Voor de Brouwerssluis wordt een maximaal debiet van ca. 400 m³/s vermeld bij inlaten. Het is niet duidelijk of dat ook de constructieve limiet betreft. [511] We passen veiligheidshalve deze waarde toe als maximaal debiet in beide richtingen ($Q_{\max}$). De Brouwerssluis is regelbaar. We gaan er daarom van uit dat het debiet op dit maximum kan worden gehandhaafd, en volledig sluiten niet nodig is.
9. Met de kombergingsberekening bepalen we het maximale jaargemiddelde debiet dat vanaf het Hollands Diep, door de Volkeraksluizen, de Flakkeese spuisluis en de Brouwersdam naar de Noordzee kan stromen. In de berekening limiteren we de beschikbaarheid van zoet water op het Hollands Diep niet. We berekenen per tijdstap het maximale debiet dat door de drie doorlaatmiddelen kan stromen met daarbij als gegeven:
 - a. de waterstandsverschillen over de doorlaatmiddelen op basis van: i) de gemeten waterstanden op het Hollands Diep en de Noordzee van de betreffende tijdstap, en ii) de berekende waterstanden op het Volkerak-Zoommeer en het Grevelingenmeer uit de vorige tijdstap;
 - b. de maximale debieten van de doorlaatmiddelen;
 - c. de peilbeheergrenzen op het Volkerak-Zoommeer en het Grevelingenmeer.
 Het maximale jaargemiddelde debiet komt voort uit het gemiddelde debiet bij de Brouwerssluis per tijdstap gemiddeld over de berekening van het jaar 2020.
We berekenen het effect van zeespiegelstijging door de kombergingsberekening meerdere keren te doorlopen, met telkens een hogere toeslag op de tijdseries van gemeten waterstanden op het Hollands Diep en de Noordzee.

A.2 Resultaat

Het jaargemiddelde debiet dat in toekomst door het systeem stroomt, is sterk afhankelijk van zeespiegelstijging. Het dichtheidsverschil tussen het toekomstige zoete water op het

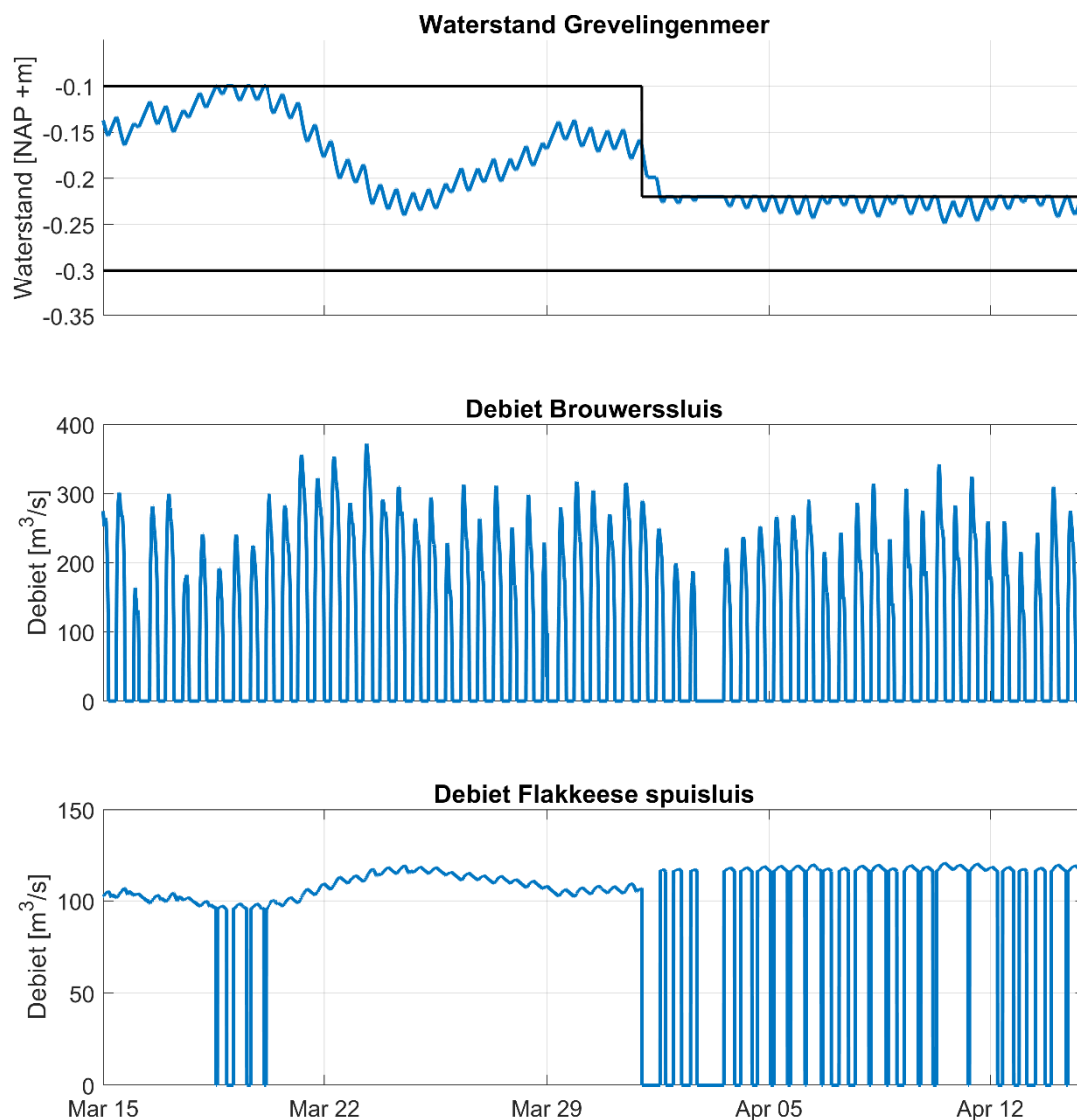
Grevelingenmeer en de zoute Noordzee beperkt het doorstroomdebiet. Om daar een indruk van te geven, is het doorstroomdebiet voor zowel de situatie zonder als met dichtheidsverschil getoond. De berekening met dichtheidsverschil is uitgangspunt voor onze analyse.



Figuur 16: Jaargemiddeld debiet door het systeem afhankelijk van de zeespiegelstijging (links) en de KNMI'23 projecties voor zeespiegelstijging (rechts)

Tot ongeveer 20 cm zeespiegelstijging ten opzichte van het referentiejaar 2020 wordt het jaargemiddelde debiet van 50 m³/s behaald. Deze analyse neemt daarbij aan dat op ieder moment voldoende water beschikbaar is. Door watertekorten in droge perioden zal het jaargemiddelde debiet lager uitvallen. Volgens de KNMI'23 projecties [102] treedt die zeespiegelstijging rond 2050 op, afhankelijk van het scenario.

Figuur 17 geeft ter illustratie de waterstanden op het Grevelingenmeer en de debieten door de Brouwerssluis en Flakkeese spuisluis in een willekeurige maand. De capaciteit van de Brouwerssluis is de limiterende factor in het gemiddelde doorstroomdebiet, met name tijdens de perioden in het jaar dat de bovenste peilgrens op het Grevelingenmeer lager ligt. De waterstand op het Grevelingenmeer ligt dan continu in de buurt van deze grens.



Figuur 17: Waterstand Grevelingenmeer en debieten van de Brouwerssluis en Flakkeese spuisluis in de twee maanden dat het maximale peil omlaaggaat van -10 naar -22 cm vanwege het broedseizoen (toch?)

Het debiet van de Brouwerssluis is afhankelijk van de waterstand op de Noordzee, en volgt de dagelijkse fluctuaties van het getij. De Flakkeese spuisluis kent een lager maar constanter spuidebiet, met een maximum dat schommelt tussen de 100 m³/s en 120 m³/s.

Bijlage B Horizontale draagkracht buispalen

De zoutdam bestaat uit een serie buispalen met daartussen stalen schermen. Deze bijlage toetst globaal of de horizontale draagkracht en buigsterkte van de buispalen voldoende is om de horizontale belasting op te nemen. De doorbuiging hebben we niet getoetst.

B.1 Belasting

Voor de maatgevende horizontale belasting gaan we uit van de combinatie van:

- Vervalbelasting. Voor het maatgevend verval nemen we een 0,5 m over het scherm aan, die het verval door stroming (ca. 0,1 m) als door dichtheidsverschillen (ca. 0,4 m) afdekt.
- Ijsbelasting. Voor de belasting door opstuwing van ijs houden we 50 kN/m aan in lijn met de Richtlijn Ontwerpen Kunstwerken (ROK).

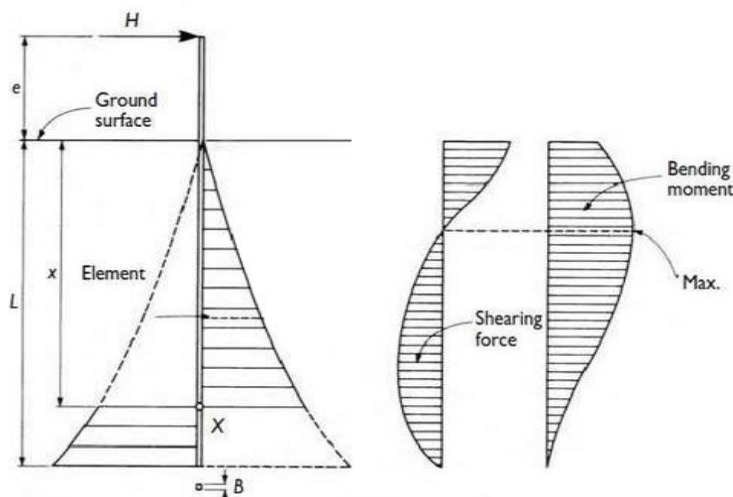
Tabel 6 toont de ontwerpbelastingen inclusief aangrijpingspunten.

Horizontale belasting	Kar. waarde	Rekenwaarde	Aangrijppunt
Verval ($0,5 \text{ m} \cdot 9,81 \text{ kN/m}^3 \cdot 10 \text{ m} \cdot 16,5 \text{ m}$)	810 kN	1215 kN	NAP -7,75 m
Ijsdruk ($50 \text{ kN/m} \cdot 10 \text{ m}$)	500 kN	750 kN	NAP +0 m
Totaal		1965 kN	NAP -4,80 m

Tabel 6: Horizontale belasting op de buispaal. We hebben een belastingfactor van 1,5 toegepast op beide type belastingen.

B.2 Horizontale draagkracht

De horizontale grondweerstand hebben we bepaald op basis van Brinch Hansen (1961). Deze methode gaat uit van een stijve paal en is geschikt voor het toetsen van de uiterste grenstoestand, waarin buiging van de paal wordt verwaarloosd. Figuur 18 geeft een schematische weergave van de gronddrukken en de resulterende dwarskracht en moment in de paal volgens deze methode.



Figuur 18: Schematische weergave van de gronddrukken en de resulterende dwarskracht en moment in de paal volgens de Brinch Hansen methode [602, aangepast]

Tabel 7 toont de grondeigenschappen die we hebben aangehouden in de berekening, waarbij we uitgaan van een uniforme zandlaag gebaseerd op sonderingen beschikbaar in DINoloket. Tabel 8 en Tabel 9 tonen de geometrische eigenschappen en sterkte-eigenschappen van de buispaal.

Eigenschappen zandgrond	Karakteristieke waarde	Rekenwaarde
Volumiek gewicht verzadigd (γ')	19 kN/m ³	17,3 kN/m ³
Effectieve hoek van inwendige wrijving (φ')	30°	26,7°

Tabel 7: Karakteristieke en rekenwaarde van de zandgrond zoals toegepast in de stabiliteitsberekening. Op het volumiek gewicht is een partiële factor van 1,1 gehanteerd en op de effectieve hoek van inwendige wrijving een factor van 1,15 (op $\tan(\varphi')$) conform NEN 9997-1 tabel A.4a.

Geometrische eigenschappen buispaal en scherm	Waarde
Lengte	45 m
Ligging bovenkant paal	NAP +0,5 m
Ligging bodem	NAP -20 m
Ligging onderkant paal	NAP -44,5 m
Afstand tussen palen (h.o.h.)	10 m
Bovenkant scherm	NAP +0,5 m
Onderkant scherm	NAP -16 m

Tabel 8: Geometrische eigenschappen van de buispaal zoals gehanteerd in de berekening van de horizontale draagkracht

Bovenstaande parameters resulteren in een maximaal horizontaal draagvermogen $H_{r,d}$ van 4550 kN. Bij deze maximale horizontale kracht bevindt het draaipunt van de paal, waar de richting van de gronddrukken wisselt (Figuur 18), zich op ca. 19 m onder de bodem.

De unity check voor de horizontale draagkracht van de grond bedraagt daarmee:

$$uc_{grond,hor} = \frac{H_{s,d}}{H_{r,d}} = \frac{1965}{4190} = 0,47$$

Oftewel, de palen zouden een twee keer zo grote belasting aankunnen. De aangenomen lengte van 45 m (met 24,5 in de grond) voor de buispalen is daarmee voldoende.

B.3 Sterkte buispaal

We toetsen verder de sterkte van de buispaal op buigend moment. Tabel 9 toont de sterkte-eigenschappen van de buispaal en het resulterende buigend moment dat de paal kan opnemen.

Sterkte-eigenschappen buispaal	Karakteristieke waarde	Rekenwaarde
Diameter	1620 mm	-
Wanddikte	26 mm	-
Weerstandsmoment (W)	0,0511 m ³	-
Vloeisterkte (S355) (f _y)	355 MPa	323 MPa
Buigsterkte (M _{r,d})	-	12950 kNm

Tabel 9: Sterkte-eigenschappen van de buispaal en resulterende buigsterkte

Volgens de Brinch Hansen methode hebben we de diepte bepaald waarop het maximaal moment in de paal optreedt. Dat is het punt waar de dwarskracht in de buispaal nul is, en dus het punt waarboven de horizontale belasting en de tegenwerkende gronddruk elkaar opheffen (Figuur 18). Bij de horizontale ontwerpbelasting ligt op ca. 7,5 m onder de bodem. De ontwerpbelasting en gronddruk resulteren in een moment van 4910 kNm.

De unity check voor het buigmoment bedraagt daarmee:

$$uc_M = \frac{M_{S,d}}{M_{r,d}} = \frac{4910}{12950} = 0,38$$

Oftewel, de palen zouden een ruim twee keer zo grote belasting aankunnen. De buigsterkte van de buispaal is daarmee voldoende om de horizontale belasting te dragen.

Bijlage C Onderbouwing bij de raming

Deze bijlage bevat onze inschatting van de investeringskosten. Paragraaf C.1 licht de raming per kostensoort toe. Paragraaf C.2 bevat de raming (in SSK-format). Paragraaf C.3 bevat een nadere onderbouwing van de daarin toegepaste eenheidsprijzen.

C.1 Toelichting bij raming op hoofdlijnen

Benoemde directe bouwkosten

De benoemde directe bouwkosten volgen uit een vermenigvuldiging van de hoeveelheden van de principeoplossingen (par. 3.2 t/m 3.4) en de daarin genoemde afmetingen en de eenheidsprijzen. Paragraaf C.3 bevat een nadere onderbouwing van de eenheidsprijzen.

Nader te detailleren (NTD)

De raming bevat een percentage nader te detailleren van 25% over de benoemde directe bouwkosten. Het nader te detailleren dekt de detaillering van de ontwerpen en stelposten, zoals de aansluitingen van constructiedelen en voorzieningen voor toegang voor onderhoud. Het nader te detailleren dekt ook maatregelen (van beperkte omvang) voor vismigratie, zoals een vistrap in de (zijwand van de) zoutdam en de Grevelingendam bij de Flakkeese spuisluis. We houden daarom een percentage aan dat aan de bovenkant zit van kengetallen voor deze fase.

Indirecte bouwkosten

Voor de indirecte bouwkosten nemen we een opslag van in totaal 25% over de directe bouwkosten voor eenmalige kosten, algemene bouwplaatskosten, uitvoeringskosten en managementkosten opdrachtnemer. We rekenen ook een opslag van in totaal 18% voor algemene kosten, winst en risico. Deze percentages baseren we in deze fase op kengetallen.

Engineeringskosten

De engineeringskosten zijn sterk afhankelijk van de doorlooptijd van het project. We nemen een opslag van 25% op over de bouwkosten voor engineeringskosten. Voor de inschatting van de engineeringskosten houden we rekening met de omvang en complexiteit van het project en gaan we uit van een doorlooptijd van 10 jaar voor de verkennings-, planuitwerking- en realisatiefase. We achten dit een reguliere doorlooptijd voor een project van deze omvang, mits voldoende politiek/bestuurlijke prioriteit gegeven wordt aan dit project. Bij tegenvallende besluitvaardigheid of uitzonderlijk lange juridische procedures, kunnen de kosten hoger oplopen dan nu geraamd.

Overige bijkomende kosten (OBK)

Onder OBK vallen kosten voor (hydraulische, geotechnische en ecologische) onderzoeken, het verleggen van kabels en leidingen, vergunningen en MER-procedures. De OBK hebben we geraamd op 10% van de voorziene bouwkosten. Dit is relatief hoog voor een dergelijk project. We hebben hiervoor gekozen omdat het project gerealiseerd wordt in Natura2000-gebied, wat aanvullende onderzoeken en procedures vraagt ten opzichte van reguliere projecten. Ook de hydraulische complexiteit van de zoutdam en het onderzoek dat nodig is om de effectiviteit van de zoutdam aan te tonen, is reden voor relatief hoge OBK.

Risicoreservering

We nemen een opslag van 30% over de voorziene kosten voor de dekking van risico's. We beschouwen dit als een gebruikelijke opslag voor deze fase. De risicoreservering dekt tegenvallers die binnen de geraamde scope kunnen optreden. Denk hierbij aan tegenvallers in grondgesteldheid of hydraulische eigenschappen van de constructies. De risicoreservering dekt geen prijsontwikkelingen en uitbreidingen van de scope, bijvoorbeeld betreft functionaliteiten van de oplossingen.

Bandbreedte op de raming

De raming betreft een inschatting van de kosten die past bij DACE-ramingsklasse V. Deze ramingsklasse past bij projecten waarbij een relatief klein deel van de projectscope is gedefinieerd. Bij een DACE-klasse V raming hoort een bandbreedte (80%-betrouwbaarheidsinterval) van -50% tot +100% op de verwachte investeringskosten. [104] Dit resulteert in een bandbreedte op de investeringskosten met een betrouwbaarheidsinterval van 70% (in lijn met het uitgangspunt van [105]) van -40% tot +80%, of € 150 mln. tot € 450 mln.

De belangrijkste reden voor deze bandbreedte is dat klant- en omgevingseisen in deze fase nog niet zijn geïnventariseerd. Deze kunnen een relatief grote impact hebben op de invulling van het project. Daarnaast is de uitwerking van de principeoplossingen beperkt, er zijn geen conditioneringsonderzoeken of gedetailleerdere ontwerpberoeeningen uitgevoerd ter onderbouwing van het ontwerp.

Bij nadere uitwerking is het niet gebruikelijk om een scheve verdeling te presenteren, echter in deze globale berekening en vroege fase past dit juist wel. Bij nadere uitwerking is een volwaardige probabilistische berekening en daarmee het elimineren van scheefte noodzakelijk.

Beheer- en onderhoudskosten

We schatten de onderhoudskosten in op basis van kengetallen per scopedeel. Deze kengetallen bestaan uit percentages die we toepassen op de investeringskosten. De investeringskosten per scopedeel verdelen we op basis van het aandeel in de directe bouwkosten

Scopedeel	Aandeel directe bouwkosten	Investeringskosten (€ mln.)	Percentage voor B&O	B&O kosten (€ mln./jaar)
Philipsdam	63%	157	1,5%	2,4
Zoutdam	11%	27	1,5%	0,4
Mitigatie zoutbezwaar	8%	19	20%	3,8
Baggerwerkzaamheden	9%	23	3%	0,7
Oeverbescherming eilanden	9%	23	1,5%	0,3
Totaal		249		7,3

Tabel 10: Inschatting van de beheer- en onderhoudskosten van de ingrepen

We schatten de totale kosten voor beheer en onderhoud op € 7 mln. per jaar, of ongeveer 3% van de geschatte investeringskosten van € 249 mln. Een groot aandeel hiervan zijn de kosten voor de operatie van de zoutvang bij de Grevelingensluis. In de operationele kosten zit namelijk het relatief kostbare energieverbruik van de pomp die het zoute water uit de zoutvang terugpompt naar de Oosterschelde.

Om een levensduur van 100 jaar voor de ontworpen constructies te realiseren, moeten de stalen delen na ongeveer 50 jaar worden vervangen. De stalen delen zitten met name in de zoutdam en de kistdam van de nieuwe primaire kering bij de Philipsdam. We schatten de vervangingskosten op € 30-35 mln. Deze inschatting omvat de (directe en indirecte)

bouwkosten voor de stalen delen, een risicoreservering en amoveren van de oude delen. Engineeringkosten en OBK vallen buiten deze inschatting.

C.2 SSK-bladen

Project:

Project
Omschrijving / specificatie
Projectfase
Opdrachtgever
Projectmanager
Manager projectbeheersing
Technisch manager

[Vitaal zoet Grevelingen](#)

[Initiatiefase](#)

[Provincie Zeeland](#)

Bedrijfseconomische raming:

Type raming
Datum opstelling raming
Opsteller raming
Mede opstellers raming
Versie raming
Status raming
Prijspeil raming
Valuta
Classificering vertrouwelijkheid

[indicatie](#)

[22-04-25](#)

[Euro](#)

[Bedrijfsvertrouwelijk](#)

Archivering:

Project-/dossier-/SAP-nummer
Dossiernummer raming
Kenmerk kostenrapportage/-memo/-nota
Bestandsnaam raming
Locatie (map) opgeslagen raming

SSK-model_GRE_20250501.xlsm

[https://horvatenpartners.sharepoint.com/Projecten/24052 Zoetwater Zeeuwse Delta/8. Raming](https://horvatenpartners.sharepoint.com/Projecten/24052%20Zoetwater%20Zeeuwse%20Delta/8.%20Raming)

Toetsing:

Raming intern getoetst door
Datum interne toetsing
Raming extern getoetst door
Datum externe toetsing

Parafering:

Paraaf opsteller raming
Paraaf interne toetser
Paraaf externe toetser
Paraaf projectleider
Paraaf manager projectbeheersing
Paraaf projectmanager

Bedrijfsgegevens:

Bedrijfsnaam
Afdelingsnaam

[Horvat & Partners b.v.](#)

[Afdeling](#)

Managementoverzicht SSK-2018										Rekenmodel SSK-2018 versie 2.4.002
Object	Geactiveerd	Investeringskosten (rekenhorizon 1 jaar, reële kosten)			Instandhoudingskosten (rekenhorizon 100 jaar, reële kosten)			Levenscycluskosten (rekenhorizon 101 jaar, reële kosten)		
		Voorziene kosten	Risicoreservering	Totaal	Voorziene kosten	Risicoreservering	Totaal			
Deelraming variant 1	JA	€ 196.944.180	€ 52.153.737	€ 249.097.917	€ -	€ -	€ -	€ -	249.097.917	
Objectoverstijgende risicoreservering incl. verschuiving	JA		€ -	€ -		€ -	€ -	€ -	-	
Kosten incl. BTW		€ 196.944.180	€ 52.153.737	€ 249.097.917	€ -	€ -	€ -	€ -	249.097.917	
										OK
Bandbreedte: met een 70%-betrouwbaarheidsinterval liggen de kosten incl. BTW tussen		€ en €			€ en €			€ en €		
De variatiecoëfficiënt bedraagt		± -			± -			± -		
										OK
Geraamde kosten incl. BTW				€ 249.097.917			€ -	€ -	249.097.917	
Onzekerheidsreserve (opgave financier)				€ -			€ -	€ -	-	
Reservering scopewijzigingen (opgave financier)				€ -			€ -	€ -	-	
Gerealiseerde kosten (opgave financier)				€ -			€ -	€ -	-	
Aan te houden budget incl. BTW				€ 249.097.917			€ -	€ -	249.097.917	
										OK

Managementoverzicht SSK-2018				
Object	Geactiveerd	Levenscycluskosten, (N)CW		
		Investeringskosten, (N)CW met een discontovoet van 1,6% en een rekenhorizon van 1 jaar	Instandhoudingskosten, (N)CW met een discontovoet van 1,6% en een rekenhorizon van 100 jaar	met een discontovoet van 1,6% en een rekenhorizon van 101 jaar
Deelraming variant 1	JA	€ 245.486.718	€ -	€ 245.486.718
Objectoverstijgende risicoreservering incl. verschuiving	JA	€ -	€ -	-
Kosten incl. BTW		€ 245.486.718	€ -	€ 245.486.718
		Ok	Ok	Ok
Bandbreedte: met een 70%-betrouwbaarheidsinterval liggen de kosten incl. BTW tussen De variatiecoëfficiënt bedraagt		Equivalente jaarlijkse kosten van de gehele levenscyclus =		
		-		
Geraamde kosten incl. BTW Onzekerheidsreserve (opgave financier) Reservering scopewijzigingen (opgave financier) Gerealiseerde kosten (opgave financier)				
Aan te houden budget incl. BTW				

Bestand: SSK-model_GRE_20250501
Tabblad: Kostenoverzicht

Kostenoverzicht SSK-2018										Rekenmodel SSK-2018 versie 2.4.002													
										Totaal													
										Voorziene kosten	Risicoreservering												
										Directe kosten	Indirecte kosten												
										Directe kosten - benoemd	Directe kosten - nader te detaileren												
Gerealiseerde Instandhoudingskosten (opgave financier)										€	-												
Aan te houden budget instandhoudingskosten incl. BTW										€	-												
Levenscycluskosten incl. BTW (reële kosten)										€	129.650.621	€	19.647.755	€	149.298.375	€	47.645.805	€	196.944.180	€	52.153.737	€	249.097.917
Levenscycluskosten incl. BTW (contante waarde), discontovoet van 1,6% en rekenhorizon van 101 jaar										€										245.486.718			
Equivalente jaarlijkse kosten incl. BTW van de gehele levenscyclus																				-			
										Bandbreedte : met een 70%-betrouwbaarheidsinterval liggen de levenscycluskosten incl. BTW (reële kosten) tussen € en €													
										De variatiecoëfficiënt bedraagt ± -													
Geraamde levenscycluskosten incl. BTW (reële kosten)										€										249.097.917			
Onzekerheidsreserve (opgave financier)										€										-			
Reservering scopewijzigingen (opgave financier)										€										-			
Gerealiseerde kosten (opgave financier)										€										-			
Aan te houden budget levenscycluskosten incl. BTW										€										249.097.917			

Probabilistische resultaten

Rekenmodel SSK-2018 versie 2.4.002

Simulatie datum
Simulatie aantal
Afhankelijkheid
Verdeling
Over- en onderschrijdingswaarde

Probabilistische resultaten investeringskosten

Deterministische investeringskosten incl. BTW = modus (T_waarde)	€	249.097.917
Verschuiving investeringskosten incl. BTW	€	-

Probabilistische investeringskosten incl. BTW = gemiddelde (Mu_waarde)

Variatiecoëfficiënt investeringskosten

Standaardafwijking investeringskosten
Scheefheid
Minimum waarde
Maximum waarde

P5 (95% overschrijdingskans)

P15 (85% overschrijdingskans)

P50 (50% overschrijdingskans)

P85 (15% overschrijdingskans)

P95 (5% overschrijdingskans)

Hierboven staan de risicobijdragen investeringskosten (kostenposten die de grootte van de standaardafwijking bepalen)

Probabilistische resultaten

Rekenmodel SSK-2018 versie 2.4.002

Simulatie datum
Simulatie aantal
Afhankelijkheid
Verdeling
Over- en onderschrijdingswaarde

Probabilistische resultaten instandhoudingskosten

Deterministische instandhoudingskosten incl. BTW = modus (T_waarde)	€	-
Verschuiving instandhoudingskosten incl. BTW	€	-

Probabilistische instandhoudingskosten incl. BTW = gemiddelde (Mu_waarde)

Varatiecoefficient instandhoudingskosten

Standaardafwijking instandhoudingskosten
Scheefheid
Minimum waarde
Maximum waarde

P5 (95% overschrijdingskans)

P15 (85% overschrijdingskans)

P50 (50% overschrijdingskans)

P85 (15% overschrijdingskans)

P95 (5% overschrijdingskans)

Hierboven staan de risicobijdragen instandhoudingskosten (kostenposten die de grootte van de standaardafwijking bepalen)

Probabilistische resultaten

Rekenmodel SSK-2018 versie 2.4.002

Simulatie datum
Simulatie aantal
Afhankelijkheid
Verdeling
Over- en onderschrijdingswaarde

Probabilistische resultaten levenscycluskosten

Deterministische levenscycluskosten incl. BTW = modus (T_waarde)	€	249.097.917
Verschuiving levenscycluskosten incl. BTW	€	-

Probabilistische levenscycluskosten incl. BTW = gemiddelde (Mu_waarde)

Variatiecoëfficiënt levenscycluskosten

Standaardafwijking levenscycluskosten
Scheefheid
Minimum waarde
Maximum waarde

P5 (95% overschrijdingskans)

P15 (85% overschrijdingskans)

P50 (50% overschrijdingskans)

P85 (15% overschrijdingskans)

P95 (5% overschrijdingskans)

Hierboven staan de risicobijdragen levenscycluskosten (kostenposten die de grootte van de standaardafwijking bepalen)

Bestand: SSK-model_GRE_20250501
Tabblad: Obj.oversf.risicoreservering

Objectoverstijgende risicoreservering						Rekenmodel SSK-2018 versie 2.4.002									
Deelraming aan														Spreidingen hvd %	
Code	Omschrijving post	Hoeveelheid	Eenheid	Prijs	Totaal	% BTW	BTW-bedrag	Totaal incl. BTW	L_hvd (%)		U_hvd (%)				
Objectoverstijgende risicoreservering investeringskosten:															
			kans op		€	-	21%	€	-	€	-				
			kans op		€	-	21%	€	-	€	-				
			kans op		€	-	21%	€	-	€	-				
			kans op		€	-	21%	€	-	€	-				
			kans op		€	-	21%	€	-	€	-				
			kans op		€	-	21%	€	-	€	-				
			kans op		€	-	21%	€	-	€	-				
			kans op		€	-	21%	€	-	€	-				
			kans op		€	-	21%	€	-	€	-				
			kans op		€	-	21%	€	-	€	-				
Niet benoemde objectoverstijgende risico's (%)			van	€	205.866.046,78	€	-	21%	€	-	€	-			
Objectoverstijgende risicoreservering investeringskosten excl. BTW		0,0%	t.o.v. subtot. Investeringsk.		€	-					Leeg		Leeg		
BTW (%)		0,0%	van	€	-	€	-	0,0%	€	-					
Objectoverstijgende risicoreservering investeringskosten incl. BTW						€	-			€	-				
Objectoverstijgende risicoreservering investeringskosten excl. BTW (contante waarde)						€	-								
Objectoverstijgende risicoreservering investeringskosten incl. BTW (contante waarde)						€	-								
Objectoverstijgende risicoreservering instandhoudingskosten:															
			kans op		€	-	21%	€	-	€	-				
			kans op		€	-	21%	€	-	€	-				
			kans op		€	-	21%	€	-	€	-				
			kans op		€	-	21%	€	-	€	-				
			kans op		€	-	21%	€	-	€	-				
			kans op		€	-	21%	€	-	€	-				
			kans op		€	-	21%	€	-	€	-				
			kans op		€	-	21%	€	-	€	-				
			kans op		€	-	21%	€	-	€	-				
			kans op		€	-	21%	€	-	€	-				
Niet benoemde objectoverstijgende risico's (%)			van	€	-	€	-	21%	€	-	€	-			
Objectoverstijgende risicoreservering instandhoudingskosten excl. BTW		0,0%	t.o.v. subtot. Instandhoudingsk		€	-					Leeg		Leeg		
BTW (%)		0,0%	van	€	-	€	-	0,0%	€	-					
Objectoverstijgende risicoreservering instandhoudingskosten incl. BTW						€	-			€	-				
Objectoverstijgende risicoreservering instandhoudingskosten excl. BTW (contante waarde)						€	-								
Objectoverstijgende risicoreservering instandhoudingskosten incl. BTW (contante waarde)						€	-								

Objectoverstijgende risicoreservering				
Code	Omschrijving post	Deelraming aan	Spreidingen prijzen %	
			L_prijs (%)	U_prijs (%)
Objectoverstijgende risicoreservering investeringskosten:				
Niet benoemde objectoverstijgende risico's (%)				
Objectoverstijgende risicoreservering investeringskosten excl. BTW			Leeg	Leeg
BTW (%)				
Objectoverstijgende risicoreservering investeringskosten incl. BTW				
Objectoverstijgende risicoreservering investeringskosten excl. BTW (contante waarde)				
Objectoverstijgende risicoreservering investeringskosten incl. BTW (contante waarde)				
Objectoverstijgende risicoreservering instandhoudingskosten:				
Niet benoemde objectoverstijgende risico's (%)				
Objectoverstijgende risicoreservering instandhoudingskosten excl. BTW			Leeg	Leeg
BTW (%)				
Objectoverstijgende risicoreservering instandhoudingskosten incl. BTW				
Objectoverstijgende risicoreservering instandhoudingskosten excl. BTW (contante waarde)				
Objectoverstijgende risicoreservering instandhoudingskosten incl. BTW (contante waarde)				

Deelraming variant 1						Rekenmodel SSK-2018 versie 2.4.002									
Deelraming aan															
Code	Omschrijving post	Hoeveelheid	Eenheid	Prijs	Totaal	% BTW	BTW-bedrag	Totaal incl. BTW	Spreidingen hvd %		Spreidingen prijzen %				
									L_hvd (%)	U_hvd (%)	L_prijs (%)	U_prijs (%)			
Investeringskosten:															
Verleggen Philipsdam:															
nieuwe dijkklaam en kistdam															
20250101	aanbrengen kern dijkklaam boven WS 50m3/m1	450,00	m1	€ 1.200,00	€ 540.000	21%	€ 113.400	€ 653.400			0%	0%			
20250102	taludbescherming dijkklaam (2*5m2/m1)	450,00	m1	€ 1.200,00	€ 540.000	21%	€ 113.400	€ 653.400			0%	0%			
20250103	aanbrengen kern dijkklaam onder WS 530m3/m1	450,00	m1	€ 9.540,00	€ 4.293.000	21%	€ 901.530	€ 5.194.530			0%	0%			
20250104	taludbescherming dijkklaam bestorting (2*30m2/m1)	450,00	m1	€ 5.346,00	€ 2.405.700	21%	€ 505.197	€ 2.910.897			0%	0%			
20250105	wegconstructie (4m2/m)	450,00	m1	€ 660,00	€ 297.000	21%	€ 62.370	€ 359.370			0%	0%			
20250106	baggerwerk bodem opschonen (150m2/m1)	450,00	m1	€ 4.500,00	€ 2.025.000	21%	€ 425.250	€ 2.450.250			0%	0%			
20250107	baggerwerk bodem grondverbetering (150m2a 2m1/m1)	450,00	m1	€ 9.000,00	€ 4.050.000	21%	€ 850.500	€ 4.900.500			0%	0%			
20250108	verwijderen toplaag strekdam tbv damwand	350,00	m1	€ 2.500,00	€ 875.000	21%	€ 183.750	€ 1.058.750			0%	0%			
20250201 a	damwand AZ36 (10m2/m1) ~200 kg/m2 + deksloof	350,00	m1	€ 4.015,00	€ 1.405.250	21%	€ 295.103	€ 1.700.353			0%	0%			
20250110	--	--	--	€ -	-	21%	€ -	-			0%	0%			
20250110	--	--	--	€ -	-	21%	€ -	-			0%	0%			
20250201	damwand AZ36 (25m2/m1) ~200 kg/m2 + gording	450,00	m1	€ 6.388,75	€ 2.874.938	21%	€ 603.737	€ 3.478.674			0%	0%			
20250201 a	damwand AZ36 (10m2/m1) ~200 kg/m2 + deksloof	450,00	m1	€ 4.015,00	€ 1.806.750	21%	€ 379.418	€ 2.186.168			0%	0%			
bodem nieuwe geul											0%	0%			
20250301	zinkstuk + stortsteen (1400kg/m2)	9.000,00	m2	€ 112,67	€ 1.014.000	21%	€ 212.940	€ 1.226.940			0%	0%			
20250302	zinkstuk + stortsteen (1800kg/m2)	9.000,00	m2	€ 126,00	€ 1.134.000	21%	€ 238.140	€ 1.372.140			0%	0%			
20250303	--	--	--	€ -	-	21%	€ -	-			0%	0%			
20250303	--	--	--	€ -	-	21%	€ -	-			0%	0%			
20250303	--	--	--	€ -	-	21%	€ -	-			0%	0%			
20250401	grondwerk omlegging bestaande weg op dam tbv tijdelijke weg	500,00	m1	€ 3.000,00	€ 1.500.000	21%	€ 315.000	€ 1.815.000			0%	0%			
20250402	tijdelijke weg	500,00	m1	€ 3.420,00	€ 1.710.000	21%	€ 359.100	€ 2.069.100			0%	0%			
20250403	bouwputten landhoofden en 2 pijlers	1,00	post	€ 300.000,00	€ 300.000	21%	€ 63.000	€ 363.000			0%	0%			
20250404	betonwerk landhoofden 2 *(20*5*5m3)+40 palen + pijlers 2*(20*3*15m3)+40 palen	1,00	post	€ 3.430.000,00	€ 3.430.000	21%	€ 720.300	€ 4.150.300			0%	0%			
20250405	brugdek (60+2*40)*20m2	1,00	post	€ 4.900.000,00	€ 4.900.000	21%	€ 1.029.000	€ 5.929.000			0%	0%			
20250406	--	--	--	€ -	-	21%	€ -	-			0%	0%			
20250407	grondwerk verwijderen bestaande dijkklaam (180m1 + 150 m)	1,00	post	€ 4.050.000,00	€ 4.050.000	21%	€ 850.500	€ 4.900.500			0%	0%			
20250408	--	--	--	€ -	-	21%	€ -	-			0%	0%			
20250301	zinkstuk + stortsteen (1400kg/m2)	5.400,00	m2	€ 112,67	€ 608.400	21%	€ 127.764	€ 736.164							
20250302	zinkstuk + stortsteen (1800kg/m2)	5.400,00	m2	€ 126,00	€ 680.400	21%	€ 142.884	€ 823.284			0%	0%			
20250104	taludbescherming dijkklaam bestorting (2*30m2/m1)	113,33	m1	€ 5.346,00	€ 605.880	21%	€ 127.235	€ 733.115			0%	0%			
20250102	taludbescherming dijkklaam (2*5m2/m1)	68,00	m1	€ 1.200,00	€ 81.600	21%	€ 17.136	€ 98.736			0%	0%			
20250102	--	--	--	€ -	-	21%	€ -	-			0%	0%			
20250102	--	--	--	€ -	-	21%	€ -	-			0%	0%			
Brouwersdam /selectieve onttrekking															
20250203	--	--	--	€ -	-	21%	€ -	-			0%	0%			
Spuikanaal met zijwanden															
20250203	Combiwand 1420*22 + 2AZ14-700 70% (ca.30m) = 309 kg/m2+75kg. Gording	110,00	m1	€ 12.075,10	€ 1.328.261	21%	€ 278.935	€ 1.607.196			0%	0%			
20250205	Combiwand 1620*26 + 3AZ18-630 70% (ca.45m) = 319 kg/m2+75kg. Gording	140,00	m1	€ 21.467,35	€ 3.005.429	21%	€ 631.140	€ 3.636.569			0%	0%			
Schermconstructie															
20250206	combiwand 1620x26 + schot hoh 10 meter over 40% hoogte (100 kg/m2)	80,00	m1	€ 9.028,75	€ 722.300	21%	€ 151.683	€ 873.983			0%	0%			
20250207	looppad, afdichting buispalen, leuning	330,00	m1	€ 900,00	€ 297.000	21%	€ 62.370	€ 359.370			0%	0%			
20250106	baggerwerk bodem opschonen (150m2/m1)	82,50	m1	€ 4.500,00	€ 371.250	21%	€ 77.963	€ 449.213			0%	0%			
20250107	baggerwerk bodem grondverbetering (150m2a 2m1/m1)	-	m1	€ 9.000,00	€ -	21%	€ -	-			0%	0%			
Bodembescherming															
20250301	zinkstuk + stortsteen (1400kg/m2)	4.187,00	m2	€ 112,67	€ 471.735	21%	€ 99.064	€ 570.800			0%	0%			
20250302	zinkstuk + stortsteen (1800kg/m2)	4.987,00	m2	€ 126,00	€ 628.362	21%	€ 131.956	€ 760.318							
20250303	--	--	--	€ -	-	21%	€ -	-			0%	0%			
20250303	--	--	--	€ -	-	21%	€ -	-			0%	0%			
Baggerwerkzaamheden															
20250501	baggerwerk, hopperen gedurende levendsduur (~200m3/uur)	10,00	wk	€ 120.000,00	€ 1.200.000	21%	€ 252.000	€ 1.452.000			0%	0%			
20250501	baggerwerk, hopperen gedurende levendsduur (~200m3/uur)	10,00	wk	€ 120.000,00	€ 1.200.000	21%	€ 252.000	€ 1.452.000			0%	0%			
20250501	baggerwerk, hopperen gedurende levendsduur (~200m3/uur)	10,00	wk	€ 120.000,00	€ 1.200.000	21%	€ 252.000	€ 1.452.000			0%	0%			
20250501	baggerwerk, hopperen gedurende levendsduur (~200m3/uur)	20,00	wk	€ 120.000,00	€ 2.400.000	21%	€ 504.000	€ 2.904.000			0%	0%			

Deelraming variant 1						Rekenmodel SSK-2018 versie 2.4.002										
Deelraming aan													Spreidingen hvd %		Spreidingen prijzen %	
Code	Omschrijving post	Hoeveelheid	Eenheid	Prijs	Totaal	% BTW	BTW-bedrag	Totaal incl. BTW	L_hvd (%)		U_hvd (%)		L_prijs (%)		U_prijs (%)	
20250502	Stabiliseren eilanden							€							0%	0%
	oeverbescherming eiland (oeverbescherming van 350 m lengte)	3,00	stuk	€ 2.000.000,00	€ 6.000.000	21%	€ 1.260.000	€ 7.260.000							0%	0%
20250601	--	--	--	€ --	€ --	21%	€ --	€ --							0%	0%
	Mitigatie zoutbezwaar Grevelingensluis							€							0%	0%
	mitigatie zoutbezwaar Grevelingensluis	1,00	post	€ 5.000.000,00	€ 5.000.000	21%	€ 1.050.000	€ 6.050.000							0%	0%
	--	--	--	€ --	€ --	21%	€ --	€ --							0%	0%
	--	--	--	€ --	€ --	21%	€ --	€ --							0%	0%
	--	--	--	€ --	€ --	21%	€ --	€ --							0%	0%
	--	--	--	€ --	€ --	21%	€ --	€ --							0%	0%
Benoemde directe bouwkosten					€ 64.951.255		€ 13.639.764	€ 78.591.018							0%	0%
--					€ --	21%	€ --	€ --							0%	0%
--					€ --	21%	€ --	€ --							0%	0%
Nader te detailleren bouwkosten (%)					25,0%	van	€ 64.951.254,83	€ 16.237.814	21%	€ 3.409.941	€ 19.647.755					
Directe bouwkosten					€ 81.189.069		€ 17.049.704	€ 98.238.773								
--					€ --	21%	€ --	€ --							0%	0%
--					€ --	21%	€ --	€ --							0%	0%
Eenmalige kosten (%)					5,0%	van	€ 81.189.068,54	€ 4.059.453	21%	€ 852.485	€ 4.911.939					
Eenmalige kosten totaal					€ 4.059.453,43											
--					€ --	21%	€ --	€ --							0%	0%
--					€ --	21%	€ --	€ --							0%	0%
Algemene bouwplaatskosten (%)					5,0%	van	€ 81.189.068,54	€ 4.059.453	21%	€ 852.485	€ 4.911.939					
Algemene bouwplaatskosten totaal					€ 4.059.453,43											
--					€ --	21%	€ --	€ --							0%	0%
--					€ --	21%	€ --	€ --							0%	0%
Uitvoeringskosten (%)					7,0%	van	€ 81.189.068,54	€ 5.683.235	21%	€ 1.193.479	€ 6.876.714					
Managementkosten ON (%)					8,0%	van	€ 81.189.068,54	€ 6.495.125	21%	€ 1.363.976	€ 7.859.102					
--						van	€ 81.189.068,54	€ --	21%	€ --	€ --					
--						van	€ 81.189.068,54	€ --	21%	€ --	€ --					
Algemene kosten (%)					8,0%	van	€ 101.486.335,68	€ 8.118.907	21%	€ 1.704.970	€ 9.823.877					
Winst (%)					5,0%	van	€ 109.605.242,53	€ 5.480.262	21%	€ 1.150.855	€ 6.631.117					
Risico (%)					5,0%	van	€ 109.605.242,53	€ 5.480.262	21%	€ 1.150.855	€ 6.631.117					
Bijdrage RAW-systeematiek (%)						van	€ 120.565.766,78	€ --	0%	€ --	€ --					
Bijdrage Fonds Fysieke Leefomgeving (%) - niet-BTW-plichtig						van	€ 120.565.766,78	€ --	0%	€ --	€ --					
--					€ --	21%	€ --	€ --							0%	0%
--					€ --	21%	€ --	€ --							0%	0%
Indirecte bouwkosten					48,6% t.o.v. dir. bouwkosten		€ 39.376.698	€ 8.269.107	€ 47.645.805							
Voorziene bouwkosten							€ 120.565.767	€ 25.318.811	€ 145.884.578							
--						kans op	€ --	€ --	21%	€ --	€ --					
--						kans op	€ --	€ --	21%	€ --	€ --					
Niet benoemde risico's bouwkosten (%)					30,0%	van	€ 120.565.766,78	€ 36.169.730	21%	€ 7.595.643	€ 43.765.373					
Risico's overerving bouwkosten					30,0% t.o.v. voorz. bouwkosten		€ 36.169.730	€ 7.595.643	€ 43.765.373							
Bouwkosten Deelraming variant 1							€ 156.735.497	€ 32.914.454	€ 189.649.951				Leeg	Leeg	Leeg	Leeg
--					€ --	21%	€ --	€ --							0%	0%
--					€ --	21%	€ --	€ --							0%	0%
--					€ --	21%	€ --	€ --							0%	0%
--					€ --	21%	€ --	€ --							0%	0%
--					€ --	21%	€ --	€ --							0%	0%
--					€ --	21%	€ --	€ --							0%	0%
--					€ --	21%	€ --	€ --							0%	0%
--					€ --	21%	€ --	€ --							0%	0%
--					€ --	21%	€ --	€ --							0%	0%
SO, VO, DO, UO					15,0%	van	€ 120.565.766,78	€ 18.084.865	21%	€ 3.797.822	€ 21.882.687					
OG kosten voorbereiding, contractering, begeleiding.					10,0%	van	€ 120.565.766,78	€ 12.056.577	21%	€ 2.531.881	€ 14.588.458					
--						van	€ 120.565.766,78	€ --	21%	€ --	€ --					
--						van	€ 120.565.766,78	€ --	21%	€ --	€ --					

Deelraming variant 1						Rekenmodel SSK-2018 versie 2.4.002						
Deelraming aan												
Code	Omschrijving post	Hoeveelheid	Eenheid	Prijs	Totaal	% BTW	BTW-bedrag	Totaal incl. BTW	Spreidingen hvd %		Spreidingen prijzen %	
						L_hvd (%)	U_hvd (%)	L_prijs (%)	U_prijs (%)			
			van	€ 120.565.766,78	€ -	21%	€ -	€ -				
	Benoemde directe engineeringskosten			€	30.141.442	€	6.329.703	€ 36.471.144				
--	--	--	--	€ -	€ -	21%	€ -	€ -			0%	0%
--	--	--	--	€ -	€ -	21%	€ -	€ -			0%	0%
	Nader te detailleren engineeringskosten (%)		van	€ 30.141.441,70	€ -	21%	€ -	€ -				
	Directe engineeringskosten	25,0%	t.o.v. voorz. <i>bouwkosten</i>	€	30.141.442	€	6.329.703	€ 36.471.144				
--	--	--	--	€ -	€ -	21%	€ -	€ -			0%	0%
--	--	--	--	€ -	€ -	21%	€ -	€ -			0%	0%
	Algemene kosten (%)		van	€ 30.141.441,70	€ -	21%	€ -	€ -				
	Winst (%)		van	€ 30.141.441,70	€ -	21%	€ -	€ -				
	Risico (%)		van	€ 30.141.441,70	€ -	21%	€ -	€ -				
	Indirecte engineeringskosten	0,0%	t.o.v. <i>dir. engineeringskosten</i>	€ -	€ -	€	-	€ -				
	Voorziene engineeringskosten			€	30.141.442	€	6.329.703	€ 36.471.144				
			kans op	€ -	€ -	21%	€ -	€ -				
			kans op	€ -	€ -	21%	€ -	€ -				
	Niet benoemde risico's engineeringskosten (%)	15,0%	van	€ 30.141.441,70	€ 4.521.216	21%	€ 949.455	€ 5.470.672				
	Risico's overving engineeringskosten	15,0%	t.o.v. voorz. <i>engineeringskosten</i>	€	4.521.216	€	949.455	€ 5.470.672				
	Engineeringskosten Deelraming variant 1			€	34.662.658	€	7.279.158	€ 41.941.816	Leeg	Leeg	Leeg	Leeg
--	--	--	--	€ -	€ -	21%	€ -	€ -			0%	0%
--	--	--	--	€ -	€ -	21%	€ -	€ -			0%	0%
--	--	--	--	€ -	€ -	21%	€ -	€ -			0%	0%
--	--	--	--	€ -	€ -	21%	€ -	€ -			0%	0%
	Benoemde directe vastgoedkosten			€	-	€	-	€ -				
--	--	--	--	€ -	€ -	21%	€ -	€ -			0%	0%
--	--	--	--	€ -	€ -	21%	€ -	€ -			0%	0%
	Nader te detailleren vastgoedkosten (%)		van	€ -	€ -	21%	€ -	€ -				
	Directe vastgoedkosten			€	-	€	-	€ -				
--	--	--	--	€ -	€ -	21%	€ -	€ -			0%	0%
--	--	--	--	€ -	€ -	21%	€ -	€ -			0%	0%
	Algemene kosten (%)		van	€ -	€ -	21%	€ -	€ -				
	Winst (%)		van	€ -	€ -	21%	€ -	€ -				
	Risico (%)		van	€ -	€ -	21%	€ -	€ -				
	Indirecte vastgoedkosten		t.o.v. <i>dir. vastgoedkosten</i>	€ -	€ -	€	-	€ -				
	Voorziene vastgoedkosten			€	-	€	-	€ -				
			kans op	€ -	€ -	21%	€ -	€ -				
			kans op	€ -	€ -	21%	€ -	€ -				
	Niet benoemde risico's vastgoedkosten (%)		van	€ -	€ -	21%	€ -	€ -				
	Risico's overving vastgoedkosten		t.o.v. voorz. <i>vastgoedkosten</i>	€ -	€ -	€	-	€ -				
	Vastgoedkosten Deelraming variant 1			€	-	€	-	€ -	Leeg	Leeg	Leeg	Leeg
--	--	--	--	€ -	€ -	21%	€ -	€ -			0%	0%
--	--	--	--	€ -	€ -	21%	€ -	€ -			0%	0%
--	--	--	--	€ -	€ -	21%	€ -	€ -			0%	0%
--	--	--	--	€ -	€ -	21%	€ -	€ -			0%	0%
--	--	--	--	€ -	€ -	21%	€ -	€ -			0%	0%
			van	€ 120.565.766,78	€ -	21%	€ -	€ -				
			van	€ 120.565.766,78	€ -	21%	€ -	€ -				
			van	€ 120.565.766,78	€ -	21%	€ -	€ -				
			van	€ 120.565.766,78	€ -	21%	€ -	€ -				
			van	€ 120.565.766,78	€ -	21%	€ -	€ -				
			van	€ 120.565.766,78	€ -	21%	€ -	€ -				
			van	€ 120.565.766,78	€ -	21%	€ -	€ -				
			van	€ 120.565.766,78	€ -	21%	€ -	€ -				
			van	€ 120.565.766,78	€ -	21%	€ -	€ -				
			van	€ 120.565.766,78	€ -	21%	€ -	€ -				
			van	€ 120.565.766,78	€ -	21%	€ -	€ -				
			van	€ 120.565.766,78	€ -	21%	€ -	€ -				
			van	€ 120.565.766,78	€ -	21%	€ -	€ -				

Deelraming variant 1					Rekenmodel SSK-2018 versie 2.4.002												
Deelraming aan																	
Code	Omschrijving post	Hoeveelheid	Eenheid	Prijs	Totaal	% BTW	BTW-bedrag	Totaal incl. BTW	Spreidingen hvd %		Spreidingen prijzen %						
									L_hvd (%)	U_hvd (%)	L_prijs (%)	U_prijs (%)					
	verleggen kabels en leidingen, nieuwe boringen etc	1,0%	van	€ 120.565.766,78	€ -	21%	€ -	€ -									
	vergunningen, procedures, MER, N2000 etc	5,0%	van	€ 120.565.766,78	€ 6.028.288	21%	€ 1.265.941	€ 7.294.229									
			van	€ 120.565.766,78	€ -	21%	€ -	€ -									
	onderzoeken NGO, bodem, hydraulisch	4,0%	van	€ 120.565.766,78	€ 4.822.631	21%	€ 1.012.752	€ 5.835.383									
			van	€ 120.565.766,78	€ -	21%	€ -	€ -									
			van	€ 120.565.766,78	€ -	21%	€ -	€ -									
			van	€ 120.565.766,78	€ -	21%	€ -	€ -									
			van	€ 120.565.766,78	€ -	21%	€ -	€ -									
			van	€ 120.565.766,78	€ -	21%	€ -	€ -									
			van	€ 120.565.766,78	€ -	21%	€ -	€ -									
			van	€ 120.565.766,78	€ -	21%	€ -	€ -									
			van	€ 120.565.766,78	€ -	21%	€ -	€ -									
			van	€ 120.565.766,78	€ -	21%	€ -	€ -									
			van	€ 120.565.766,78	€ -	21%	€ -	€ -									
			van	€ 120.565.766,78	€ -	21%	€ -	€ -									
			van	€ 120.565.766,78	€ -	21%	€ -	€ -									
			van	€ 120.565.766,78	€ -	21%	€ -	€ -									
			van	€ 120.565.766,78	€ -	21%	€ -	€ -									
			van	€ 120.565.766,78	€ -	21%	€ -	€ -									
			van	€ 120.565.766,78	€ -	21%	€ -	€ -									
			van	€ 120.565.766,78	€ -	21%	€ -	€ -									
			van	€ 120.565.766,78	€ -	21%	€ -	€ -									
			van	€ 120.565.766,78	€ -	21%	€ -	€ -									
			van	€ 120.565.766,78	€ -	21%	€ -	€ -									
			van	€ 120.565.766,78	€ -	21%	€ -	€ -									
			van	€ 120.565.766,78	€ -	21%	€ -	€ -									
			van	€ 120.565.766,78	€ -	21%	€ -	€ -									
			van	€ 120.565.766,78	€ -	21%	€ -	€ -									
			van	€ 120.565.766,78	€ -	21%	€ -	€ -									
			van	€ 120.565.766,78	€ -	21%	€ -	€ -									
			van	€ 120.565.766,78	€ -	21%	€ -	€ -									
			van	€ 120.565.766,78	€ -	21%	€ -	€ -									
			van	€ 120.565.766,78	€ -	21%	€ -	€ -									
			van	€ 120.565.766,78	€ -	21%	€ -	€ -									
			van	€ 120.565.766,78	€ -	21%	€ -	€ -									
			van	€ 120.565.766,78	€ -	21%	€ -	€ -									
			van	€ 120.565.766,78	€ -	21%	€ -	€ -									
			van	€ 120.565.766,78	€ -	21%	€ -	€ -									
			van	€ 120.565.766,78	€ -	21%	€ -	€ -									
			van	€ 120.565.766,78	€ -	21%	€ -	€ -									
			van	€ 120.565.766,78	€ -	21%	€ -	€ -									
			van	€ 120.565.766,78	€ -	21%	€ -	€ -									
			van	€ 120.565.766,78	€ -	21%	€ -	€ -									
			van	€ 120.565.766,78	€ -	21%	€ -	€ -									
			van	€ 120.565.766,78	€ -	21%	€ -	€ -									
			van	€ 120.565.766,78	€ -	21%	€ -	€ -									
			van	€ 120.565.766,78	€ -	21%	€ -	€ -									
			van	€ 120.565.766,78	€ -	21%	€ -	€ -									
			van	€ 120.565.766,78	€ -	21%	€ -	€ -									
			van	€ 120.565.766,78	€ -	21%	€ -	€ -									
			van	€ 120.565.766,78	€ -	21%	€ -	€ -									
			van	€ 120.565.766,78	€ -	21%	€ -	€ -									
			van	€ 120.565.766,78	€ -	21%	€ -	€ -									
			van	€ 120.565.766,78	€ -	21%	€ -	€ -									
			van	€ 120.565.766,78	€ -	21%	€ -	€ -									
			van	€ 120.565.766,78	€ -	21%	€ -	€ -									
			van	€ 120.565.766,78	€ -	21%	€ -	€ -									
			van	€ 120.565.766,78	€ -	21%	€ -	€ -									
			van	€ 120.565.766,78	€ -	21%	€ -	€ -									
			van	€ 120.565.766,78	€ -	21%	€ -	€ -									
			van	€ 120.565.766,78	€ -	21%	€ -	€ -									
			van	€ 120.565.766,78	€ -	21%	€ -	€ -									
			van														

Bestand: SSK-model_GRE_20250501
Tabblad: variant 1

Bestand: SSK-model_GRE_20250501
Tabblad: variant 1

[illegible]

[illegible]

C.3 Toelichting bij eenheidsprijzen

Het gehanteerde prijspeil van de eenheidsprijzen is januari 2025. Voor de aankoop van het staal van de damwanden hanteren we een eenheidsprijs van € 1.100/ton.

20250101 - Aanbrengen kern dijklichaam boven WS 50m³/m¹

De eenheidsprijs bevat het in den droge uitbouwen van de kern van de dijk met zand. De aanvoer gebeurt met vrachtwagens. Het verspreiden en verdichten met een shovel. Het talud aan beide kanten is ca. 1:3. We gaan uit van levering van zand vanuit eigen werk; we rekenen geen domeinrechtvergoeding.

We rekenen met 50 m³ zand per strekkende meter en een eenheidsprijs van € 20/m³, inclusief het in profiel brengen van het zand. Voor zettingen, overhoeken, profileren etc., rekenen we € 4/m³ aanvullende kosten.

De eenheidsprijs bedraagt € 1.200 per strekkende meter ($=50 \times (20+4)$).

20250102 - Taludbescherming dijklichaam (2×5m²/m¹)

Dit betreft taludbescherming op de kern van zand boven het gemiddelde waterniveau. De bescherming bestaat uit machinaal gezette steen Basalton (of vergelijkbaar) op een filter en geotextiel. De toplaag is maximaal 0,35 m dik.

We rekenen met 10 m² taludbescherming per strekkende meter en eenheidsprijs van € 100/m², inclusief het in profiel brengen. Voor een filterlaag, kantopsluiting, handmatig profileren etc. rekenen we € 20/m².

De eenheidsprijs bedraagt € 1.200 per strekkende meter ($=10 \times (100+20)$).

20250103 - Aanbrengen kern dijklichaam onder WS 530m³/m¹

De kern van de dijk onder het waterniveau wordt in den natte aangebracht met zand. De aanvoer vindt plaats met een zelfvarend kraanschip of (steek)zuiger. Het talud aan beide zijden heeft een helling van ongeveer 1:3. Het zand wordt geleverd uit een nabijgelegen vaargeul. Er wordt geen domeinrechtvergoeding in rekening gebracht. Voor het profiel rekenen we met 530 m³ per strekkende meter, met een basisprijs van € 15 per m³. Voor zettingen, overhoeken en verliezen wordt € 3 per m³ aanvullend gerekend.

Dit resulteert in een totale eenheidsprijs van € 9.540 per strekkende meter ($=530 \times (15+3)$).

20250104 - Taludbescherming dijklichaam bestorting (2×30m²/m¹)

Dit betreft de taludbescherming op de kern van zand onder waterniveau. De bescherming bestaat uit stortsteen op kraagstuk (€ 35/m) met een toplaag van maximaal 0,35 m dik. We rekenen met 60 m² per strekkende meter en een gewicht van 1 ton/m² (een dikte van ongeveer 0,6 m). Het leveren (€ 35/ton) en verwerken (€ 10/ton) kost € 45/ton. We rekenen € 9/m² voor de filterlaag, kantopsluiting en handmatig profileren.

De eenheidsprijs bedraagt € 5.346 per strekkende meter ($=60 \times (((35+10) \times 1) + 9) + 35$).

20250105 - Wegconstructie (4m²/m)

De wegconstructie betreft een onderhouds- en inspectieweg op een (kist)dam. Deze bestaat uit asfalt op een puinverharding, zonder goten, riolering of belijning. Er wordt gerekend met

4 m² per strekkende meter. De eenheidsprijs bedraagt € 150 per m², waarbij aansluitingen met damwand en deksloof aanvullend € 15 per m² kosten.

Dit leidt tot een totaal van € 660 per meter ($=4 \times (150+15)$).

20250106 - Baggerwerk bodem opschonen (150m²/m¹)

Voor het aanbrengen van zandkernen, zinkstukken of damwanden moet de onderwaterbodem eerst worden opgeschoond. Dit gebeurt met een kraanschip of een kleine bodemzuiger, waarbij een dikte van minder dan 1 meter wordt verwijderd. De hoeveelheid bedraagt 150 m² per meter. De prijs voor uitvoering is € 25 per m², vermeerderd met € 5 per m² voor verlies door stroming of herhaling.

Dit leidt tot een totaalbedrag van € 4.500 per meter ($=150 \times (25+5)$).

20250107 - Baggerwerk bodem grondverbetering (150m² x 2m¹/m¹)

Naast het opschonen van de bodem is ook grondverbetering nodig voor de aanleg van de zandkern. Hiervoor wordt over een breedte van 150 m en diepte van 2 meter gebaggerd en zand aangebracht met een kraanschip of bodemzuiger. De hoeveelheid bedraagt daarmee 300 m³ per strekkende meter. De prijs is € 25 per m³, waarvan € 10 voor het zand wordt gerekend en € 15 bestemd is voor levering en aanbrengen. Voor verliezen door stroming of herhaling wordt € 5 per m³ toegevoegd.

De totale prijs bedraagt € 9.000 per strekkende meter ($=150 \times 2 \times (25+5)$).

20250108 - Verwijderen toplaag strekdam t.b.v. damwand

De bestaande verharding van de strekdam wordt verwijderd om ruimte te maken voor het plaatsen van een damwand. De exacte samenstelling van de verharding is onbekend. Verwijderen gebeurt met een hydraulische kraan, mogelijk met sloophamer. Het vrijgekomen materiaal wordt hergebruikt als bestorting.

De aannames leiden tot een eenheidsprijs van € 2.500 per strekkende meter.

20250201 - Damwand AZ36 (25m²/m¹) ~200 kg/m² + gording

Er wordt een damwandtype AZ36 geplaatst over 25 m² per strekkende meter, inclusief een gording langs de bovenzijde. De damwand heeft een gewicht van 200 kg/m² en de gording 60 kg/m¹, vermeerderd met 5% voor hulpstaal. De levering van de damwand kost € 1.100 per ton en de gording € 1.250 per ton. Het aanbrengen van de damwand tot 70% van de hoogte kost € 35 per m², en het aanbrengen van de gording € 200 per meter.

De eenheidsprijs bedraagt € 8.388,75 per strekkende meter.

20250201a - Damwand AZ36 (10m²/m¹) ~200 kg/m² + deksloof

Een damwandtype AZ36 wordt geleverd en geplaatst over 10 m² per meter, inclusief een deksloof aan de bovenzijde. De damwand heeft een gewicht van 200 kg/m². De levering kost € 1.100 per ton, de deksloof € 1.500 per meter. De damwand wordt 9 m diep geheid tegen een tarief van € 35 per m².

De eenheidsprijs bedraagt € 4.015 per strekkende meter.

20250203 - Combiwand 1420×22 + 2AZ14-700 70% (ca.30 m) = 309 kg/m²+ 75 kg. gording

Voor de combiwand 1420×22 met twee AZ14-700 planken over 70% van de hoogte geldt een staalgewicht van 309 kg/m² plus 75 kg gording. De levering van damwand (€ 1.100/ton), buispaal (€ 1.150/ton) en gording (€ 1.500/ton) wordt gecombineerd met aanbrengkosten (30 m² × € 35) en € 200 voor de gording. De kosten voor de combiwand bedragen € 11.312 /m¹.

De totale kosten bedragen € 12.075,10 /m¹ (berekening inclusief lassen +5%).

20250205 - Combiwand 1620×26 + 3AZ18-630 70% (ca.45 m) = 319 kg/m²+ 75 kg. gording

Deze combiwand 1620×26 is vergelijkbaar, maar de planken beslaan 70% van de hoogte. Het staalgewicht blijft 319 kg/m² + 75 kg gording. Leveringsprijzen zijn € 1.150 (damwand), € 1.300 (buispaal), en € 1.500 (gording) per ton. De damwand wordt over 45 m² geplaatst à € 35 en de gording à € 200. De kosten voor de combiwand bedragen € 20.257 per strekkende meter.

De eenheidsprijs bedraagt € 21.467,35 /m¹ (berekening inclusief lassen +5%).

20250206 - Combiwand 1620x26 + schot 10 meter over 40% hoogte (100 kg/m²)

Tussen buispalen met grote overspanning worden schotten geplaatst als kering. Hiervoor zijn verticale geleideprofielen en horizontale balken (gording) nodig. Het staalgewicht van het schot is 100 kg/m². Levering van schot (€ 1.500/ton), buispaal (€ 1.300/ton), en gording (€ 1.500/ton), plus 25% extra voor geleidebalken en € 200 voor gording. De kosten voor de damwand bedragen € 5.808 per strekkende meter.

De eenheidsprijs bedraagt € 7.852,50 /m¹.

20250207 - Looppad, afdichting buispalen, leuning

Voor de combiwanden op het water worden buispalen afgedicht en een looppad met leuning geplaatst. Het pad bestaat uit 20 mm staal à € 3,50/kg, een leuning van € 100, coating van € 100 en montage van € 150.

De eenheidsprijs bedraagt € 900 /m¹.

20250301 - Zinkstuk + stortsteen (1400kg/m²)

Voor de bescherming van de ondergrond wordt een zinkstuk gecombineerd met stortsteen. Er wordt gerekend met een gewicht van 1.400 kg/m² (sortering 10/60 en/of 40/200). De stortsteen wordt geleverd voor € 35 per ton en verwerkt voor € 15 per ton. Het zinkstuk kost € 60 per m². Daarnaast wordt 10% extra gerekend voor overlappingen en dergelijke.

De totale prijs komt daarmee uit op € 112,67 per m².

20250302 - Zinkstuk + stortsteen (1800kg/m²)

Deze post betreft eveneens een combinatie van zinkstuk en stortsteen, met een verhoogd gewicht van 1.800 kg/m² (sortering 10/60 en/of 40/200). De leverings- en verwerkingskosten zijn gelijk aan de vorige post: € 35 + € 15 per ton. Het zinkstuk kost € 60 per m² en er wordt 10% extra gerekend voor overlapping.

De eenheidsprijs bedraagt € 126,00 per m².

20250401 - Grondwerk omlegging bestaande weg op dam t.b.v. tijdelijke weg

Voor de tijdelijke omlegging van de bestaande weg op de Philipsdam is een grondaanvulling nodig van 100 m³ zand per meter weg. De eenheidsprijs bedraagt € 25 per m³ voor droog grondverzet. Daarnaast wordt 20% extra gerekend voor het talud, het verwijderen van de teelaarde en een eventuele verharding.

De eenheidsprijs bedraagt € 3.000 /m¹ (=100×25×1,2).

20250402 - Tijdelijke weg

Deze post betreft de aanleg van een tijdelijke weg met een breedte van 15 meter. Er wordt gerekend met een eenheidsprijs van € 150 per m², exclusief grondwerk. Aanvullend worden een dubbele geleiderail (€ 200 per meter aan weerszijden) en een middenbarrier (€ 200 per meter) aangebracht. Voor belijning, overgangen en eventuele verlichting wordt 20% extra gerekend.

De totale prijs bedraagt € 3.420 /m¹ (=(15×150)+(200×2)+200)×1,2).

20250403 - Bouwputten landhoofden en 2 pijlers

Voor de bouw van twee landhoofden en twee pijlers worden bouwputten gerealiseerd in de vorm van een damwandkuip. De kosten voor een landhoofd zijn gesteld op € 100.000 per stuk en voor een pijler op € 50.000 per stuk.

Er wordt gerekend met een totaalbedrag van € 300.000 voor vier bouwputten.

20250404 - Betonwerk landhoofden 2 ×(20×5×5m³)+40 palen + pijlers 2×(20×3×15m³) + 40 palen

Deze post omvat het betonwerk voor de eerdergenoemde landhoofden en pijlers. Voor beide landhoofden wordt gerekend met een afmeting van 20 × 5 × 5 m³ à € 850 per m³. Elk landhoofd krijgt 40 palen van 30 meter lengte à € 150 per meter. Voor de twee pijlers geldt 20 × 3 × 15 m³ à € 1.100 per m³, met 40 palen van 20 meter à € 150 per meter.

De totale kosten voor de landhoofden en pijlers bedragen € 3.430 k (=(2×20×5×5×850)+(2×40×30×150)+(2×20×3×15×1100)+(2×40×20×150)).

20250405 - Brugdek (60+2×40)×20m²

Het brugdek bestaat uit een hoofdoverspanning van 60 meter en twee aanbruggen van elk 35 meter, met een breedte van 20 meter. Er wordt gerekend met een eenheidsprijs van € 1.750 per m². Dit resulteert in een totaalbedrag van € 4.900.000 (=(60+2×40)×20×1.750).

20250407 - Grondwerk verwijderen bestaande dijklichaam (180m¹ + 150 m)

Voor het verwijderen van het bestaande dijklichaam wordt gerekend met een lengte van 150 meter en een gemiddelde breedte van 120 meter. De exacte berekening is niet opgenomen, maar het betreft het vrijmaken van de toekomstige geul voor het nieuwe werk. Totale kosten zijn afhankelijk van het profiel, maar worden projectmatig begroot.

20250501 - Baggerwerk, hopperen gedurende levensduur (~200m³/uur)

Gedurende de levensduur van het project zal onderhoudsbaggerwerk worden uitgevoerd met een kleine hopper. Deze werkt 80 uur per week tegen een tarief van € 1.500 per uur. De verwachte productie is 200 m³ per uur. Het aantal transporten en de cyclustijd is 3,5 uur per 700 m³. De totale kosten bedragen € 120.000 per week.

Bijlage D Documentenlijst

Nr.	Omschrijving	Datum	Opsteller
101	Eindrapport Taskforce Grevelingen	08-05-2023	Rijkswaterstaat
102	Klimaatscenario's voor Nederland	09-10-2023	KNMI
103	Verkenning waterkwaliteit en ecologie bij open verbinding VZM en Grevelingen	2009	Deltares
104	AACE cost estimate classification system	07-08-2020	AACE
105	Standaardsystematiek voor kostenramingen – SSK 2018	01-11-2018	CROW
201	Systeembeschrijving Volkerak-Zoommeer	13-10-2014	Rijkswaterstaat
212	MIRT Verkenning Grevelingen milieueffectrapport	11-05-2012	Witteveen+Bos
311	Gevoeligheidsanalyse Waterberging Zuidwestelijke Delta	22-06-2010	Rijkswaterstaat
312	Klimaatrobuustheid van het waterbeheer van het Volkerak-Zoommeer	08-07-2020	Deltares
313	De afvoerbepaling van de Volkerak-inlaatsluis: tussentijds bericht	01-11-1974	Deltadienst (Rijkswaterstaat)
411	Nieuw gebruik van Flakkeese spuisluis als doorlaatmiddel	07-06-2002	Rijkswaterstaat
412	Studie effecten ingebruikname Flakkeese spuisluis op het Grevelingenmeer	2006	
413	Driemaandelijks bericht deltawerken nummers 81-90 (augustus 1977 – november 1979)	1977	Deltadienst (Rijkswaterstaat)
511	Monitoringsplan Grevelingenmeer, Flakkeese spuisluis en Brouwerssluis	07-09-2016	Rijkswaterstaat
512	Functioneren van de Brouwerse Spuisluis	-	Delta Expertise
513	Afvoercharacteristieken Brouwerssluis	1975	Delft Hydraulics Laboratory
514	Bepaling van de afvoercharacteristieken van de doorlaat- en vissluis in de Brouwersdam m.b.v. de verdunningsmethode	-	Rijkswaterstaat
520	https://www.oerij.eu/actueel/zoutdam-binnenspuikanaal-ijmuiden/	24-02-2024	Oer-IJ
531	Dimensionering van inlaat- en uitlaatmiddelen	-	Deltadienst (Rijkswaterstaat)
602	Analytical model for laterally loaded pile groups in layered sloping soil	2022	Hemel et al.