



# Haalbaarheidsonderzoek energieopslagmeer Delta21

Deelrapport 2: Beoordeling ontwerp en raming



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 alleen medewerkers bij klanten detacheren of voor opdrachtnemende partijen werken als we zeker zijn dat dit onze onafhankelijkheid niet aantast.

Dit rapport is opgesteld in opdracht van dhr. Van Wijk van Verboon Maasland B.V.

# Haalbaarheidsonderzoek energieopslagmeer Delta21

## Deelrapport 2: Beoordeling ontwerp en raming

Definitief

ir. M. de Rooij  
dr. ir. O.C. Tieleman  
prof. drs. ir. J.K. Vrijling  
ing. E. de Bree

Dit onderzoek is medegefinancierd door de Europese Unie als onderdeel van de subsidieregeling Kansen voor West.



Voor akkoord: ir. Maarten van de Voort

Rapportnummer: 23006-R-001

Delft, 15 december 2023



# Inhoudsopgave

<b>1</b>	<b>Inleiding .....</b>	<b>1</b>
1.1	Aanleiding .....	1
1.2	Doelstelling en onderzoeksvragen .....	1
1.3	Scope, aanpak en werkzaamheden.....	2
1.4	Leeswijzer.....	3
<b>2</b>	<b>Beschrijving project Delta21 .....</b>	<b>5</b>
2.1	Ontwerp energieopslagmeer.....	5
2.2	Raming energieopslagmeer .....	6
2.3	Aanvullende functies: waterveiligheid en natuurontwikkeling .....	7
<b>3</b>	<b>Conclusies en aanbevelingen .....</b>	<b>9</b>
3.1	Conclusie haalbaarheid energieopslagmeer.....	9
3.2	Conclusies aanvullende functies .....	11
3.3	Aanbevelingen .....	11
<b>Bijlage A</b>	<b>Bevindingen .....</b>	<b>13</b>
A.1	Scope en prestaties.....	13
A.2	Ontwerp .....	14
A.3	Uitvoering .....	16
A.4	Raming.....	18
A.5	Kansen .....	25
A.6	Risico's .....	28
A.7	Aanvullende functies .....	30
<b>Bijlage B</b>	<b>Referentielijst .....</b>	<b>35</b>
B.1	Documentenlijst.....	35
B.2	Werksessies .....	35
<b>Bijlage C</b>	<b>Afkortingen en begrippen .....</b>	<b>36</b>



# 1 Inleiding

## 1.1 Aanleiding

Het industriële en havencomplex Rijnmond in Zuid-Holland heeft behoefte aan een energievoorziening die betrouwbaar, slim, schaalbaar en toekomstbestendig is. Dit vraagt om een energietransitie die voor de steden en industrie in Rijnmond een sterk stijgende behoefte aan elektriciteit ter vervanging van fossiele brandstof betekent. De elektriciteit wordt beoogd gehaald te worden uit hernieuwbare bronnen zoals zon en wind op zee. De productie van elektriciteit uit deze bronnen is echter afhankelijk van weersomstandigheden en dat leidt tot pieken en dalen in het aanbod, die niet aansluiten op de vraag naar elektriciteit. Energieopslag draagt bij aan de stabilisatie van het elektriciteitsnetwerk, door: i) overtollige energie op te slaan en ii) energie te leveren op momenten dat de productie van wind- en zonne-energie niet of nauwelijks mogelijk is.

Delta21 is een plan dat de aanleg van een dergelijk energieopslagmeer beschrijft. Dit plan bestaat in de basis uit de aanleg van een energieopslagmeer. Daarnaast beoogt Delta21 de realisatie van een bijdrage aan de overstromingsveiligheid van het benedenrivierengebied en de natuurontwikkeling in de voordelta van het Haringvliet.

Delta21 VOF heeft in samenwerking met diverse sponsors uit het bedrijfsleven en afstudeerders een basisontwerp met bijbehorende kostenraming opgesteld voor het energieopslagmeer van Delta21. Dit basisontwerp is gebaseerd op verschillende deelontwerpen, onderzoeken en kostenramingen en heeft het uitwerkingsniveau van een concept schetsontwerp. Het basisontwerp geeft alleen invulling aan de functie energieopslag en laat de bijdrage aan hoogwaterveiligheid en natuurontwikkeling buiten beschouwing.

Aannemingsbedrijf Verboon Maasland B.V. (hierna: Verboon Maasland) heeft namens Delta21 VOF aan CE Delft gevraagd om onderzoek uit te voeren naar de bedrijfseconomische opbrengsten van het energieopslagmeer (deelrapport 3). Verboon Maasland heeft Horvat gevraagd om: i) een studie uit te voeren naar de (civiel)technische haalbaarheid en de aanleg- en onderhoudskosten van het energieopslagmeer en ii) de aannemelijkheid van baten voor waterveiligheid en natuurontwikkeling kwalitatief te beoordelen (deelrapport 2). Deelrapport 1 zal de opleggen de notitie zijn namens het gehele consortium, waarin Delta21 ook de bevindingen van deelrapporten 2 en 3 opneemt.

Dit rapport beschrijft de resultaten van ons onderzoek naar de (civiel)technische haalbaarheid en de aanleg- en onderhoudskosten van het energieopslagmeer. Dit onderzoek is medegefinancierd door het subsidieprogramma Kansen voor West II, een Europese subsidie voor MKB in Zuid-Holland.

## 1.2 Doelstelling en onderzoeksvragen

De doelstelling van de beoordeling is tweeledig en bestaat uit:

1. het beoordelen van de haalbaarheid van het basisontwerp (inclusief de toepasbaarheid ervan als energieopslag, de uitvoeringsmethode, de technische realiseerbaarheid en het technisch onderhoud) en de daarbij behorende risico's en de kosten van de energieopslagfunctie van Delta21. Deze doelstelling hebben we vertaald in de volgende onderzoeksvragen:
  - a. Zijn het ontwerp, de uitvoeringsmethode en het benodigde technische onderhoud van het energieopslagmeer van Delta21 voldoende compleet en betrouwbaar voor de fase van het project?

- b. Is de raming compleet; ontbreken er geen scope-onderdelen die redelijkerwijs opgenomen en begroot hadden kunnen worden om te komen tot een werkend energieopslagmeer?
  - c. Is de raming realistisch en passend bij de fase en complexiteit van het project, voor wat betreft de hoeveelheden, prijzen, opslagpercentages (zoals nader te detailleren en engineering), risicoreservering en de afgegeven bandbreedte?
  - d. Zijn de onderhoudskosten voldoende in beeld gebracht?
  - e. Zijn de risico's van het ontwerp en de uitvoeringsmethode voldoende in beeld gebracht?
  - f. Welke optimalisatiemogelijkheden zien wij voor het basisontwerp en de uitvoeringsmethode en hoe zouden wij deze kwantificeren?
2. het kwalitatief beoordelen van de aannemelijkheid van de baten van Delta21 voor de waterveiligheid van het benedenrivierengebied en de natuurontwikkeling in de monding van het Haringvliet. Deze doelstelling hebben we vertaald in de volgende onderzoeksvraag:
- a. Is de onderbouwing van de baten van Delta21 voor de overstromingsveiligheid van het benedenrivierengebied en de natuurontwikkeling in de monding van het Haringvliet plausibel?
  - b. Welke aanvullende scope en aanpassingen aan het ontwerp zijn nodig om deze baten te realiseren?

We hebben de onderzoeksvragen als leidraad voor de beoordeling gehanteerd. Onze rapportage beantwoordt deze onderzoeksvragen niet letterlijk en volgordelijk.

### 1.3 Scope, aanpak en werkzaamheden

We hebben primair een beoordeling uitgevoerd op het ontwerp en de aanleg- en onderhoudskosten van de energieopslagfunctie van Delta21. We hebben daarvoor de majeure scopeonderdelen beschouwd die nodig zijn om te komen tot een werkend energieopslagmeer, namelijk: i) de ontgraving en de ringdijk, ii) het civiele kunstwerk dat de pompen behuist (hierna: het pompstation), iii) de pompturbines en iv) de aansluiting op het elektriciteitsnet. De exploitatiekosten vallen buiten onze beoordeling. We beoordelen in dit onderzoek het ontwerp met 2 GW geïnstalleerd pompvermogen. CE Delft heeft aanvullend hierop in deelrapport 3 ook de economische haalbaarheid van een variant met 6 GW geïnstalleerd pompvermogen beschouwd.

Daarnaast hebben wij de onderbouwing van de baten van Delta21 voor de aanvullende functies waterveiligheid en natuurontwikkeling kwalitatief beschouwd. Aangezien de aanvullende scope voor het realiseren van deze baten nog niet in een ontwerp en raming is uitgewerkt, hebben we ons hiervoor gebaseerd op de toelichting die de betrokkenen in werksessies hebben gegeven.

In dit onderzoek baseren we ons op de 'draft versie' van Deelrapport 1 d.d. 28-9-2023. [001] Voor de overige documenten gaan we uit van de standlijn 12-10-2023. [002 t/m 011] Gedurende het haalbaarheidsonderzoek hebben betrokken partijen naar aanleiding van de gehouden werksessies actualisaties doorgevoerd in de ontwerpen en ramingen. Ten opzichte van de standlijn bij aanvang van de toets hebben we rekening gehouden met de volgende aanvullingen vanuit partijen. Aanvullingen die niet in deze lijst staan, hebben we niet beoordeeld in dit onderzoek.

- Update ontwerp pompstation (d.d. 26-10-2023) met de volgende aanpassingen: i) toevoeging verankering damwand meerzijde, ii) toevoeging damwand zeezijde, iii) toevoeging landhoofden.

- Update raming pompstation (d.d. 3-11-2023) met aanpassingen aan eenheidsprijzen en/of hoeveelheden voor: i) het grondwerk in de bouwkuip, ii) de tijdelijke damwanden, iii) betonwanden aan de meerzijde van het pompstation, iv) de keerschuiven, v) de bewegingswerken en vi) de landhoofden.
- Stabiliteitsberekeningen pompstation (d.d. 8-11-2023).
- Raming en ontwerp aansluiting elektriciteitsnet (d.d. 10-11-2023).
- Raming pompturbines (d.d. 10-10-2023).
- Versie 7 van Deelrapport 1, voor zover dat is geactualiseerd n.a.v. de hierboven genoemde aanvullingen en updates.
- De bijgestelde relaties tussen verval, debiet en vermogen van pompturbines. Daaruit is gebleken dat het maximale debiet van de pompturbines niet 300 m<sup>3</sup>/s maar rond de 100 m<sup>3</sup>/s bedraagt.

Wij hebben voor ons onderzoek de volgende werkzaamheden uitgevoerd:

1. Startgesprek: het startgesprek heeft plaatsgevonden op dinsdag 3 oktober 2023. Bij het gesprek waren vertegenwoordigers van Delta21 en de betrokken sponsors uit het bedrijfsleven aanwezig. In dit gesprek hebben we: i) de aanpak en doelstelling doorgenomen en ii) praktische afspraken gemaakt over de nog te ontvangen informatie en de invulling van werksessies.
2. Documentenanalyse: wij zijn onze werkzaamheden gestart met een analyse van de ontvangen documenten ter voorbereiding op de werksessies (zie punt 3). De belangrijkste documenten bevatten een algemene beschrijving van het energieopslagmeer en ontwerpen en ramingen per scopedeel. Een volledige lijst van ontvangen documenten is opgenomen in Bijlage B.1.
3. Werksessies: we hebben zes werksessies gehouden die we hebben voorbereid op basis van de documentenanalyse. Het gaat om de volgende sessies: i) één werksessie over het integrale plan, ii) één interne werksessie, iii) drie werksessies over de deelontwerpen en ramingen, en iv) een werksessie over de aanvullende functies van Delta21.
4. Opstellen conceptrapport: op basis van de documentenanalyse en de werksessies hebben wij onderbouwde bevindingen geformuleerd waaruit conclusies volgen over: i) de haalbaarheid van de ontwerpen, ii) de betrouwbaarheid van de ramingen en iii) de onderbouwing van de baten voor de aanvullende functies. Deze conclusies geven invulling aan de geformuleerde doelstelling van de beoordeling. We hebben onze bevindingen en conclusies in een conceptrapport beschreven en Delta21 om commentaar hierop gevraagd. Deze punten dienen als input voor de bespreking van het conceptrapport.
5. Bespreken conceptrapport: wij hebben (het commentaar op) het conceptrapport op 8 december besproken met de betrokkenen bij Delta21.
6. Definitief maken rapport: naar aanleiding van het commentaar hebben wij het conceptrapport op punten aangepast en vervolgens definitief gemaakt.

## 1.4 Leeswijzer

Het vervolg van dit rapport is als volgt opgebouwd. Hoofdstuk 2 beschrijft het ontwerp en de raming van het energieopslagmeer en de beoogde bijdrage aan waterveiligheid en natuurontwikkeling. Hoofdstuk 3 bevat de conclusies en aanbevelingen van ons haalbaarheidsonderzoek.

Bijlage A bevat de bevindingen op basis waarvan we onze conclusies hebben getrokken. Bijlage B bevat een overzicht van de gerefereerde documenten en overleggen. In dit rapport

verwijzen wij naar documenten met [nummer] en naar interviews met [V-nummer]. Bijlage C bevat een overzicht van de in dit rapport gebruikte afkortingen en begrippen.

Waar in dit rapport kosten worden vermeld, zijn deze exclusief btw tenzij anders vermeld. Voor de betreffende prijspeilen verwijzen wij naar de onderliggende documenten zoals benoemd in de referentielijst. Waar in dit rapport kosten worden vermeld, zijn deze exclusief btw en prijspeil 2023.

## 2 Beschrijving project Delta21

In dit hoofdstuk geven we een beknopte beschrijving van het project Delta21. In Paragraaf 2.1 en 2.2 lichten we het beoordeelde ontwerp en de raming van het energieopslagmeer op de hoofdlijnen toe. In Paragraaf 2.3 gaan we in op de aanvullende functies voor waterveiligheid en natuurontwikkeling, die buiten de scope van het energieopslagmeer vallen.

### 2.1 Ontwerp energieopslagmeer

Het plan Delta21 beoogt een energieopslagmeer te realiseren voor de kust van Voorne-Putten en Goeree-Overflakkee, dat aan de noordoostzijde aansluit op de Tweede Maasvlakte (MV2). Het energieopslagmeer dient als opslag van energie door bij een lage vraag het meer leeg te pompen en bij hoge vraag via turbines vol te laten stromen, en zo weer elektriciteit op te wekken. Dat gebeurt via een kunstwerk dat is uitgerust met vijzelpompturbines (hierna: het pompstation). Het energieopslagmeer wordt aangesloten op het elektriciteitsnetwerk via een transformatorstation op de Maasvlakte.



*Figuur 1: Overzicht van het energieopslagmeer en de aanvullende functies van Delta21. De ringdijk (geel), ontgraving, het pompstation (roze), de aansluiting op het elektriciteitsnet (niet afgebeeld), en de schutsluis (niet afgebeeld) vormen samen het energieopslagmeer. De overlaat (groen gestippeld), de stormvloedkering (geel gestippeld) en vistrap (niet afgebeeld) maken onderdeel uit van de aanvullende functies. [001]*

Het energieopslagmeer bestaat op hoofdlijnen uit de volgende scopedelen:

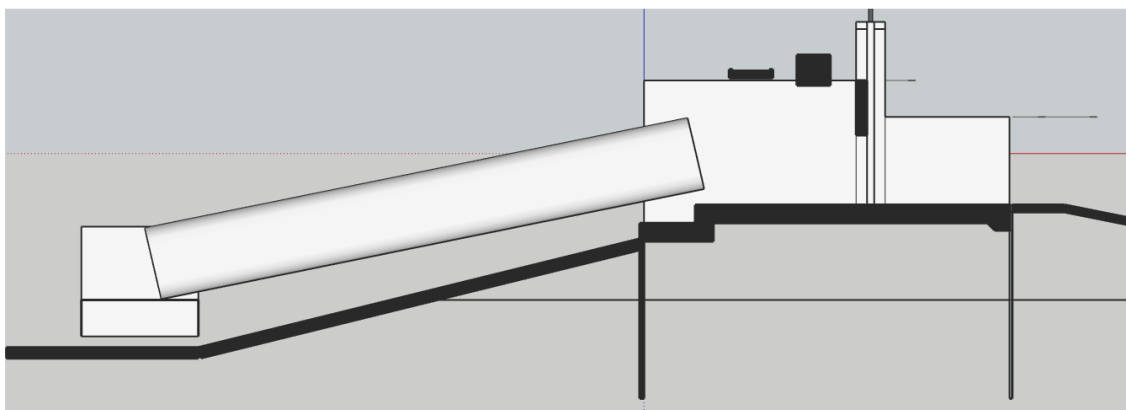
- **Ringdijk en ontgraving:** De buitenafmetingen van het gehele gebied met ringdijk en energieopslagmeer zijn ongeveer 12 km bij 5 km. Het meer krijgt een wateroppervlak van 42 km<sup>2</sup>. De maximale diepte bedraagt NAP -29 m. Dat is dieper dan de zeebodem. Daarom wordt 711 Mm<sup>3</sup> aan grond ontgraven met baggerschepen. Van dit materiaal wordt (bruto) 502 Mm<sup>3</sup> gebruikt om een ringdijk te realiseren, die het meer scheidt van de omliggende zee. De ringdijk krijgt een kruinhoogte van NAP +7 m. De overige grond wordt offshore gedumpt, geagiteerd, of mogelijk in de zandmotor verwerkt. [017]
- **Pompstation:** Het pompstation bestaat uit honderd kokers. Op iedere koker is een pompturbine aangesloten. Het pompstation is uitgerust met beweegbare schuiven die: i) de waterdoorstroom doseren en ii) in dichte stand onderdeel zijn van de waterkering. Aan de meerzijde van het pompstation zijn de vijzels van de pompturbines bevestigd. Elke koker heeft een technische ruimte op NAP + 10 m die ruimte biedt voor installaties

t.b.v. het functioneren van de schuiven en pompturbines. Figuur 2 toont een schematische weergave van het pompstation.

Het pompstation bestaat uit honderd secties met hoofdafmetingen van 50 x 26 m<sup>2</sup>. Elke sectie bestaat uit een koker met een doorstroombreedte van 13 m en wanden die de stroming door de koker begeleiden. Het pompstation is in totaal 2,6 km lang. De vloer van de constructie bevindt zich op NAP -7 m. De constructie is op staal gefundeerd en bevat twee damwanden om de waterdruk onder de constructie te verlagen en onderlooptheid tegen te gaan. De kerende hoogte is NAP +10 m. [014]

**Pompturbines:** Voor de pompturbines gaat het ontwerp uit van gesloten vijzels van Fish Flow Innovations. Iedere pompturbine levert en verbruikt maximaal 20 MW, wat resulteert in een totale capaciteit van 2 GW. De vijzels zijn 81,4 m lang en hebben een diameter van 10 m. Op het energieopslagmeer zijn de uiteinden van de vijzels geplaatst op drijvers, zodat de opening over het gehele vervalbereik van het meer meebeweegt met het waterpeil. Dat is nodig voor het functioneren van de pompturbines, omdat die alleen effectief zijn als de in-/uitstroomopening deels (voor ca. 50-70%) in het water ligt. Aan het andere uiteinde zijn de pompturbines scharnierend opgelegd aan het pompstation. De opening beweegt daar niet mee met de waterstand, gezien de variaties op zee beperkter zijn dan op het meer. De vijzel van de pompturbine wordt ondersteund door een stalen vakwerkconstructie. De stalen vakwerkconstructie loopt in het pompstation langer door dan de vijzel, zodat deze ook ruimte kan bieden aan de aandrijfketen van de vijzel.

- **Aansluiting op het elektriciteitsnet:** De pompturbines worden per tien stuks via een transformator 23 kV-150 kV gekoppeld aan een 150 kV verbinding. De tien 150 kV verbindingen lopen naar een 150 kV-380 kV transformator op de ringdijk aan de landzijde van het pompstation. Vanuit dit hoofdstation loopt een 2GW kabel naar het Tennet transformatorstation op MV2 (nog in aanbouw). Het Tennet transformatorstation zelf behoort niet tot de scope van Delta21. [016]



*Figuur 2: Langsdoorsnede van het pompstation en de vijzel. Let op: de figuur is niet op schaal. De roze horizontale lijn ligt op NAP. De bodem van de koker ligt op NAP -7 m. Het wegdek en de technische ruimte op NAP +10 m. [015]*

## 2.2 Raming energieopslagmeer

De scope is geraamd in verschillende deelramingen voor elk scopedeel. Tabel 1 toont een overzicht van de geraamde kosten voor het project. Het totaal van de raming bedraagt ca. € 7,9 mld. exclusief btw. Delta21 gaat uit van een variatiecoëfficiënt van 25% voor deze raming.

De kosten voor ieder van de scopeonderdelen (ringdijk, pompstation, pompturbines, aansluiting e-net) volgen uit deelramingen opgesteld door de verschillende partners van het project. De projectorganisatie heeft daarnaast een stelpost van € 300 mln. opgenomen voor overige infravoorzieningen. [001, 014] De overige infravoorzieningen bestaan onder andere uit: een

schutsluis, aanlegsteiger, wegen en andere voorzieningen op land en in het water. Delta21 raamt de overkoepelende risicoreservering op € 270 mln., aanvullend op de risicoreserveringen in de deelramingen van de specifieke scopeonderdelen.

Scopeonderdeel	Bouw-kosten	Engineering	OBK	Risicovoorz.	Totaal
Ringdijk en ontgraving	3.794	36	-	178	4.008
Pompstation	1.556	48	11	163	1.778
Pompturbines	1.338	-	-	134	1.472
Aansluiting elektriciteitsnet	300	1	-	-	301
Overige voorzieningen en risicoreservering	300	-	-	25	325
<b>Totaal</b>	<b>7.288</b>	<b>85</b>	<b>11</b>	<b>500</b>	<b>7.884</b>

Tabel 1: Samengevoegde raming van de verschillende scopedelen voor het basisontwerp van Delta21 in miljoenen euro's, excl. btw. [001, 012, 014, 016, 017]

### 2.3 Aanvullende functies: waterveiligheid en natuurontwikkeling

Naast de toepassing als duurzame energieopslag beoogt Delta21 een bijdrage te leveren aan een verbeterde hoogwaterveiligheid van de Rijn/Maas-delta en de ontwikkeling van natuur in en rondom de voordelta van het Haringvliet. Deze functies maken geen onderdeel uit van het beoordeelde basisontwerp en de raming van het energieopslagmeer. Delta21 verwacht deze scope in een volgende fase van het project nader uit te werken.

Op hoofdlijnen voorziet Delta21 daarvoor de volgende invulling:

- Het project voorziet een bijdrage aan een verbeterde overstromingsveiligheid. Daarvoor worden aanvullend op het energieopslagmeer een stormvloedkering en overlaat gerealiseerd (zie Figuur 1). Bij hoogwater sluit de stormvloedkering het waterbekken tussen de bestaande Haringvlietdam en het energieopslagmeer af. Met de overlaat wordt overtollig water vanaf het Haringvliet, dat op dat moment niet afgevoerd kan worden naar zee, het energieopslagmeer ingelaten.
  - Voor de doorlaat is een capaciteit van 10.000 m<sup>3</sup>/s voorzien. Het energieopslagmeer kent een bergingscapaciteit van 1.100 Mm<sup>3</sup>. [001] Daarmee is de capaciteit voldoende om zonder pompen voor ongeveer 30 uur een groot deel van de maatgevende rivierafvoer te bergen.
  - Daarnaast kunnen de pompen worden ingezet om water van het energieopslagmeer naar zee af te voeren. Delta21 voorziet voor de pompen een maximale capaciteit van 10.000 m<sup>3</sup>/s<sup>1</sup>. [V-001, V-005] Daarmee kan het energieopslagmeer ook gedurende langere periodes van hoogwater een afvoercapaciteit van 10.000 m<sup>3</sup>/s in stand houden.
  - Met bovenstaande verwacht Delta21 een besparing te verwezenlijken op toekomstige dijkversterkingen die bijv. in het kader van het Hoogwaterbeschermingsprogramma zijn voorzien.
- Delta 21 biedt kansen voor natuurontwikkeling. In de omliggende natuurgebieden staat de biodiversiteit al gedurende langere tijd onder druk, onder meer door natuurlijke processen als verzanding maar ook door het verdwijnen van brakwaterbiotopen in het Haringvliet. Met de aanleg van Delta21 zal in het ondiepe gebied tussen het energieopslagmeer en de Haringvlietsluizen, een getijmeer ontstaan, wat gunstig is voor de vismigratie en het herstel van het oorspronkelijke brakwaterbiotoop. Daarnaast biedt het een

<sup>1</sup> Voor dit totaal van 10.000 m<sup>3</sup>/s is per pomp is een debiet van 100 m<sup>3</sup>/s nodig. Bij kleinere opvoerhoogten is een hoger pompdebiet tot ongeveer 110 m<sup>3</sup>/s mogelijk, maar dan nemen de hydraulische en mechanische verliezen toe. [018]

fundament voor aanvullende maatregelen als: het herstellen van zeegrasweiden en het aanleggen van een vismigratierivier, aquatische terrassen, kunstmatige drijvende platforms met begroeiing en kunstmatige riffen. Hiermee verwacht Delta21 de bestaande Natura2000-gebieden in het plangebied van natuur onder druk naar groeiende natuur te kunnen omzetten.

## 3 Conclusies en aanbevelingen

In dit hoofdstuk presenteren we onze conclusies over het energieopslagmeer (par. 3.1) en de aanvullende functies (par. 3.2) en onze aanbevelingen (par. 3.3). We onderbouwen onze conclusies en aanbevelingen met de bevindingen in Bijlage A.

### 3.1 Conclusie haalbaarheid energieopslagmeer

*Het ontwerp en de uitvoering van het energieopslagmeer achten we technisch haalbaar. Het energieopslagmeer gaat, in vergelijking met andere vormen van energieopslag uit van bewezen technieken met een lange levensduur.*

*De realisatiekosten van het huidige ontwerp schatten wij op € 9,9 mld. en de onderhoudskosten op € 100 mln. per jaar. Dat is ongeveer 25% hoger dan geraamd. De belangrijkste kans voor het vergroten van de economische haalbaarheid van het project is om de combinatie van het oppervlak, de diepte en het geïnstalleerd vermogen van het energieopslagmeer te optimaliseren.*

#### 3.1.1 Scope en prestaties

De scope van het energieopslagmeer is nog niet volledig uitgehard. Niet alle (kosten)bepalende functionele eisen en randvoorwaarden voor het ontwerp zijn bekend. Dat geldt bijvoorbeeld voor de beschikbaarheid van de energieopslag, het valbereik waarover de schutsluis moet functioneren en de hydraulische ontwerprandvoorwaarden. Binnen de eisen ontbreken nog enkele scopeonderdelen zoals een voorziening voor bediening, bewaking, besturing en onderhoud van het energieopslagmeer.

Ten slotte zijn de prestaties van pompturbines overschat wat betreft de vermogens en debieten. Dat heeft negatieve consequenties voor de financiële baten van energieopslagmeer. CE Delft heeft deze impact geanalyseerd (zie Deelrapport 3).

Wel merken we op dat het concept van Delta21 ook waarde heeft als exportproduct, gezien het wereldwijd een hoge toepasbaarheid heeft voor stedelijke gebieden in rivierdelta's.

#### 3.1.2 Ontwerp en uitvoering

Het ontwerp is op hoofdlijnen constructief haalbaar en uitvoerbaar. Het ontwerp voor de ringdijk is robuust. Op de raakvlakken tussen de deelontwerpen zijn echter nog aanpassingen nodig om de integraliteit te borgen. Zo bieden het ontwerp van het pompstation en de ontgraving nog onvoldoende ruimte voor de installatie en operatie van de pompturbines. Daarnaast biedt het ontwerp van het pompstation nog niet voldoende ruimte voor alle faciliteiten benodigd voor de aansluiting op het elektriciteitsnet.

De uitvoeringsprincipes voor de ontgraving en ringdijk, het pompstation, invaren van de vijzels en aansluiten op het elektriciteitsnet zijn gangbaar en achten wij haalbaar. Dat geldt ook voor de bouwfasering, met de aanvulling dat we het haalbaar achten om de realisatie van de scopeonderdelen meer parallel te laten verlopen.

De bouwtijd is op dit moment nog niet bepaald. We achten dat wel nodig voor het betrouwbaar inschatten van de kosten voor de projectorganisatie en de financiering van de investering. Wij schatten de totale bouwtijd, bestaande uit de verkenning, planuitwerking en realisatie, op minimaal 15 jaar. De bouwtijd hangt in grote mate af van de prioriteit die op politiek niveau wordt toegekend aan Delta21.

### 3.1.3 Raming

Wij schatten de realisatiekosten van het huidige ontwerp op € 9,9 mld., met een bandbreedte (P15-P85) van ca. € 6,9 tot € 13,8 mld. Dat is 25% hoger dan geraamd. Tabel 2 toont een overzicht van de verschillen tussen de raming en onze kosteninschatting.

We schatten met name de engineeringkosten en risicoreservering hoger. De ramingen van de scopeonderdelen bevatten engineeringkosten voor nadere ontwerpuitwerking. Kosten voor een overkoepelende projectorganisatie en onderzoeken, metingen en vergunningen ontbreken echter. De risicoreservering schatten we hoger, gegeven de geïdentificeerde onzekerheden, het uitwerkingsniveau van het ontwerp, en de fase van het project. Ontwikkelingen in prijspeil en markt hebben we daar niet in meegenomen.

Ten slotte schatten we de onderhoudskosten op € 100 mln. per jaar, als gevolg van hogere onderhoudskosten voor de civiele werken.

Kostenpost	Raming Delta21	Inschatting Horvat	Toelichting verschil
Bouwkosten	€ 7.288	€ 7.407	-
<i>Ontgraving en ringdijk</i>	€ 3.794	€ 3.844	Verleggen BritNed-kabel
<i>Pompstation</i>	€ 1.556	€ 1.605	Vleugelwanden, NTD, ind. bouwkosten
<i>Pompturbines</i>	€ 1.338	€ 1.338	-
<i>Aansluiting e-net</i>	€ 300	€ 320	Hogere eenheidsprijs tussenstations
<i>Overige voorzieningen</i>	€ 300	€ 300	-
Engineeringkosten	€ 85	€ 753	Projectorganisatie, ontwerp en onderzoek
Overige bijkomende kosten	€ 11	€ 45	Hoger percentage op civiel en e-net
Risicoreservering	€ 500	€ 1.665	Hoger percentage risicoreservering
<b>Investeringskosten (P50)</b>	<b>€ 7.884</b>	<b>€ 9.870</b>	
<b>Onderhoudskosten (p.j.)</b>	<b>€ 60</b>	<b>€ 100</b>	Hogere onderhoudskosten civiele delen

Tabel 2: De raming van Delta21 en de inschatting van Horvat als gevolg van de gekwantificeerde bevindingen. Bedragen zijn in mln.

### 3.1.4 Kansen en risico's

De belangrijkste kans die wij zien voor het vergroten van de economische haalbaarheid van het project is om de combinatie van het oppervlak, de diepte en het geïnstalleerd vermogen van het energieopslagmeer te optimaliseren. Mogelijk ligt het optimum bij een kleiner oppervlak, gezien het overschot in de grondbalans in het huidige ontwerp en het relatief hoge opslagvolume in verhouding tot het maximale debiet.

Daarnaast zien we kansen om de kosten voor de ontgraving en ringdijk te verlagen, door: i) het verwerken van klei(achtige) grondlagen in de ringdijk in plaats van deze af te voeren, ii) met nader onderzoek de eenheidsprijzen voor het baggeren te verlagen en iii) de bouwfaseering te optimaliseren en zodoende lichter materieel in te zetten.

De belangrijkste risico's voor het ontwerp betreffen (het raakvlak tussen) het pompstation en de pompturbines. Zo zien we risico's ten aanzien van: i) de stabiliteit van het pompstation, ii) de effectiviteit van de pompturbines in relatie tot de breedte van de kokers en de hoogte van de instroomopeningen, iii) de scharnierende bevestiging van de pompen aan het kunstwerk, iv) de waterdichte flexibele afdichting rond de pompturbines en v) trillingen van de schuiven. Deze risico's zijn naar verwachting technisch beheersbaar met technische oplossingen, maar kunnen tot hogere kosten leiden. Aanvullend zien we financiële risico's ten aanzien van: i) het verleggen van de BritNed-kabel en ii) kosten voor concessie- of domeinrechten.

### 3.2 Conclusies aanvullende functies

Wij verwachten dat Delta21 een reële bijdrage kan leveren aan het verbeteren van de waterveiligheid in het benedenrivierengebied. Met name in de extremere scenario's voor zeespiegelstijging kan daarmee de noodzaak tot mogelijk ingrijpende dijkversterkingen worden voorkomen. Dat geldt voor het traject van het Haringvliet en, in combinatie met andere maatregelen, ook voor het traject van de Nieuwe Waterweg. Bovendien dragen de stormvloedkering en opslag- en pompcapaciteit van Delta21 bij aan de adaptiviteit van het delta-gebied voor extremere scenario's van klimaatverandering. Er is nader onderzoek op systeemniveau nodig om deze effecten te kwantificeren en met zekerheid vast te stellen.

Voor het realiseren van de bijdrage aan de waterveiligheid voorziet het project een stormvloedkering en overlaat als aanvullende scope. We merken op dat hiervoor ook de ringdijk en het pompstation in dit plan moeten functioneren als primaire waterkering. Het ontwerp van de ringdijk lijkt hiervoor op hoofdlijnen geschikt. Voor het pompstation verwachten we dat aanvullende maatregelen nodig zijn om de stabiliteit en de betrouwbaarheid van sluiting bij stormvloeden te borgen. Verder zijn er mogelijk aanpassingen nodig aan de pompturbines en de energievoorziening om de beschikbaarheid van de pompcapaciteit in relatie tot de waterveiligheid te borgen.

We verwachten dat Delta21 ook een bijdrage kan leveren aan de ecologische waarde in de voordelta doordat het gecreëerde estuarium zich kan ontwikkelen als natuurgebied. De invulling en het effect van deze natuurontwikkeling dient nog nader te worden vastgesteld.

Wel dient te worden onderzocht of en zo ja welke negatieve impact Delta21 heeft op het Natura2000-gebied Voordelta en of deze volledig en aantoonbaar kan worden gecompenseerd. Dit vormt een risico voor de maatschappelijke haalbaarheid van het project.

### 3.3 Aanbevelingen

Op basis van onze bevindingen doen we de volgende aanbevelingen. We hebben deze verdeeld naar aanbevelingen voor deze fase om de technische en economische haalbaarheid van het project vast te stellen en voor een volgende ontwerpfase.

#### *Aanbeveling voor deze fase*

1. Stel de meest bepalende uitgangspunten, functionele eisen en ontwerprandvoorwaarden van het energieopslagmeer vast om zo tot een stabielere basis voor het ontwerp en de raming te komen. Wij denken daarbij in ieder geval aan de beschikbaarheid van de energieopslagfunctie onder verschillende omstandigheden, eisen aan het valbereik van de schutsluis en de hydraulische randvoorwaarden voor de ringdijk en het pompstation. Stel het ontwerp en de raming daar op bij.
2. Pas de ontwerpen aan om de compleetheid en integraliteit daarvan te borgen. Maak daarbij ook een sluitende scopedecompositie.
  - a. Voer een (systems engineering) verificatie op de compleetheid van het systeem uit. Beoordeel of alle componenten om tot een werkend energieopslagsysteem te komen in de scope zijn opgenomen. Vul het ontwerp ten minste aan met een gebouw voor besturing, bediening, bewaking en onderhoud van het energieopslagmeer.
  - b. Pas de ontwerpen van de ringdijk, ontgraving en het pompstation aan, zodat er ruimte is voor de faciliteiten die nodig zijn voor de elektrische aansluiting.
  - c. Verbeter het ontwerp op het raakvlak tussen het pompstation, de pompturbines en de ontgraving. Borg daarmee dat het talud onder het pompstation en de ontgraving voldoende ruimte bieden voor de operatie en installatie van de vijzelpompturbines.

- d. Neem het verleggen van de BritNed-kabel op in het ontwerp en de raming.
3. Actualiseer de ramingen voor de deelscope naar aanleiding van onze bevindingen in Bijlage A.4. Met name de engineeringkosten en risicoreservering vragen bijstellingen om de benodigde werkzaamheden en onzekerheden voldoende te dekken. Stel de studie naar economische haalbaarheid door CE Delft (Deelrapport 3) bij voor het resulterende verschil in aanleg- en onderhoudskosten.
4. Voer een economische optimalisatiestudie uit van de bepalende kenmerken van het meer voor de energieopslagfunctie, zoals: het oppervlakte, de diepte en het geïnstalleerd vermogen. Onderzoek ook optimalisaties in de operatie, bijvoorbeeld door de waterstand alleen over het diepere deel van het meer te laten variëren, dat relatief de meeste energie-inhoud heeft en met de hoogste pompturbine-efficiëntie kan worden benut. Ga daarbij uit van de bijgestelde karakteristieke relaties van de pompturbines voor het vermogen en debiet.
5. Werk voor de aanvullende functies hoogwaterveiligheid en natuurontwikkeling nader uit welke ontwerpaanpassingen nodig zijn aan het ontwerp voor het energieopslagmeer. Stel met nader (systeem)onderzoek vast welke baten daarmee worden bereikt aan: i) besparingen op dijkversterkingen en ii) ecologische waarde van de delta.
6. Onderzoek of en zo ja welke negatieve impact Delta21 heeft op het Natura2000-gebied Voordelta en of deze volledig en aantoonbaar kan worden gecompenseerd. Dit vormt een risico voor de maatschappelijke haalbaarheid van het project.

#### *Aanbevelingen voor een volgende fase*

7. Werk het ontwerp verder uit om de bandbreedte op de raming te verlagen. Neem daarbij in ieder geval de geïdentificeerde risicovolle componenten mee, zoals: i) de stabiliteit van het pompstation, ii) de breedte van de doorstroomkokers en de hoogte van de instroomopeningen van de pompen, iii) de scharnierende aansluiting van de pompturbines op het pompstation, iv) de waterdichte flexibele afdichting en v) de schuiven.
8. Onderzoek of met het nadere ontwerp de geïdentificeerde kansen kunnen worden benut om de kosten van de ringdijk en ontgraving te verlagen, door: i) het verwerken van klei(achtige) grondlagen in de ringdijk in plaats van deze af te voeren, ii) met nader (grond)onderzoek de eenheidsprijzen voor het baggeren te verlagen en iii) de bouwfasering te optimaliseren en zodoende lichter materieel in te zetten.

## Bijlage A Bevindingen

Deze bijlage bevat de gedetailleerde bevindingen van onze bevindingen over het ontwerp en de raming van het energieopslagmeer en de aanvullende functies van Delta21. Deze bevindingen vormen de onderbouwing van de conclusies en aanbevelingen van dit rapport. We hebben onze bevindingen onderverdeeld naar de onderwerpen: 1) scope en prestaties, 2) ontwerp, 3) uitvoeringsmethode, 4) raming, 5) kansen, 6) risico's en 7) aanvullende functies.

### A.1 Scope en prestaties

Deze paragraaf bevat onze bevindingen over de definitie van de scope en de prestaties die het energieopslagmeer dient te behalen, als uitgangspunten voor het ontwerp, de uitvoeringswijze en de raming.

1. De scope is niet op alle onderdelen eenduidig gedefinieerd en compleet. Daardoor ontbreken er onderdelen in het ontwerp en de raming.
  - a. De object breakdown structure (OBS) [002] en het ontwerp [005, 015] bevatten geen voorziening voor de bediening, besturing, bewaking en onderhoud van het energieopslagmeer. Wij achten een dergelijke voorziening wel noodzakelijk om te voorzien in de energieopslagfunctie.
    - i. Het te gebruiken of te leveren vermogen van de pompturbines dient continu te worden afgestemd op de actuele energievraag. Het turbinevermogen wordt bovendien geregeld door het instroomdebiet te regelen met de stand van de schuiven. Dat vraagt om een continue bediening en besturing.
    - ii. Gezien het grote aandeel technische installaties in het ontwerp verwachten wij dat er een groot deel van de tijd onderhoud aan installaties plaats zal vinden. Ook dat vraagt om een voorziening op locatie.
  - b. De OBS van het energieopslagmeer is niet actueel en bevat objecten die geen onderdeel meer maken van de scope. Dat geldt voor de vistrap en het geotextiel scherm. Het ontwerp en de raming bevat deze objecten niet en zijn daarmee wel in lijn met de voorziene scope op deze punten.
    - i. De OBS bevat een vistrap. [002] De vistrap is onderdeel van de plannen voor natuurontwikkeling en maakt geen deel uit van de scope van het energieopslagmeer. [001]
    - ii. De OBS bevat een geotextiel scherm. Betrokkenen geven aan dat er geen geotextiel scherm nodig is, bijvoorbeeld om piping tegen te gaan, en dat deze daarom niet is voorzien in het ontwerp. [V-002, V-003, 002]
2. Niet alle bepalende functionele eisen aan en uitgangspunten voor de scope zijn gedefinieerd en vastgelegd. Dat geldt in ieder geval voor de beschikbaarheid van het energieopslagmeer in combinatie met de capaciteit en debiet, de hydraulische ontwerpvoorwaarden en de functionele eisen aan de schutsluis. Daardoor bestaat de kans dat het ontwerp niet op alle onderdelen invulling geeft aan de beoogde prestaties en de verschillende deelontwerpen niet op elkaar aansluiten. Bovendien heeft de mate van beschikbaarheid invloed op de opbrengsten.
  - a. De beoogde beschikbaarheid van het energieopslagmeer is niet vastgesteld. Daardoor staat niet vast dat de betrouwbaarheid van elementen als de energievoorziening, generatoren, pompen en schuiven in lijn zijn met de te behalen prestaties.
  - b. De maatgevende hydraulische randvoorwaarden aan de zeezijde van het energieopslagmeer zijn niet gedefinieerd. We kunnen niet vaststellen dat verschillende onderdelen van het ontwerp gebaseerd zijn op dezelfde hydraulische randvoorwaarden en

- of deze in lijn zijn met het gewenste overstromingsveiligheidsniveau van het energieopslagmeer.
- c. De functionele eisen aan de te realiseren schutsluis zijn niet gedefinieerd. Zo is het onduidelijk op welke momenten de schutsluis beschikbaar moet zijn voor werkzaamheden t.b.v. de: i) realisatie, ii) onderhoud en iii) inspecties.
3. De prestaties ten aanzien van het te leveren en te verbruiken vermogen zijn overschat, doordat is uitgegaan van te optimistische eigenschappen van de pompturbines. Dat heeft negatieve consequenties voor de opbrengsten van energieopslagmeer.
    - a. Gedurende deze haalbaarheidsstudie is gebleken dat de vermelde karakteristieke relaties tussen vermogen, verval en debiet van de vjzelpompturbines niet reëel zijn. [018]
    - b. Met name het debiet en daarmee de gevraagde en geleverde vermogens bij kleine vervallen zijn overschat.
      - i. De tabel met karakteristieke relaties in Deelrapport 1 [001] gaat uit van debieten tot 200-300 m<sup>3</sup>/s bij de laagste peilverschillen.
      - ii. Betrokken geven aan dat de pompen dergelijk hoge debieten niet kunnen leveren [V-003]. Later aangeleverde karakteristieke relaties voor de pompturbines tonen dat het pompdebiet maximaal 110 m<sup>3</sup>/s bedraagt. [018] Het maximale turbinedebiet is nog niet vastgesteld.
    - c. Daardoor zal het langer duren om de volledige capaciteit van het energieopslagmeer te benutten. Dat heeft negatieve consequenties voor de opbrengsten van het energieopslagmeer. CE Delft heeft de impact hiervan geanalyseerd (zie Deelrapport 3).

## A.2 Ontwerp

Deze paragraaf bevat onze bevindingen over de technische haalbaarheid van het ontwerp en de uitvoering. Waar onze bevindingen impact hebben op de raming, gaan we daar in Paragraaf A.4 op in. Paragrafen A.5 en A.6 gaan in op de kansen en risico's die we bij het ontwerp zien.

4. Het ontwerp van Delta21 achten wij op hoofdlijnen technisch haalbaar. De verbeterpunten die volgen uit onze beoordeling achten wij oplosbaar met nader onderzoek en ontwerp aanpassingen. Wel kunnen deze leiden tot hogere aanleg-, en/of exploitatiekosten (zie Paragraaf A.4 Raming).
5. Het ontwerp van de ringdijk [017] is robuust. De ringdijk fungeert als duin en heeft voldoende afslagvolume nodig om zijn waterkerende functie te vervullen. De kruinhoogte (NAP + 7 m) en de kruinbreedte (100 m) zijn op hoofdlijnen in overeenstemming met duinen aan de Nederlandse kust. De taluds aan de zeezijde (1:50) en meerzijde (1:20) lijken passend om de stabiliteit van het dijklichaam te waarborgen.
6. De genoemde uitgangspunten voor de diepte van het meer in Deelrapport 1 dienen nog in lijn te worden gebracht met de geactualiseerde versie van het ontwerp en de raming.
  - a. Uit de werksessies van onze beoordeling is gebleken dat de diepte van het energieopslagmeer niet over het gehele oppervlak voldoende is. Het ontwerp en de raming zijn daarop geactualiseerd [017]. We zijn in onze beoordeling uitgegaan van deze geactualiseerde versie.
  - b. Het genoemde bodemniveau in Deelrapport 1 (NAP -33 m) sluit nog niet geheel aan op de geactualiseerde versie van het ontwerp en de raming (NAP -29 m en ter hoogte van de pompen NAP -33 m NAP). Dat vraagt daarom nog om een actualisatie van de genoemde uitgangspunten in Deelrapport 1.

7. Het talud onder het pompstation biedt onvoldoende ruimte voor de vijzelpompturbines en drijvers. Naar verwachting zijn aanvullende maatregelen nodig aan de fundering van het pompstation om de stabiliteit van het pompstation te borgen.
  - a. De horizontale afstand van de teen van het talud aan de meerzijde onder de constructie bedraagt minimaal 84 m.<sup>2</sup> Bij de laagste waterstand in het meer zouden de afstand tussen het uiteinde van de vijzel slechts 69 m bedragen.<sup>3</sup> Bovendien nemen ook de drijvers nog ruimte in. Daarmee biedt het ontwerp onvoldoende ruimte voor de vijzels.
8. Bij gelijkblijvende vijzellengte, dient de teen van het talud dichtbij het pompstation te liggen. Het steile talud dat daarvoor nodig zou zijn, verwachten wij zeker in combinatie met uittrekkende kwel onvoldoende stabiel. Alternatief is dat de damwanden een grondkerende functie vervullen. Daarvoor zullen deze naar verwachting zwaarder moeten worden uitgevoerd dan nu voorzien. Ter hoogte van de drijvers van de vijzels lijkt het meer onvoldoende diep om het beoogde verval te kunnen benutten. Dat betekent dat er lokaal een diepere ontgraving nodig is en daardoor mogelijk ook een steiler talud onder het pompstation.
  - a. De instroomopening van de vijzels dienen voor een effectieve operatie voor 50-70% te zijn ondergedompeld. [V-003] De vijzels hebben een diameter van 10 m en liggen dus 5-7 m diep in het water. Daarnaast nemen ook de drijvers nog ruimte in onder de onderzijde van de vijzel. De afmetingen van de drijvers zijn nog niet ontworpen; we verwachten dat de ruimte die de drijvers nodig hebben en daarmee de afstand tussen onderzijde van de vijzel en bodem meerdere meters bedraagt.
  - b. De laagste operationele waterstand in het energieopslagmeer is NAP -28 m. De bodem van het energieopslagmeer is voorzien op NAP -33 m. Dat betekent dat de drijvers bij de laagste waterstand de bodem raken en de vijzelopening onvoldoende is ondergedompeld om effectief te pompen. De waterdiepte ter plaatse van de vijzels lijkt daarmee onvoldoende.
  - c. We verwachten daarom dat er in ieder geval lokaal een diepere ontgraving nodig is. Dat resulteert mogelijk ook in een (nog) steiler talud onder het pompstation (zie vorig punt 7).
9. De ontwerpen voor het pompstation en de ringdijk voorzien niet in alle faciliteiten die nodig zijn om de pompturbines aan te sluiten op het elektriciteitsnet. Dat vraagt om aanpassingen van het ontwerp.
  - a. De aansluiting van de pompturbines aan het elektriciteitsnetwerk loopt via bekabeling naar een tussenstation per tien pompturbines en een hoofdstation naar het aansluitpunt aan het elektriciteitsnet op de Tweede Maasvlakte. [016]
  - b. Het ontwerp bevat nog niet alle elementen die nodig zijn om deze aansluiting te realiseren. We missen:
    - i. ruimte voor bekabeling op het pompstation. We schatten in dat er een kabelgoot van 3 x 3 m<sup>2</sup> over de gehele lengte van het pompstation nodig is. [V-005]
    - ii. een plateau voor ieder tussenstation (tien in totaal) buiten het bereik van het zeewater van ongeveer 30 x 20 m<sup>2</sup> die ruimte biedt voor de transformator en aansluitende velden. [V-005]

<sup>2</sup> De onderkant van het pompstation aan de meerzijde op NAP -12 m. De bodem van het energieopslagmeer ligt op NAP -33m. Het talud aan de meerzijde heeft een helling van maximaal 1:4. Dat betekent dat de horizontale afstand tussen het pompstation en de teen van het talud minimaal  $4 \cdot (-12 - (-33)) = 84$  m bedraagt.

<sup>3</sup> De as van de pompturbines is op NAP +0,75 m aan het pompstation bevestigd en is aan de meerzijde ongeveer gelijk aan de waterstand. Het laagste waterpeil in het meer is NAP -28 m. De vijzels kennen een totale lengte van 81,4 m, waarvan circa 7 m binnen het pompstation en dus 74,4 m uitsteekt boven het meer. Bij maximaal verval bedraagt de horizontale afstand van de vijzel buiten het pompstation daarmee circa  $\sqrt{(74,4^2 - 28,75^2)} = 69$  m.

- iii. ruimte voor het hoofdstation op de ringdijk. We verwachten dat er een oppervlak van circa 1 ha nodig is. [V-005] Het hoofdstation is onderdeel van het ontwerp voor de aansluiting aan het elektriciteitsnet.

### A.3 Uitvoering

We hebben een beoordeling uitgevoerd van de technische haalbaarheid van het ontwerp en de uitvoering. Deze paragraaf bevat onze bevindingen over de uitvoering. We gaan in op de bouwmethoden, bouwfaserings en bouwtijd. Waar onze bevindingen impact hebben op de raming, gaan we daar in Paragraaf A.4 op in. Paragrafen A.5 en A.6 gaan in op de kansen en risico's die we bij de uitvoering zien.

10. De uitvoeringsprincipes voor de ontgraving en ringdijk, het pompstation, invaren van de vjzels en aansluiten op het elektriciteitsnet zijn gangbaar en achten wij haalbaar.
  - a. De ontgraving en ringdijk worden gerealiseerd door middel van baggeren en dumpen en opspuiten van zand. De maximale diepte van het energieopslagmeer ligt binnen het bereik van typisch baggermaterieel. Bij de nadere uitwerking in een volgende fase van het project vraagt met name het sluiten van de ringdijk nog aandacht en mogelijk aanvullende maatregelen:
    - i. Het oppervlakte van het energieopslagmeer is relatief groot (42 km<sup>2</sup>). Bij het sluiten van het laatste deel van de ringdijk kunnen daardoor relatief grote waterstandsverschillen optreden als gevolg van het getij. Dat resulteert ook in relatief grote stroomsnelheden in het resterende sluitgat tussen het energieopslagmeer en de zee. Dat kan het sluiten van de ringdijk compliceren.
    - ii. Het sluiten van de ringdijk is niet uitgewerkt. Mogelijk zijn aanvullende maatregelen nodig om de ringdijk bij hogere stroomsnelheden te kunnen sluiten, zoals het dumpen van stortsteen in plaats van het opspuiten van zand. De raming houdt geen rekening met dergelijke maatregelen.
  - b. Het pompstation wordt gerealiseerd in een open bouwkuip in de gerealiseerde ringdijk. Er zijn damwanden en compartimentering voorzien om de instroom naar de bouwkuip te beperken. Wij achten dit uitvoeringsprincipe haalbaar.
  - c. De pompturbines worden ingevaren met dokken. We achten dit uitvoeringsprincipe haalbaar. Wel dient er in de bouwfaserings rekening mee te worden gehouden dat er hiervoor voldoende ruimte rond het pompstation is gemaakt (zie volgende punt 11).
  - d. Voor het realiseren van het elektriciteitsnetwerk is nog geen uitvoeringsprincipe uitgewerkt. We zien echter geen nadrukkelijk complexe aspecten ten aanzien van de realisatie die voor dit type scope al in deze fase vragen om nadere uitwerking.
11. De bouwfaserings achten we haalbaar, met twee verbeterpunten ten aanzien van het parallel uitvoeren van werkzaamheden tijdens de realisatie van het pompstation.
  - a. De bouwfaserings bestaat uit de volgende werkzaamheden: i) baggeren en opspuiten ringdijk, ii) realisatie schutsluis en de helft van het pompstation, iii) inhangen van de helft van de pompturbines en parallel realisatie tweede helft pompstation, iv) inhangen van de tweede helft pompturbines, v) afronden grondwerk rond pompturbines, vi) realisatie elektrische installatie en aansluiting op het elektriciteitsnet, vii) testen, proefdraaien en training. [V-001, 001]
  - b. Realisatie van de elektrische installatie en aansluiting op het elektriciteitsnet is voorzien na de realisatie van het volledige pompstation met alle pompturbines. Het testen van de pompturbines is dan pas mogelijk als alle pompturbines zijn geïnstalleerd. Ter beheersing van het risicoprofiel van het project achten we het nodig om het functioneren van elke individuele pompturbine na installatie in het werk direct te testen (een site acceptance test of SAT). Daarvoor dienen het pompstation, pompturbines en de elektrische turbines parallel te worden uitgevoerd, bijvoorbeeld per

set van vier pompturbines.<sup>4</sup> We merken hierbij op dat de SAT's slechts een deel van benodigde testen vormen.

- i. Wij zouden verwachten dat fabrikanten voor levering de werking van componenten van de pompturbines in een factory acceptance test (FAT) valideren. Dit type testen vergt geen aanpassingen in de bouwfasering.
  - ii. Na installatie van meerdere pompturbines vinden system integration tests (SIT) plaats. Ook deze testen vragen geen aanpassingen in de bouwfasering.
  - c. Afronden van grondwerk rond de pompturbines is nu voorzien na inhangen van de pompturbines. We verwachten dat het nodig is om parallel aan het realiseren van de pompstations al baggerwerkzaamheden uit te voeren om zo voldoende ruimte te maken voor het invaren van de pompturbines. De installatie van de pompturbines op het pompstation is voorzien met een drijvend dok. Het profiel van de tijdelijke ringdijk voor de realisatie van het pompstation kent tussen NAP +5 m en NAP -4 m een helling van 1:40, net zoals de andere ringdijktrajecten. Daarmee is er naar verwachting onvoldoende diepte om met het droogdok voldoende dichtbij het gerealiseerde pompstation te komen. Daarvoor dienen eerst baggerwerkzaamheden plaats te vinden.
12. De bouwtijd van het energieopslagmeer is niet gerapporteerd. In deze fase is in ieder geval een grofmazige inschatting van de bouwtijd nodig, omdat dit een belangrijke factor is voor economische haalbaarheid van het project. Wij schatten de totale bouwtijd, bestaande uit de voorbereiding en realisatie, op minimaal 15 jaar.
- a. De bouwtijd is relevant voor de economische haalbaarheid van het project. De bouwtijd is namelijk een bepalende factor: i) voor de kosten van de projectmanagementorganisatie en ii) het moment waarop het energieopslagmeer (maatschappelijke) baten zal leveren. De bouwtijd bestaat uit de voorbereidingstijd (verkenning-fase en planuitwerkingsfase) en de realisatietijd.
    - i. Gedurende de totale bouwtijd is een projectorganisatie nodig die het project aanstuurt. De bouwtijd bepaalt dus voor een groot deel de kosten van deze organisatie.
    - ii. Gedurende de realisatie doet het project investeringen zonder dat daar baten tegenover staan. De financieringskosten lopen op naarmate de realisatie langer duurt.
  - b. Deelrapport 1 gaat niet in op de tijdsduur van de voorbereiding. Wij beoordelen Delta21 qua voorbereidingstijd als een bovengemiddeld complex en daardoor tijdrovend project. We schatten de voorbereidingstijd daarvoor in de orde van 7-10 jaar.
    - i. Delta21 vraagt bovengemiddeld veel voorbereidingstijd, omdat: i) het energieopslagmeer middenin een Natura2000-gebied gepland is, waardoor relatief veel studies, onderzoeken en (milieueffect)rapportages nodig zijn, ii) in Nederland nog nooit een vergelijkbaar project is uitgevoerd, wat de besluitvorming waarschijnlijk vertraagt, en iii) de BritNed-kabel een aanzienlijke complicerende factor is.
    - ii. We schatten de doorlooptijd van de verkenning-fase en planuitwerkingsfase op gezamenlijk in de orde 10 jaar. Mogelijk is een verkorting daarvan tot circa 7 jaar mogelijk, wanneer er politieke prioriteit aan het project wordt gegeven, en daarmee bijvoorbeeld vergunningstrajecten versneld worden. Bij deze inschatting houden we geen rekening met extreme onvoorziene omstandigheden, of vertragingen als gevolg van juridische procedures.

---

<sup>4</sup> N.B.: Ook bij het parallel realiseren van pompstation, pompturbines en de elektrische aansluiting is testen van de pompen over het gehele vervalbereik van het energieopslagmeer pas mogelijk na sluiten van de ringdijk.

- c. Deelrapport 1 [001] beschrijft de bouwfaserings, maar noemt daar geen doorlooptijden bij. Wij schatten de totale realisatie gegeven de huidige bouwfaserings in op ca. 8 jaar.
  - i. De bouwfaserings start met de ontgraving van het energieopslagmeer en de realisatie van de ringdijk. O.b.v. het ontwerp en raming voor de ontgraving en de aanleg van de ringdijk gaan wij uit van een uitvoeringstijd voor deze scope van ongeveer 6 jaar.<sup>5</sup> [017]
  - ii. Na realisatie van de ringdijk start de realisatie van het pompstation en inhangen van de pompen. De betrokkenen hebben hiervoor geen inschatting gegeven. Op basis van referenties, zoals de realisatieplanning van een doorlaatmiddel in de Brouwersdam, schatten we de uitvoeringstijd van het pompstation in op circa 4 jaar.
  - iii. De bouwfaserings gaat ervan uit dat de bouw van het pompstation pas start na volledige realisatie van de ontgraving en ringdijk. Wij achten het echter reëel om een deel van deze realisatie parallel uit te voeren. Daarvoor zou bijvoorbeeld eerst het deel van de ringdijk tot aan het pompstation kunnen worden gerealiseerd, of kan eerst een ringdijk met beperkt hoogte (zie ook bevinding 30) worden gerealiseerd. We verwachten dat daarmee ongeveer 2 jaar van de uitvoering van deze twee scopedelen parallel kan verlopen.
- d. Gegeven de inschatting van de voorbereidingstijd en de realisatietijd, schatten we de totale bouwtijd op 15-20 jaar. We merken daarbij op dat de totale bouwtijd in grote mate afhangt van de prioriteit die de politiek aan die plan toekent.

## A.4 Raming

Op verschillende punten schatten wij de kosten voor het energieopslagmeer anders dan Delta21. Wij bouwen onze inschatting van de kosten op vanuit de in Paragrafen A.2 en A.3 genoemde benodigde aanpassingen met een effect op de bouwkosten. Vervolgens bepalen we op basis van de bouwkosten die we inschatten de: overige bijkomende kosten, engineering en de risicoreservering. We beginnen iedere paragraaf met een overzicht van de impact van onze bevindingen op de raming.

### *Bouwkosten*

De ramingen voor de pompturbines en de aansluiting op het elektriciteitsnet zijn gebaseerd op eenheidsprijzen op het niveau van de voorziene bouwkosten. Die ramingen maken daarom geen onderscheid tussen benoemde bouwkosten, nader te detailleren (NTD) en indirecte bouwkosten. De raming van het pompstation en de ringdijk en ontgraving bevatten deze kostenposten wel. We gaan daarom in onze bevindingen ook expliciet op die posten in.

---

<sup>5</sup> De raming van de ontgraving en baggerscope rekent een inzet van 314 weken of 6 jaar voor: i) crew vessels, support vessels en landmaterieel. Het baggerschip dat het langste wordt ingezet, kent een voorziene inzet van 279 weken of iets meer dan 5 jaar. Daarom gaan wij uit van een minimale bouwtijd van 6 jaar voor de ontgraving en baggerscope. Betrokken hebben bij de bespreking van het conceptrapport aangegeven de uitvoeringstijd mogelijk korter te schatten.

Scopedeel	Raming Delta21	Inschatting Horvat	Toelichting verschil
Ontgraving en ringdijk	€ 3.794	€ 3.844	-
<i>Benoemde bouwkosten</i>	€ 3.313	€ 3.363	Verleggen BritNed-kabel (punt 16)
<i>Nader te detailleren</i>	€ 178	€ 178	-
<i>Indirecte bouwkosten</i>	€ 303	€ 303	-
Pompstation	€ 1.556	€ 1.605	-
<i>Benoemde bouwkosten</i>	€ 1.001	€ 1.013	Hogere hoeveelheid vleugelwanden (punt 14)
<i>Nader te detailleren</i>	€ 103	€ 203	Hoger perc. NTD (punt 18)
<i>Indirecte bouwkosten</i>	€ 452	€ 389	Lager perc. indirecte bouwkosten (punt 19)
Pompturbines	€ 1.338	€ 1.338	-
Aansluiting e-net	€ 300	€ 320	Hogere eenheidsprijs tussenstations (punt 15)
Overig	€ 300	€ 300	Verleggen Britnedkabel (punt 16)
<b>Totale bouwkosten</b>	<b>€ 7.288</b>	<b>€ 7.407</b>	-
Niet gekwantificeerde bevindingen		n.t.b.	Aanpassingen ontwerp en uitvoering (punt 13), onderbouwing stelpost voorzieningen (punt 17)

Tabel 3: Overzicht van de impact van onze bevindingen op de voorziene bouwkosten van Delta21 in mln. De impact van een aantal bevindingen dient te blijken uit nader ontwerp of ander vervolgonderzoek.

13. We hebben in de vorige paragrafen een aantal verbeterpunten genoemd voor het ontwerp en de uitvoering. De daarop benodigde aanpassingen leiden naar verwachting tot hogere aanlegkosten in de raming. De exacte meerkosten dienen te volgen uit een herontwerp van deze aspecten en kunnen wij daardoor niet vaststellen.
- Dit betreft: i) het talud onder het pompstation in relatie tot het ruimtegebruik van de pompturbines (punt ) en ii) de diepte van het meer ter hoogte van de pompturbines (punt ) en iii) de sluiting van de ringdijk (punt ).
  - De ontbrekende faciliteiten voor het aansluiten van de pompturbines op het elektriciteitsnet (punt ) dient ook te volgen uit nader ontwerp, maar hebben we wel meegenomen in het percentage nader te detailleren voor onze inschatting van de bouwkosten.
14. De hoeveelheden van de landhoofden bij het pompstation zijn onderschat. Als gevolg daarvan schatten we de kosten ongeveer € 12 mln. hoger in dan geraamd.
- De raming gaat uit van vleugelwanden per landhoofd van 300 m lang met een gemiddelde hoogte van 33,5 m. Voor beide landhoofden komt dat neer op een oppervlakte van 20.100 m<sup>2</sup>.
  - Wij schatten op basis van het bodemprofiel bij het pompstation en de ringdijk schatten we in dat per landhoofd minstens 20.000 m<sup>2</sup> vleugelwand nodig is om een passende aansluiting op het raakvlak te realiseren, oftewel 40.000 m<sup>2</sup> voor beide landhoofden.
  - Uitgaande van de eenheidsprijs van € 590/m<sup>2</sup> onderschat de raming de kosten voor de vleugelwanden daarmee met ongeveer € 12 mln.
15. De kosten voor de tussenstations in het ontwerp van de aansluiting op het elektriciteitsnetwerk zijn met € 20 mln. onderschat.
- De kosten voor de tien tussenstations (23kV-150kV transformator incl. behuizing) zijn geraamd op € 2 mln. per stuk. Naar aanleiding van de werksessies hebben de betrokkenen aangegeven dat deze kostprijs te laag is. De betrokken schatten de kosten op € 4 mln. per tussenstation. [V-004]

- b. De bouwkosten van de tien tussenstation stijgen daarmee met € 20 mln.
16. De raming voor de ontgraving en ringdijk bevat geen kosten voor het verleggen van de BritNed-kabel. Het project zal de kabel te verleggen om de ringdijk en ontgraving te kunnen realiseren. We schatten de kosten daarvan in op minstens € 50 mln.
- a. De BritNed-kabel is een 1 GW hoogspanningskabel tussen Groot-Brittannië en Nederland. De kabel komt bij MV2 aan land en loopt dwars door het plangebied van Delta21. [V-001]
  - b. Om Delta21 te realiseren dient de kabel te worden verlegd. Vermoedelijk komt de kabel in de nieuwe situatie aan land bij Delta21 om over de ringdijk van Delta21 naar MV2 te lopen.
  - c. Op basis van expert judgement schatten we de kosten op minstens € 50 mln. We merken op dat de kosten van deze operatie nog een grote onzekerheid kennen. We hebben dat nader toegelicht onder risico's (zie bevinding 35).
  - d. Delta21 heeft een kwalitatief risico opgenomen in het risicodossier [008] over conditionering (risico 12), waarmee ook het verleggen elektriciteitskabels zoals de BritNed-kabel is afgedekt. Wij beschouwen het verleggen van de BritNed-kabel echter als scope, gezien de zekerheid dat deze werkzaamheden nodig zijn.
17. De kosten voor de aanleg van de schutsluis, de ringweg, steiger en andere infrastructuurele voorzieningen (€ 300 mln.) zijn niet onderbouwd. We kunnen niet vaststellen dat met deze post alle scope voldoende afdekt.
- a. Betrokkenen schatten de aanleg van een schutsluis in op € 60 mln. [V-003] Deze stelpost is niet nader onderbouwd. De kosten van deze sluis hangen sterk af van de functionaliteiten die deze moet bieden. Zo schatten wij de kosten veel hoger wanneer de sluis over het volledige vervalbereik op het meer (van -28 m NAP tot -3 m NAP) operationeel dient te zijn. Dergelijke functionele eisen zijn nog niet gespecificeerd (zie bevinding 2). Wij kunnen daarom niet vaststellen of deze kosten passend zijn.
  - b. Er is niet gespecificeerd hoe het resterend deel van de stelpost (€ 240 mln.) is verdeeld over de overige scopedelen (de ringweg, steiger en andere infrastructuurele voorzieningen). Bovendien ontbreekt een ontwerp voor deze scope. Wij kunnen daarom niet vaststellen of deze stelpost passend is.
18. We schatten de nader te detailleren bouwkosten (NTD) in de raming van het pompstation € 100 mln. hoger in. Voornaamste reden daarvoor is dat de bekabeling en behuizing voor de aansluiting aan het elektriciteitsnetwerk nog niet geraamd zijn.
- a. De raming bevat een opslag van ca. 10% op de benoemde bouwkosten voor nader te detailleren. De bouwkosten voor nader te detailleren bedragen daarmee ca. € 103 mln.
  - b. Bij dit detailniveau van de raming zouden we een percentage nader te detailleren tussen de 15 en 20% verwachten. Gezien de kosten voor het aansluiten op het elektriciteitsnet nu nog geheel ontbreken (zie bevinding 7), achten we een percentage nader te detailleren aan de bovenkant van deze bandbreedte passend.
  - c. Een percentage van 20% resulteert in ca. € 200 mln. aan nader te detailleren bouwkosten. Dat is ca. € 100 mln. hoger dan geraamd. Daarbij hebben we het effect van onze bevindingen op de benoemde bouwkosten als grondslag van dit percentage meegenomen (punt 14).

19. De raming van de ringdijk en ontgraving bevat een reëel percentage voor NTD. De raming rekent met 5% NTD over de directe bouwkosten en dat achten we een passend percentage, gegeven de scope.
20. We schatten de indirecte bouwkosten van het pompstation € 70 mln. lager in. Een deel hiervan betreft een verschuiving naar engineeringkosten en OBK.
- De raming van het pompstation rekent ca. € 450 mln. aan indirecte bouwkosten. Dat is ongeveer 40% van de directe kosten van € 1.104 mln. (€ 1.001 + € 103). Hierbij rekenen we de opslagen voor algemene kosten en winst mee. De indirecte bouwkosten bedragen ca. € 450 mln.
  - Wij schatten het percentage voor de indirecte bouwenkosten lager. We gaan op basis van recente referentieprojecten voor onze inschatting uit van 32%. Dat resulteert in indirecte bouwkosten van ca. € 390 mln. Dat is € 60 mln. lager dan geraamd. Daarbij hebben we het effect van onze bevindingen op de directe bouwkosten als grondslag van dit percentage meegenomen (punten 14 en 18).
  - We merken hierbij op dat deze verlaging mogelijk deels een verschuiving betreft naar engineeringkosten en OBK, doordat wij van een andere definitie voor deze kostensoorten en bijbehorende uitgaan (wij gaan uit van de SSK-systematiek). Uit bevindingen 22 en 23 blijkt dat wij de kosten voor OBK en engineering substantieel hoger inschatten.
21. We achten de indirecte bouwkosten van de ringdijk en ontgraving voldoende onderbouwd. De raming geeft inzicht in het benodigde materieel en de doorlooptijd van de inzet. Deze onderbouwing lijkt ons op hoofdlijnen reëel.

#### Overige bijkomende kosten

	Raming Delta21	Inschatting Horvat					
	Totaal	Totaal	Baggeren	Pompstation	Pompen	E-net	Overig
Voorziene bouwkosten	€ 7.288	€ 7.407	€ 3.844	€ 1.605	€ 1.338	€ 320	€ 300
OBK	0,2%	0,6%	0%	2%	0%	2%	2%
	€ 11	€ 45	€ -	€ 32	€ -	€ 6	€ 6

Tabel 4: Impact van bevinding 22 over de geraamde voorziene OBK in mln.

22. We schatten de overige bijkomende kosten (OBK) in de raming van de civiele scope (het pompstation en overige infrastructuur) en de aansluiting op het elektriciteitsnet € 34 mln. hoger in dan geraamd.
- De raming van het pompstation gaat uit van € 11 mln. (oftewel ong. 1%) van de bouwkosten voor OBK. De raming van de aansluiting op het elektriciteitsnet rekent geen kosten voor OBK.
  - Wij schatten de OBK op basis van ervaringsgetallen in op 2% van de bouwkosten. Dat resulteert in € 32 mln. voor het pompstation en € 6 mln. voor zowel de aansluiting op het elektriciteitsnet als overige civiele scope. Dat is in totaal € 34 mln. hoger dan geraamd. We gaan daarbij uit van hogere voorziene bouwkosten als gevolg van de voorgaande bevindingen.

## Engineering

	Raming Delta21	Inschatting Horvat					
	Totaal	Totaal	Baggeren	Pompstation	Pompen	E-net	Overig
Voorziene bouw- kosten	€ 7.288	€ 7.407	€ 3.844	€ 1.605	€ 1.338	€ 320	€ 300
Overkoepelend	-	4,1%	4%	6%	2%	2%	6%
Ontwerp	1,2%	6,1%	6%	9%	3%	3%	9%
Totaal	1,2%	10,2%	10%	15%	5%	5%	15%
	€ 85	€ 753	€ 384	€ 241	€ 67	€ 16	€ 45

Tabel 5: De impact van bevinding 23 op de geraamde voorziene engineeringkosten in mln.

23. We schatten de totale engineeringkosten € 668 mln. hoger dan geraamd. We houden daarbij rekening met ontwerpwerkzaamheden en kosten voor de projectorganisatie en onderzoeken.
- a. De kostenramingen van de verschillende scopedelen bevatten in totaal € 85 mln. aan kosten voor ontwerpwerkzaamheden ter nadere uitwerking van de huidige ontwerpen. De ramingen bevatten geen kosten voor projectbrede engineering (zoals onderzoeken, metingen, vergunningen) en de projectmanagementorganisatie.
  - b. Wij schatten de totale engineeringkosten op € 753 mln. Daarbij houden we rekening met: i) overkoepelende kosten voor o.a. de projectorganisatie vanaf de verkenningsfase t/m de uitvoeringsfase, en de bijbehorende onderzoeken en (milieu)effectrapportages, en ii) kosten voor ontwerpwerkzaamheden per scopedeel. We komen tot deze kosten door per scopeonderdeel een percentage engineeringkosten in te schatten op basis van ervaringsgetallen, waarbij we ook rekening houden met de overkoepelende werkzaamheden.
    - i. Voor de te baggeren scope schatten wij de totale engineeringkosten in op 10% van de voorziene bouwkosten.
    - ii. Voor de civiele delen (pompstation en overige civiele delen zoals de schutsluis en andere infra) schatten wij de totale engineeringkosten op 15% van de voorziene bouwkosten.
    - iii. Voor de pompturbines en de aansluiting op het elektriciteitsnet schatten we dat de totale ontwerpkosten op ong. 5% in.
    - iv. Op basis van de voorziene bouwkosten uit de ramingen (inclusief het effect van onze bevindingen) komen we daarmee tot een totaal aan engineering van € 753 mln. Dat is gemiddeld een percentage van ong. 10% van de voorziene bouwkosten van € 7.407 mln.
  - c. We verwachten dat de totale engineeringkosten van 10% voor ong. 4% bestaan uit overkoepelende kosten. De andere 6% is bestemd voor ontwerpwerkzaamheden.
    - i. De benodigde overkoepelende kosten voor o.a. de projectorganisatie, onderzoeken en (milieu)effectrapportages schatten wij op 0,2-0,3% van de voorziene bouwkosten per jaar. Met minimaal 15 jaar totale bouwtijd (zie punt 12) komt dat neer op ong. 4% van de engineeringkosten.
    - ii. Door de overkoepelende kosten naar dezelfde verhouding (4/6) over de deelprojecten om te slaan, komen we tot overkoepelende kosten van: i) 4% van de te baggeren scope, ii) 6% voor de civiele delen, en iii) 2% voor de pompturbines en de aansluiting op het elektriciteitsnet. De ontwerpkosten zijn dan: i) 6% van de te baggeren scope, ii) 9% voor de civiele delen, en iii) 3% voor de pompturbines en de aansluiting op het elektriciteitsnet.

- d. Onze inschatting van de percentages voor engineering liggen lager dan typische kengetallen. Deze inschatting is lager als gevolg van de omvang van het werk en het repetitieve karakter van het ontwerp.

#### Risicoreservering

	Raming Delta21		Inschatting Horvat				
	Totaal	Totaal	Baggeren	Pompstation	Pompen	E-net	Overig
Voorziene kosten	€ 7.384	€ 8.205	€ 4.228	€ 1.878	€ 1.405	€ 342	€ 351
Risicoreservering	6,8%	20,3%	20%	25%	15%	15%	25%
	€ 500	€ 1.665	€ 846	€ 470	€ 211	€ 51	€ 88

Tabel 6: De impact van bevinding 24 op de risicoreservering.

24. Gezien de onzekerheden en risico's in het ontwerp en de raming achten we een risicoreservering van € 1.665 mln. passend. Dat is ongeveer € 1.200 mln. hoger dan geraamd. Hierbij houden we naast wijzigingen in nadere detaillering ook rekening met wijzigingen in uitgangspunten of functionele eisen. Deze risicoreservering dekt geen kosten voor prijspeilontwikkelingen en markteffecten.
- De raming bevat een totale risicoreservering van € 500 mln. Deze is opgebouwd uit risicoreserveringen in deelramingen en een overkoepelende reservering. De betrokkenen geven aan dat de geraamde risicoreservering bedoeld is om tegenvallers bij nadere detaillering van het ontwerp te dekken. [V-002, V-003, V-004, V-005]
  - Wij zien aanvullend daarop risico's ten aanzien van bijvoorbeeld ontwerpuitgangspunten, de raakvlakken van de verschillende deelontwerpen en vertraging van het project. Gegeven deze onzekerheden, het uitwerkingsniveau van het ontwerp en de fase van het project achten wij een totale risicoreservering passend van: i) 25% voor de civiele scope, ii) 20% voor de baggerwerkzaamheden en iii) 15% voor de pompturbines en de aansluiting aan het elektriciteitsnet. Dat resulteert gemiddeld in een integrale risicoreservering van 20% van de voorziene kosten, oftewel € 1.665 mln. Dat is ong. € 1.200 mln. hoger dan geraamd. We gaan daarbij uit van de voorziene kosten waarin we de effecten meenemen van voorgaande bevindingen over de bouwkosten, OBK en engineering.
  - Deze risicoreservering bevat geen kosten voor ontwikkelingen in prijspeil en markteffecten. Over de periode van verkenning, planstudie en realisatie kunnen prijspeilontwikkelingen substantieel zijn.

#### Bandbreedte

	Raming Delta21			Inschatting Horvat		
	P15	P50	P85	P15	P50	P85
Investeringskosten	€ 5.913	€ 7.884	€ 9.856	€ 6.909	€ 9.870	€ 13.818
	-25%		25%	-30%		40%

Tabel 7: De impact van onze bevindingen op de bandbreedte in mln. We drukken de bandbreedte uit als het verschil tussen het P15 (de werkelijke kosten liggen met 15% zekerheid op dit bedrag) en de P85 (de werkelijke kosten liggen met 85% onder dit bedrag). Dat betekent dat de investeringskosten met een zekerheid van 70% (85-15) binnen de bandbreedte vallen.

25. De ingeschatte VC van het project van 20-25% achten we een onderschatting van de onzekerheid in de ramingen. Wij achten een bandbreedte van -30% tot +40% reëel.
- Deelrapport 1 schat de bandbreedte van de kosten op maximaal 25%. Een nadere onderbouwing hiervan ontbreekt. [001]

- b. Wij schatten de bandbreedte op -30% tot +40% in. Daarbij houden we rekening met het totaal onzekerheden in het project (exclusief prijspeilontwikkeling, zie vorig punt). We beschouwen deze bandbreedte als het 70% betrouwbaarheidsinterval. De P15-waarde van de kosten bedraagt daarmee ca. € 6,9 mld. en de P85-waarde € 13,8 mld. We baseren ons op de investeringskosten inclusief het effect van voorgaande bevindingen.
- i. De bandbreedte op de kosten is hoog vanwege de grote onzekerheden in het project en het ontwerp. Zo zien we nog diverse optimalisatiekansen en risico's (zie Bijlage A.5 en A.6). Bovendien is nog weinig informatie beschikbaar over de bodemgesteldheid van het plangebied, de hydraulische randvoorwaarden, de vergunningverlening, domeinrechtenvrijstelling, duurzaamheidseisen, gefaseerde of versnelde ingebruikname en de invulling van aanvullende functies.
  - ii. We achten de waarde van mogelijke tegenvallers in het ontwerp, onderzoeken en uitvoering groter dan die van (optimalisatie)kansen. Dat leidt tot een scheve verdeling van de bandbreedte naar boven.
  - iii. We merken op dat gedurende de looptijd van dit haalbaarheidsonderzoek nog relatief grote wijzigingen in de investeringskosten hebben plaatsgevonden. De omvang van die wijzigingen onderbouwt de grote bandbreedte op de kosten. Bovendien hadden de wijzigingen de tendens om de prijs op te drijven, wat wijst op een scheve verdeling bandbreedte naar boven.
  - iv. In een volgende fase kan de bandbreedte worden berekend aan de hand van een probabilistische raming.

#### Onderhoudskosten

Met onderhoudskosten bedoelen we de kosten voor: i) beheer en onderhoud en ii) vervanging en renovatie. We gaan daarbij uit van de kosten die nodig zijn om de infrastructuur in stand te houden gedurende de levensduur van het energieslagmeer (100 jaar). We rekenen dus geen vervangingskosten bij einde levensduur.

Onderhoudskosten per jaar	Raming Delta21	Inschatting Horvat
Kustsuppleties en duinonderhoud	€ 9	€ 9 (niet getoetst)
Werktuigbouwkundige onderdelen	€ 15	€ 15
Civiele onderdelen	€ 5	€ 56
Aansluiting elektriciteitsnet	€ 5	€ 5
Ongedefinieerde scope	€ 15	-
Onvoorzien	€ 10	€ 15
<b>Totaal</b>	<b>€ 60</b>	<b>€ 100</b>

Tabel 8: De impact van onze bevindingen op de onderhoudskosten per jaar in miljoenen euro's.

26. We schatten de onderhoudskosten op € 100 mln. per jaar. Dat is ca. € 40 mln. hoger dan geraamd. Het verschil zit in de onderhoudskosten voor de civiele scope, die wij beïndrukt hoger inschatten dan Delta21.
- a. De projectorganisatie heeft de onderhoudskosten geraamd op gemiddeld ca. € 60 mln. per jaar. Daarbij laten we de kosten voor exploitatie buiten beschouwing. De kosten zijn op hoofdlijnen als volgt opgebouwd:
    - i. € 9 mln. per jaar voor kustsuppleties en duinonderhoud. Delta21 geeft aan zich voor deze kosten te baseren op bestaande kustsuppleties en duinonderhoud. Wij hebben die kosten niet getoetst.
    - ii. € 15 mln. per jaar voor onderhoud van werktuigbouwkundige onderdelen en één keer de tussentijdse vervanging van die onderdelen.

- iii. € 5 mln. per jaar voor het onderhoud van civiele onderdelen.
- iv. € 5 mln. per jaar voor het onderhoud en tussentijdse vervanging van de aansluiting op het elektriciteitsnet.
- v. € 15 mln. ongedefinieerde scope.
- vi. € 10 mln. onvoorzien.

De raming bevat circa € 16 mln. voor overige activiteiten als operations en management, gebouwbeheer en verzekeringen. Deze exploitatiekosten vallen buiten de scope van onze beoordeling en rekenen we hier daarom niet mee.

- b. De geraamde kosten voor onderhoud en tussentijdse vervanging achten wij op hoofdlijnen reëel. Wij schatten een aantal posten lager of hoger.
  - i. De onderhoudskosten van de civiele delen schatten wij hoger. Wij achten een percentage van 2% van de investeringskosten passend. Bij investeringskosten van € 2.786 mln.<sup>6</sup> voor civiele scope resulteert dit in onderhoudskosten van € 56 mln. per jaar. Dat is een toename van € 51 mln. ten opzichte van de raming.
  - ii. De kosten voor ongedefinieerde scope herkennen wij niet en nemen we daarom niet op in onze inschatting. We laten deze post van € 15 mln. daarom vervallen.
  - iii. Gezien onze hogere inschatting van de investeringskosten en de voorziene onderhoudskosten, nemen we voor de onderhoudskosten ook een hoger onvoorzien op à € 15 mln. per jaar. Dat is een toename van € 5 mln. ten opzichte van de raming.

## A.5 Kansen

We zien een aantal mogelijke optimalisaties en andere kansen ten aanzien van het ontwerp en de raming die mogelijk resulteren in hogere economische haalbaarheid, doordat deze resulteren in lagere kosten en/of hogere opbrengsten. De financiële impact van deze kansen dient te blijken uit nader onderzoek en hebben wij niet gekwantificeerd. Onderstaande punten beschrijven de geïdentificeerde kansen.

- 27. We zien mogelijkheden om de economische haalbaarheid van het project te vergroten door de verhouding tussen de afmetingen van het energieopslagmeer en het geïnstalleerde pompturbinevermogen te optimaliseren. De vaststelling van de optimale omvang van het energieopslagmeer dient te blijken uit nader onderzoek.
  - a. Het oppervlak en het vervalbereik van het energieopslagmeer resulteren in een opslagcapaciteit van 34 GWh. Deze kenmerken volgen niet uit een economische optimalisatie van kosten en opbrengsten, maar komen voort uit aanpassingen op het architectonisch ontwerp.<sup>7</sup>
  - b. Bij het geïnstalleerd vermogen van 2 GW bedraagt het maximale debiet door de pompturbines 10.000 m<sup>3</sup>/s. Dat betekent dat het ongeveer 30 uur om het energieopslagmeer volledig te legen of te vullen. Betrokkenen geven aan dat deze periode langer is dan nodig om pieken en dalen in de vraag naar elektriciteit op te vangen.
  - c. Mogelijk is het daarom doelmatiger om een energieopslagmeer met een kleiner oppervlak of een groter pompvermogen te realiseren. CE Delft (Deelrapport 3) onderzoekt het effect van een groter pompvermogen, wat resulteert in hogere

<sup>6</sup> Onder de civiele scope verstaan we het pompstation en de stelpost voor overige infrastructurele voorzieningen. De investeringskosten (voorziene kosten en risicoreservering, zie Tabel 6) van de civiele scope bedragen € 2.348 mln. De investeringskosten van de overige civiele delen bedragen € 439 mln. In totaal bestaat de civiele scope uit € 2.786 mln.

<sup>7</sup> De buitenafmeting van het energieopslagmeer is gelijk aan de buitengrenzen van een eerder architectonisch ontwerp met een relatief brede ringdijk. Bij de keuze om de ringdijk lichter uit te voeren, heeft Delta21 ervoor gekozen de buitenafmetingen gelijk te houden. Dat heeft geresulteerd in een groter oppervlakte van het energieopslagmeer.

opbrengsten. Wij achten het interessant om daarnaast ook een kleinere omvang (en eventueel andere diepte) van het energieopslagmeer te beschouwen. Gezien het overschot in de grondbalans zou dit de investeringskosten aanzienlijk kunnen verlagen. De economisch optimale omvang van het energieopslagmeer en het pompvermogen dienen te volgen uit nader onderzoek.

- d. We adviseren om in een dergelijk onderzoek ook optimalisaties in de operatie mee te nemen. Denk daarbij bijvoorbeeld aan een onderzoek naar de vervallen waarover de pompturbines het meest frequent opereren. Doordat het vermogen van de pompturbines toeneemt bij grotere vervallen, bevat de onderste helft van de diepte van het meer de grootste energieopslagcapaciteit (ca. 70%). Het is daarom relatief effectief om over de grotere vervallen te opereren. Daarnaast is het mogelijk gunstig om uit te gaan van een dieper energieopslagmeer, voor zover dit technisch haalbaar is.
28. We zien kansen om de hoeveelheid bodembescherming en daarmee de aanlegkosten enigszins te verlagen.
- a. De raming van de baggerscope bevat 1,4 Mm<sup>3</sup> (2,8 Mton) bodembekleding à € 170 mln. Het ontwerp en de raming vermelden niet waar deze bodembekleding wordt toegepast. Betrokkenen geven aan dat aan beide zijden van het pompstation (zee en meer) bodembekleding is voorzien, maar bijvoorbeeld ook aan de zuidwestelijk punt buitenzijde en nabij de schutsluis.
  - b. Het ontwerp gaat uit van een maximaal pompdebiet van 200-300 m<sup>3</sup>/s. Gedurende onze beoordeling is gebleken dat het pompdebiet maximaal 110 m<sup>3</sup>/s bedraagt (zie bevinding 3). Dat leidt tot aanzienlijk lagere stroomsnelheden, waardoor wij verwachten dat minder bodembescherming nodig is.
  - c. Mogelijk is het ontstaan van een ontgrondingskuil aan de meerzijde van het pompstation niet problematisch, zolang deze op enige afstand van het pompstation blijft. Daardoor is in het meer mogelijk niet in dezelfde mate bodembescherming nodig als aan de zeezijde. Uit het ontwerp van de bodembekleding dient te blijken of in dat geval de geraamde hoeveelheden voor bodembescherming omlaag kunnen.
29. De raming voor de ringdijk en ontgraving gaat uit van het afvoeren van de klei(achtige) grondlagen. Het verwerken van deze grond in het ontwerp van de ringdijk resulteert mogelijk in een verlaging van de kosten.
- a. Twee van de grondlagen die worden ontgraven, bestaan geheel of gedeeltelijk uit klei(achtige) grond. Het ontwerp gaat uit van volledig uit zand opbouwen van de ringdijk. De klei(achtige) grond wordt daarom afgevoerd. [017]
  - b. Afvoeren van grond is een relatief dure optie. Wij zien mogelijkheden om een deel van de overtollige grond in de ringdijk te verwerken en zo de kosten voor afvoeren te verlagen.
    - i. De eigenschappen van klei(achtige) grond zijn minder geschikt dan zand voor het realiseren van een dijk. Gezien de robuustheid van het dijkontwerp en het ruime overschot van grond achten wij het echter haalbaar om deze grond in het ontwerp te verwerken.
    - ii. Verwerken van deze grond resulteert in een breder dijkprofiel en daarmee meer ruimtegebruik. Het aanvullende ruimtegebruik is naar verhouding echter beperkt. We verwachten dat daarom acceptabel.
  - c. De totale kosten voor het afvoeren van grond bedragen € 665 mln. We verwachten dat het verwerken van de grond in het dijkprofiel kan resulteren in een substantiële besparing. Dat dient te blijken uit nader onderzoek en een actualisatie van de raming.
    - i. In totaal gaat het om ong. 124 Mm<sup>3</sup>. Het project gaat ervan uit dat het deze grond afvoert tegen kosten van € 4,55-7,28/m<sup>3</sup>.

- ii. De raming rekent met eenheidsprijzen van ongeveer € 4 per m<sup>3</sup> voor verwerking van andere grondlagen op vergelijkbare diepte. [017]
  - iii. De potentiële besparing is mogelijk in de orde van enkele honderden miljoenen.
  - iv. Betrokkenen geven aan dat het risicoprofiel van deze werkwijze hoger is, en dat eerst nader onderzoek nodig is om de haalbaarheid van deze kans vast te stellen. Dat onderschrijven wij.
30. De raming van de ontgraving en ringdijk bevat relatief hoge eenheidsprijzen. Gelet op de beperkt beschikbare informatie achten we deze conservatieve insteek reëel. Wel bestaat de kans dat uit nadere ontwerpuitwerking en onderzoek blijkt dat bovenstaande eenheidsprijzen lager uitvallen.
- a. De raming is gebaseerd op een conservatieve inschatting van de doorlooptijd van een baggercyclus. [017]
    - i. De kosten voor de baggerwerkzaamheden hangen voor een belangrijk deel af van het aantal keren per dag dat een baggerschip zijn hopper kan vullen bij en de ontgraving en legen bij de te realiseren ringdijk. De raming gaat uit van 4-5 baggercycli per dag. [V-002, 017]
    - ii. Gegeven de kleine vaarafstand tussen het wingebied en de losgebied (max. 10 km), schatten wij in dat een gemiddelde van 6 baggercycli per dag haalbaar kan zijn.
    - iii. Betrokkenen geven aan dat een groter aantal baggercycli mogelijk haalbaar is, maar dat een gedetailleerdere modellering van de scheepsbewegingen nodig is om deze kans te kunnen verzilveren.
  - b. De raming gaat uit van 2,8 Mton breuksteen en rekent met een eenheidsprijs van € 60,75/ton voor het leveren en aanbrengen van de breuksteen. Dit achten we een conservatieve inschatting van de hoeveelheden en eenheidsprijzen.
    - i. De raming gaat uit van een dichtheid voor breuksteen van 2 ton/m<sup>3</sup>, waar een dichtheid van 1,65-1,7 ton/m<sup>3</sup> gebruikelijk is. Door deze conservatieve aanname zijn de hoeveelheid breuksteen en de resulterende kosten hoger ingeschat voor het voorziene volume. [017]
    - ii. Daarnaast achten we de prijs voor verwerking van de breukstenen van € 32/m<sup>3</sup> hoog. De eenheidsprijs is erop gebaseerd dat landmaterieel de breukstenen aanbrengt, waar wij inschatten dat een deel ook vanaf het water kan worden aangebracht.
  - c. Er is relatief weinig informatie beschikbaar over het plangebied van Delta21. Zo is de ondergrondinformatie beperkt en is de bouwfaserings nog niet uitgewerkt. Onder deze omstandigheden achten we het daarom reëel om met conservatieve uitgangspunten te ramen. Wel bestaat de kans dat uit nadere ontwerpuitwerking en onderzoek blijkt dat bovenstaande eenheidsprijzen lager uitvallen.
31. We zien een kans om de bouwfaserings te optimaliseren en zodoende lichter en mogelijk goedkoper materieel in te zetten.
- a. De bouwfaserings gaat uit van het direct op volledige hoogte brengen van de ringdijk (tot NAP + 7 m).
  - b. Een mogelijke optimalisatie is om eerst het buitentalud van de ringdijk tot een beperkte hoogte (NAP +3 m) te realiseren. Daardoor ontstaat eerder een voor de zee afgeschermd binnenmeer en kan mogelijk lichter materieel worden ingezet voor het resterende deel van de ontgraving en het op hoogte brengen van de ringdijk.
  - c. Daarnaast maakt deze aanpak het mogelijk om al eerder te beginnen met de realisatie van het pompstation. Dit hebben we reeds meegenomen in onze bevinding over de bouwtijd (zie punt 12).

## A.6 Risico's

We zien een aantal risico's bij het ontwerp en de raming. De financiële impact van deze risico's dient te blijken uit nader onderzoek en hebben wij niet gekwantificeerd. Onderstaande punten beschrijven de geïdentificeerde risico's.

32. De kans bestaat dat het ontwerp van het pompstation onvoldoende stabiel blijkt. Dat vormt een risico op benodigde ontwerpwijzigingen in een latere fase.
  - a. De projectorganisatie heeft eerste stabiliteitsberekeningen gemaakt. Daaruit blijkt dat de stabiliteit van het pompstation bij verschillende belastinggevallen en faalmechanismen slechts net voldoet. De marge voor het opvangen van tegenvallers is daarmee beperkt. [015]
  - b. De uitkomst van de stabiliteitsberekening is gevoelig voor gekozen uitgangspunten voor onder andere de afmetingen van de constructie, de hydraulische randvoorwaarden en grondeigenschappen, die in deze fase nog een relatief hoge onzekerheid kennen.
    - i. De hydraulische ontwerprandvoorwaarden zijn nog niet vastgesteld (zie bevinding 2.a). De aangenomen randvoorwaarden in de stabiliteitsberekeningen zijn daarom nog relatief onzeker. Hogere hydraulische randvoorwaarden leiden tot een toename van de belasting en een afname van de stabiliteit. Bovendien laten de stabiliteitsberekeningen zien dat het ontwerp relatief gevoelig is voor veranderingen in de stijghoogte onder de constructie, en dus de buitenwaterstand.
    - ii. De grondeigenschappen van de af te graven grond waaruit de ringdijk wordt opgebouwd, zijn in deze fase gebaseerd op een beperkt aantal sonderingen die in het verleden zijn uitgevoerd. De kans bestaat daarom dat deze eigenschappen tegenvallen. Uit de stabiliteitsberekeningen blijkt dat de stabiliteit gevoelig is voor de hoek van interne wrijving van de ondergrond. [015]
    - iii. De afmetingen van het pompstation zijn in deze fase gebaseerd op expert judgement inschattingen van de betrokkenen. [V-003] De kans is nog relatief groot dat bij verder ontwerp blijkt dat bepaalde functies of randvoorwaarden vragen om andere afmetingen. Dit heeft ook effect op de uitkomst van de stabiliteitsberekeningen.
  - c. De stabiliteitsberekeningen beschouwen daarnaast nog niet alle relevante faalmechanismen. We missen een analyse van de stabiliteit van het diepe glijvlak onder het pompstation. Het gewicht van het pompstation in combinatie met de steile helling aan de meerzijde kan resulteren in een instabiel glijvlak onder de constructie. Versteving van de fundering van het pompstation met bijv. damwanden of heipalen in combinatie met een scherm tegen onderloopsheid, leidt tot substantiële meerkosten.
  - d. Mogelijk is het een optie om de stabiliteit te verbeteren door de waterstand aan de meerzijde gedurende extreme condities tijdelijk te verhogen. We merken hierbij op bij het vol laten lopen van het energieopslagmeer wel opbrengsten van het meer verloren gaan.
33. Het ontwerp van de pompturbines bevat een aantal risicovolle componenten. De kans bestaat dat daar in een volgende fase ontwerpaanpassingen op nodig blijken.
  - a. Betrokken hebben aangegeven dat de instroomopening van de vijzels bij pompen en turbinen tussen de 50 en 70% dient te zijn ondergedompeld voor een optimale werking. Het staat niet vast dat het ontwerp aan deze voorwaarde voldoet, zowel aan de meerzijde als bij het pompstation aan de zeezijde. De kans bestaat daarom dat ontwerpwijzigingen nodig blijken.
    - i. De opening van de vijzels in het pompstation kent een vaste ashoogte op NAP +0,75 m. [V-003] Er is een waterstand nodig tot deze ashoogte om de vijzel voor 50% onder te dompelen. Bij een normale getijdencyclus, is de

- waterstand in het overgrote deel van de tijd lager dan NAP +0,75 m. Het lijkt daardoor optimaler om: i) de ashoogte van de vijzel te verlagen (naar bijv. NAP 0 m), of ii) de vijzel in het pompstation op een drijver op te leggen. Wijzigingen in de ashoogte zouden ook impact hebben op andere delen van het ontwerp van de pompstations.
- ii. De vijzel is aan de meerzijde opgelegd op een drijvende constructie. Deze drijvers dienen te borgen dat de vijzelopening voor het volledige vervalbereik tussen de 50 en 70% ondergedompeld blijft. De daarvoor benodigde eigenschappen van de drijvers zijn nog niet vastgesteld.
  - iii. De mate waarin de drijvers en de opening van de vijzel in het water zijn ondergedompeld, varieert met het verval, doordat de hoek van vijzel bepaalt: i) in welke mate vijzel is gevuld met water en ii) over welke lengte de vijzel in het water ligt en dus hoeveel opdrijvende kracht deze ondervindt. [V-003] Het is niet aangetoond dat drijvers de benodigde onderdompeling kunnen realiseren over het gehele vervalbereik.
- b. De vijzels zijn met een scharnier bevestigd aan het pompstation. [V-003] Gezien de grote lengte van de pompen kunnen de laterale krachten op het scharnier groot zijn als het gevolg van weersomstandigheden of stroming in het energieopslagmeer. Deze krachten zijn nog niet beschouwd in het ontwerp. De kans bestaat dat er meer maatregelen nodig zijn om de krachtsafdracht te faciliteren dan waar de raming nu van uitgaat. Dat resulteert in hogere kosten.
34. Het raakvlak tussen de pompturbines en het pompstation is nog niet volledig uitgewerkt en achten wij op een aantal punten risicovol. Dat betreft: i) het trillen van de schuiven, ii) de kokerbreedte van het pompstation en iii) de waterdichte flexibele afdichting rond de vijzel. De kans bestaat dat hier bij nadere uitwerking tegenvallers uit voortkomen.
- a. De pompturbines vereisen dat de schuiven in het pompstation gebruikt kunnen worden om de toestroom naar de pompturbines te reguleren. [V-003] Daarvoor dienen de schuiven variabel instelbaar te zijn en zijn deze dagelijks in gebruik. Daardoor zijn de schuiven onderhevig aan een grote set aan hydraulische belastingscenario's. Dat vergroot onder andere het risico op trillingen van de schuif door interactie met de stroming. De kans bestaat dat dit vraagt om maatregelen ten aanzien van de vormgeving, stijfheid en sterkte van de schuif en ophanging.
  - b. De doorstroomkoker van het pompstation is smal in verhouding tot de omvang van de vijzels. Betrokkenen geven aan dat een kokerbreedte van ongeveer 1,5 maal de diameter van de vijzel gebruikelijk is om overmatige turbulentie en golfslag in de koker te voorkomen. [V-003] Dat komt neer op een kokerbreedte van 15 m. Het ontwerp van de koker kent ter plaatse van de inlaat een breedte van 13 m. Hierdoor bestaat de kans dat de koker en de schuiven breder moet worden uitgevoerd dan nu voorzien.
  - c. Tussen de vijzel en het (betonwerk van het) pompstation is een waterdichte en flexibele afsluiting voorzien. Deze afdichting is gedurende operatie van de vijzels onderhevig aan hydraulische belastingen vanaf zee. [V-003] Dat maakt het realiseren van deze afdichting relatief complex. De projectorganisatie heeft het ontwerp hiervoor nog niet uitgewerkt. De kans bestaat dat hier bij nadere ontwerpuitwerking tegenvallers uit voortkomen.
35. De aanwezigheid van de BritNed-kabel en andere geplande aanlandingen in het plangebied vormen een risico voor de kosten en planning van het project.
- a. De kans bestaat dat de eigenaren ingrijpende voorwaarden stellen aan het verleggen van de BritNed-kabel in het plangebied. Dat vormt een risico voor de kosten en planning van het project.
    - i. De BritNed-kabel is in bezit van TenneT en het Britse National Grid. De eigenaren kunnen bij verleggen van kabel voorwaarden stellen aan bijv.: i) de

- uitvoeringsmethodiek, ii) de partij die de verlegging uitvoert en iii) de planning van de verlegging.
- ii. Dat kan resulteren in een aanzienlijke toename van de kosten, met name als gevolg vertraging. Wij schatten in dat de baggerwerkzaamheden niet kunnen starten voordat de verlegging van de BritNed-kabel heeft plaatsgevonden, waardoor de verlegging van de kabel op het kritieke pad van de planning ligt.
  - b. In de toekomst is de aanleg van meerdere aanlandingen van hoogspanningskabels voorzien, om toekomstige windmolenparken op zee aan te sluiten aan het elektriciteitsnet. Ook (de aanleg van) deze kabels vormen een risico voor Delta21.
  - c. Een optie om deze risico's te beheersen is om de aanlanding van kabels aan MV2 (incl. de BritNed-kabel) te clusteren en in één tracé aan te leggen. Dat tracé zou aan de noordkant van Delta21 kunnen liggen, tussen MV2 en het energieopslagmeer in. Betrokkenen zien daarbij ook een optie om in de strook tussen het energieopslagmeer en MV2 onbruikbare sedimenten voor ringdijk kwijt te kunnen (als alternatief voor de door ons genoemde kans onder punt 29).
36. De kans bestaat dat er domein- of concessierechten dienen te worden afgedragen. We zouden hiervoor een risico in het risicodossier opnemen.
- a. Bij het winnen van zeezand is het verplicht domeinrechten af te dragen. Het verkrijgen van een vrijstelling voor domeinrechten is mogelijk als het zeezand in een rijkswerk wordt verwerkt.
  - b. Het staat in deze fase nog niet vast of het project Delta21 als rijkswerk zal worden geclassificeerd. Op basis van een analyse van Delta21 over de eigendom en exploitatie van Delta21, verwachten we dat de kans klein is dat het project geheel eigendom wordt van een private partij.
  - c. Deze kosten zijn op dit moment niet geraamd. Dat achten het reëel. Het staat immers niet vast dat het project domeinrechten zal moeten afdragen.
  - d. Wel zouden we hiervoor een risico op te nemen in het risicodossier. De gevolggkosten hiervan bedragen € 1095 mln., op basis van domeinrechten van € 1,54 per m<sup>3</sup> en een totaal van 711 Mm<sup>3</sup> te baggeren grond. [019]
  - e. Daarnaast bestaat er een kans dat het project concessierechten moet betalen voor het plangebied.
37. Het staat nog niet vast hoe het opdrachtgeverschap van Delta21 zal worden ingevuld. Bij publiek opdrachtgeverschap liggen de kosten voor de organisatie/engineering en risicoreservering mogelijk hoger. Verder merken wij op dat de raming in dat geval btw dient te bevatten.
- a. Het staat op dit moment nog niet vast wat voor soort partij opdrachtgever wordt van de realisatie van Delta21. Dat zou publiek, semi-publiek of privaat kunnen worden ingevuld. We verwachten dat de kosten voor organisatie-/engineeringskosten en het risicoprofiel van het project mogelijk hoger liggen bij publiek opdrachtgeverschap.
  - b. Verder merken wij op dat de raming bij publiek opdrachtgeverschap btw dient te bevatten. Een private opdrachtgever hoeft geen btw af te dragen. De raming is nu exclusief btw.

## A.7 Aanvullende functies

We hebben de mogelijke bijdragen van het project aan hoogwaterveiligheid en natuurontwikkeling kwalitatief beschouwd. Deze worden aangeduid als aanvullende functies naast energieopslag. Onze bevindingen gaan in op de meerwaarde van deze functies en de

voornaamste aanpassingen aan het bestaande ontwerp van het energieopslagmeer die wij daarvoor aanvullend nodig achten.

### *Waterveiligheid*

38. Wij verwachten dat Delta21 een reële bijdrage kan leveren aan het verbeteren van de waterveiligheid in het benedenrivierengebied. Met name in de extremere scenario's voor zeespiegelstijging kunnen daarmee mogelijk ingrijpende dijkversterkingen worden voorkomen. Dat geldt voor het traject van het Haringvliet en (in combinatie met andere maatregelen) voor het traject van de Nieuwe Waterweg. Er is nader onderzoek nodig om dit effect te kwantificeren en met zekerheid vast te stellen.
- a. Delta21 voorziet een bijdrage aan de overstromingsveiligheid door aanvullend op het energieopslagmeer een stormvloedkering en een overlaat te realiseren. Bij hoogwater sluit de stormvloedkering het waterbekken tussen de bestaande Haringvlietdam en het energieopslagmeer af. Met de overlaat wordt overtollig water vanaf het Haringvliet, dat op dat moment niet afgevoerd kan worden naar zee, middels de overlaat in het energieopslagmeer gelaten (zie ook Paragraaf 2.3). Dit vermindert de bijdrage van de rivierafvoer aan de stijging van de waterstand op het Haringvliet en bovenstrooms tot Dordrecht.
  - b. Wij verwachten dat de mogelijke bijdrage van Delta21 aan de hoogwaterveiligheid zich toespitst op het benedenstroomse gebied zeker tot Dordrecht en wellicht tot aan ongeveer Gorinchem. Verder stroomopwaarts worden de waterstanden gedomineerd door het rivierdebiet en speelt de zeewaterstand en de berging van het rivierwater geen rol meer. Als we verwijzen naar het benedenstroomse gebied bedoelen wij de volgende twee riviertrajecten: i) traject Haringvliet (Haringvliet, Hollandsch Diep en Dordtse Kil) en ii) traject Nieuwe Waterweg (Nieuwe Waterweg, Nieuwe Maas, Noord, Nieuwe Merwede en Boven Merwede tot maximaal Gorinchem).
  - c. Voor het traject Haringvliet verwachten wij dat het plan Delta21 een behoorlijke bijdrage kan leveren aan de waterveiligheid.
    - i. Door het sluiten van de stormvloedkering en het afvoeren van water naar het energieopslagmeer kunnen tijdens een hoogwater op zee de toename van de waterstanden op dit traject ten gevolge van de voortgaande rivierafvoer worden beperkt.
    - ii. Het energieopslagmeer biedt daarvoor voldoende buffercapaciteit. Zonder pompen kan er gedurende circa 30 uur een debiet van 10.000 m<sup>3</sup>/s worden gebufferd. Met het pompen van rivierwater naar zee kan deze afvoercapaciteit ook over langere perioden in stand worden gehouden.
  - d. Voor het traject Nieuwe Waterweg levert Delta21 alleen een reële bijdrage in combinatie met maatregelen die de betrouwbaarheid van het afsluiten van de Nieuwe Waterweg bij hoogwater op zee verhogen.
    - i. Door gedurende hoogwater de rivierafvoer naar het Haringvliet en vervolgens het energieopslagmeer te leiden, beoogt Delta21 ook een bijdrage leveren aan de waterveiligheid op het traject Nieuwe Waterweg – Gorinchem.
    - ii. In de huidige situatie is de kans op niet-sluiten van de Maeslantkering dominant in de maatgevende waterstanden voor dit traject. Bij een openstaande Maeslantkering stroomt zeewater naar binnen en is Delta21 niet effectief in het verlagen van de waterstanden over dit traject. [V-005]

- iii. We verwachten daarom dat Delta21 de waterveiligheid van dit traject alleen kan verbeteren in combinatie met maatregelen die de betrouwbaarheid van het sluiten van de Maeslantkering bij een stormvloedhoogwater op zee verhogen.<sup>8</sup>
  - e. Delta21 kan daarmee mogelijk ingrijpende dijkversterkingen langs deze trajecten voorkomen. Dat geldt met name bij de extremere scenario's voor zeespiegelstijging. Er is nader onderzoek nodig om het effect van Delta21 op de maatgevende hydraulische belastingsituaties van de dijken te kwantificeren en met zekerheid vast te stellen.
    - i. Zo bestaat de kans dat andere hydraulische belastingsituaties dominant blijken voor de benodigde dijkhoogte. Daarbij denken we bijvoorbeeld aan belasting door windopzet op de afgesloten riviertrajecten.
    - ii. Ook is op sommige trajecten het faalmechanisme piping dominant. Voor dit faalmechanisme zijn niet alleen de extreme waterstanden relevant, maar ook de (veel vaker voorkomende) minder extreme hoogwaterstanden.
    - iii. Er is een risicoanalyse op systeemniveau nodig om de effectiviteit van Delta21 met meer zekerheid vast te stellen.
39. De ringdijk en het pompstation moeten in dit plan functioneren als primaire waterkering. Het ontwerp van de ringdijk lijkt hiervoor op hoofdlijnen geschikt. Voor het pompstation verwachten we dat aanvullende maatregelen nodig zijn om de stabiliteit en de betrouwbaarheid van sluiting bij stormvloeden te borgen.
- a. Het ontwerp van de ringdijk heeft een kruinhoogte op NAP + 7 m en een 100 m brede kruin. Op basis van expert judgement lijkt de ringdijk daarmee op hoofdlijnen geschikt als primaire waterkering in duinvorm. De kruinhoogte schatten we vergeleken met andere duinen aan de lage kant in. Mocht de dijk zwaarder moeten worden uitgevoerd, dan kan overtollig zand uit de ontgraving worden benut om het volume van het duin te vergroten.
  - b. De stabiliteitsberekeningen van het pompstation tonen geen grote veiligheidsmarge (zij hebben relatief hoge unity checks en gaan uit van een zeewaterstand van maximaal NAP + 4,5 m). Als het pompstation onderdeel wordt van het hoogwaterveiligheidssysteem, moet deze hogere waterstanden kunnen keren om de betrouwbaarheid van de kering te borgen. We verwachten daarom dat er aanvullende maatregelen nodig zijn om de stabiliteit van het pompstation bij maatgevend hoogwater te borgen.
  - c. De schuiven in het pompstation zijn ook onderdeel van de primaire waterkering. Bij falen van de schuiven stroomt het energieopslagmeer vanuit zee vol en valt de bijdrage aan het verlagen van de waterstanden op het achterliggende rivierengebied weg. Dat betekent dat de schuiven een hoge betrouwbaarheid van sluiten moeten hebben. Mogelijk betekent dit dat de bewegingswerken en/of schuiven dubbel moeten worden uitgevoerd.
40. Mogelijk zijn er aanpassingen nodig aan de vijzels en de energievoorziening binnen en buiten de scope van het project om de vereiste hoge beschikbaarheid (lage faalkans) van de pompcapaciteit ten behoeve van de waterveiligheid te borgen. De buffercapaciteit van het energieopslagmeer biedt daarentegen de mogelijkheid om perioden van niet-beschikbaarheid op te vangen, waardoor een geringere betrouwbaarheid aanvaardbaar kan zijn. Dat dient te blijken uit nader onderzoek.
- a. De pompcapaciteit van Delta21 maakt deel uit van de mogelijke bijdrage aan de hoogwaterveiligheid. De pompcapaciteit dient daarvoor een zeer hoge betrouwbaarheid te kennen. Dat stelt ook eisen aan de beschikbaarheid van de

---

<sup>8</sup> Er zijn verschillende ideeën om de Nieuwe Waterweg tegen hoogwater te beschermen. Eén van de plannen is de Hollandkering: <https://www.tiesrijcken.nl/samensterk/>.

energievoorziening vanuit het net. Daarvoor zijn mogelijk ingrijpende aanpassingen nodig aan zowel de energievoorziening binnen als buiten de scope van het project.

- i. De aansluiting op het elektriciteitsnet kent beperkte redundantie, met het oog op de typische gewenste beschikbaarheid voor typische waterkrachtcentrales. Wij verwachten daarom dat er aanvullende infrastructuur nodig is om te voldoen aan de hoge betrouwbaarheid die de waterveiligheidsfunctie vraagt.
  - ii. De waterveiligheidsfunctie vraagt ook een hoge betrouwbaarheid van het elektriciteitsnet buiten de scope van het project. Ook bij kleinere vervallen vragen de pompen circa 1 GW aan vermogen. Dat is twee keer het vermogen van de bestaande kerncentrale in Borssele. De benodigde betrouwbaarheid heeft daarmee mogelijk een grote impact op het elektriciteitsnet.
  - iii. Ter referentie wijzen we hier op de Oosterscheldekering, waarvoor naast de netaansluiting een eigen lokale energievoorziening is voorzien om met voldoende zekerheid de schuiven van de stormvloedkering eenmalig te kunnen sluiten bij hoogwater. Het bieden van pompcapaciteit tijdens een hoogwater vraagt echter over een langere periode een betrouwbare energievoorziening en derhalve vermoedelijk ingrijpendere maatregelen.
- b. De toepasbaarheid van de pompturbines gedurende stormvloeden staat niet vast, omdat de vijzels niet werken wanneer de uitstroomopening bijna of geheel is verdronken.
- i. De werking van de vijzelpompturbines neemt sterk af op het moment dat de opening van de vijzel aan de zeezijde voor een groot deel is ondergedompeld. De pompen werken geheel niet meer wanneer de vijzelopening volledig is verdronken
  - ii. Vanaf een waterstand van circa +3,75 m NAP zijn de pompen voor 80% ondergedompeld, en vanaf +5,75 voor 100%. Bij maatgevende stormvloedstanden zijn de pompturbines daarmee mogelijk niet inzetbaar.
- c. De buffercapaciteit van het energieopslagmeer biedt daarentegen de mogelijkheid om perioden van niet-beschikbaarheid op te vangen, waardoor de hierboven genoemde benodigde aanpassingen mogelijk minder ingrijpend hoeven te zijn. Dat dient te blijken uit nader onderzoek.
- i. Het energieopslagmeer kent een grote waterbuffercapaciteit. Bij een debiet van 10.000 m<sup>3</sup>/s kan een volledig geleegd energieopslagmeer via de overlaat zonder pompen ongeveer 30 uur lang water opvangen uit het benedenrivierengebied. Om water uit het rivierengebied te bergen, is een overlaat nodig om het water uit de Haringvliet in het energieopslagmeer te laten stromen.
  - ii. Dat biedt de mogelijkheid om gedurende de top van de storm met de hoogste waterstanden de pompen niet in te zetten of niet-beschikbaarheid van de pompcapaciteit door uitval van de energievoorziening op te vangen. De betrouwbaarheid van deze operatie zal hoog moeten zijn.
  - iii. We merken hierbij op dat het vol laten lopen van het energieopslagmeer de baten van de functie energieopslag vermindert. Om het energieopslagmeer bij hoogwater optimaal tot zijn recht te laten komen, zijn duidelijke afspraken nodig over: i) in welke omstandigheden het energieopslagmeer wordt ingezet t.b.v. de hoogwaterveiligheid, ii) welk gremium daartoe besluit en iii) wie de kosten draagt voor evt. verliezen van de uitbater van het energieopslagmeer.

### *Natuurontwikkeling*

41. Het plan Delta21 kan een bijdrage leveren aan de ecologische waarde in de voordelta doordat het gecreëerde estuarium zich kan ontwikkelen als natuurgebied. De invulling en het effect van deze natuurontwikkeling dient nog nader te worden vastgesteld.
  - a. De realisatie van Delta21 biedt kansen voor natuurontwikkeling:
    - i. Delta21 zorgt voor een getijdemeer in de voordelta van het Haringvliet. Betrokken experts [V-005] geven aan dat dit type estuarium kansen biedt voor de biodiversiteit in het gebied. Het natuurgebied dat in de voordelta ontstaat, is vergelijkbaar met het Waddenzeegebied, zij het op kleinere schaal.
    - ii. Tussen het getijdemeer en het Haringvliet achten betrokken experts [V-005] het kansrijk om vismigratierivieren te realiseren. De vismigratie van en naar het stroomgebied van de Maas en de Rijn zou daarmee mogelijk een impuls krijgen.
    - iii. Het energieopslagmeer zelf biedt ook mogelijkheden om natuur te huisvesten. Dat kan door bijv.: i) terrassen te realiseren op de meerzijde van de taluds van de ringdijk, ii) drijvende platforms in te richten voor vogels, iii) kunstmatige riffen aan te leggen in het energieopslagmeer.
  - b. Er is nog niet vastgesteld op welke wijze de natuur zich zal ontwikkelen bij deze mogelijkheden. Daarvoor dient in een volgende projectfase nader onderzoek plaats te vinden.
  
42. Het is nog onduidelijk of en zo ja welke negatieve impact Delta21 heeft op het Natura2000-gebied Voordelta en of deze volledig en aantoonbaar kan worden gecompenseerd. Dit vormt een risico voor de maatschappelijke haalbaarheid van het project.
  - a. Het plangebied van Delta21 bevindt zich in de Voordelta, een Natura2000-gebied. Om daar te mogen bouwen, moet een project de ADC-toets doorlopen. We beschouwen de criteria A en D als politieke criteria, waarvan we de haalbaarheid op dit moment niet kunnen toetsen. Als Delta21 aan die criteria voldoet, is compensatie van de negatieve invloed een wettelijk vereiste om Delta21 te kunnen realiseren.
  - b. Er is nog niet vastgesteld welke habitattypen mogelijk verloren gaan of negatief beïnvloed worden door de realisatie van Delta21, en of deze volledig kunnen worden gecompenseerd. Dat vormt een risico voor de haalbaarheid van Delta21.

## Bijlage B Referentielijst

### B.1 Documentenlijst

Nr.	Omschrijving	Datum	Opsteller
001	Rapport algemeen	28-9-2023	Delta21
002	Breakdown structure Delta21	Onbekend	Delta21
003	Dimensies Energieopslagmeer fase 1	Onbekend	Delta21
004	Uitgangspunten hoeveelheden ringdijk en ontgraving	21-6-2023	Boskalis, DEME, Van Oord
005	Delta21 Pompstation schetsen	Onbekend	Ballast Nedam
006	Begeleidende scope raming baggerscope	29-6-2023	Boskalis, DEME, Van Oord
007	Raming budget overzicht baggerscope	Onbekend	Boskalis, DEME, Van Oord
008	Risicodossier Delta21	28-6-2022	Boskalis, DEME, Van Oord
009	Begroting civiel Ballast Nedam	20-11-2022	Ballast Nedam
010	Raming Pompstation Delta21 Ballast Nedam	20-11-2022	Ballast Nedam
011	Toelichting raming pompstation Delta21 Ballast Nedam	20-11-2022	Ballast Nedam
012	Voorcalculatie turbines	Onbekend	Fish Flow Innovations
013	Raming Pompstation Delta21 – incl. indexatie aanpassing n.a.v. overleg Horvat	26-10-2023	Ballast Nedam
014	Raming pompstation uitgangspunten en indexatie n.a.v. overleg Horvat	26-10-2023	Ballast Nedam
015	Geotechnische stabiliteit pompstation	2-11-2023	VHB
016	Elektrische aansluitingen Delta21 (SPIE)	7-11-2023	SPIE
017	Ontwerp en raming ringdijk – geactualiseerd	24-11-2023	Boskalis, DEME, Van Oord
018	Q-H-curves pompturbines – geactualiseerd	27-11-2023	Fish Flow Innovations
019	Domeinvergoedingen 2023	14-07-2022	Rijksoverheid

### B.2 Werksessies

Nr.	Omschrijving	Datum	Locatie
V-001	Werksessie integraliteit Delta21 Aanwezig: Huub Lavooij, Jan van Oorschot en Hans Nederend	16-10-2023	Kantoor Horvat en MS Teams
V-002	Werksessie ringdijk en ontgraving Aanwezig: Huub Lavooij, Freddy Wynants en Ismail Gözüberk	23-10-2023	Kantoor Horvat
V-003	Werksessie pompstation en pompturbines Aanwezig: Huub Lavooij, Martina Dopfer, Frank van der Woerd, Daan van der Wiel en Gerard Manshanden	25-10-2023	Kantoor Horvat
V-004	Werksessie aanvullende functies Aanwezig: Huub Lavooij, Ruud van Wijk, Jan van Oorschot, Gijs Kok en Hans Nederend	16-11-2023	Kantoor Horvat en MS Teams
V-005	Werksessie aansluiting elektriciteitsnet Aanwezig: Huub Lavooij, Robert Baggerman, Steef de Baat en Ruud van Wijk	20-11-2023	Kantoor Horvat en MS Teams

## Bijlage C Afkortingen en begrippen

Afkorting	Betekenis
FAT	Factory Acceptance Test
MV2	Tweede Maasvlakte
NTD	Nader Te Detailleren
OBS	Object Breakdown Structure
OBK	Overige bijkomende kosten
P15	Vijftiende percentiel
P85	Vijfentachtigste percentiel
SAT	Site Acceptance Test
SIT	Site Integration Test