



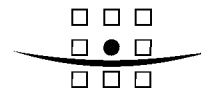
Zoute natuur in Waterdunen

Onderzoek naar de mogelijkheden en beperkingen voor het creëren van zoute natuur in Waterdunen

Nijmegen, 27 juli 2005

Definitief rapport

Auteur: Mireille D. Pijpers



ROYAL HASKONING

**HASKONING NEDERLAND B.V.
COASTAL & RIVERS**

Barbarossastraat 35 Adres
Postbus 151
6500 AD Nijmegen
+31 (0)24 328 42 84 Telefoon
+31 (0)24 3605483 Fax
info@nijmegen.royalhaskoning.com E-mail
www.royalhaskoning.com Internet
Arnhem 09122561 KvK

Documenttitel Zoute natuur in Waterdunen
Ondertitel Onderzoek naar de mogelijkheden en
beperkingen voor het creëren van zoute
natuur in Waterdunen
Status Definitief rapport
Datum 27 juli 2005
Projectnaam Afstudeerproject Waterdunen
Auteur(s) Mireille Pijpers
Opdrachtgever Royal Haskoning, Nijmegen

Studentnummer 29375
Studiejaar 4
Studieonderdeel Afstudeerfase
Begeleidend docent Ing. H. Massink

VOORWOORD

In de periode maart tot en met juni 2005 heb ik mijn afstudeerstage uitgevoerd bij Royal Haskoning te Nijmegen. Het onderliggende rapport is hiervan het resultaat. Deze scriptie is de afronding van mijn studie Aquatische Ecotechnologie aan de Hogeschool Zeeland te Vlissingen.

De uitkomst van dit rapport levert een bijdrage aan het verzamelen van de relevante kennis die nodig is om specifieke keuzes te maken bij het inrichten van een natuurgebied binnen het project Waterdunen. Het rapport is derhalve voornamelijk geschreven voor de betrokkenen bij dit project. Om het verslag ook voor derden leesbaar te maken is in de eerste hoofdstukken achtergrondinformatie gegeven die het onderwerp in zijn context plaatst.

Mijn studie bleek een goede basis voor het uitvoeren van dit project. Maar naast deze kennis, veel vakliteratuur en informatie op internet heb ik veel informatie gekregen door het raadplegen van ervaringsdeskundigen.

Mijn dank gaat dan ook uit naar verschillende medewerkers van Provincie Zeeland, Waterschap Zeeuws-Vlaanderen, Stichting Het Zeeuwse Landschap, Rijkswaterstaat directie Zeeland, Rijksinstituut voor Kust en Zee, Projectbureau Zwakke Schakels Zeeland, Projectbureau Zeeweringen en niet te vergeten mijn collega's van Royal Haskoning.

Om meer inzicht te krijgen in de processen die zich rond een project als Waterdunen afspelen ben ik verschillende malen aanwezig geweest op bijeenkomsten van de projectgroep Zwakke Schakels West Zeeuwsch Vlaanderen en de Projectgroep Waterdunen. Ik wil de leden van deze projectgroepen bedanken voor hun gastvrijheid.

'Last but not least' heb ik veel steun gehad en veel geleerd van mijn begeleiders in dit afstudeertraject: drs. Marnix de Vriend, senior adviseur van Royal Haskoning en ing. Henk Massink, stagedocent van de Hogeschool Zeeland.

Mireille Pijpers

SAMENVATTING

Achtergrond

Er staan grote veranderingen te gebeuren in West Zeeuws Vlaanderen op het gebied van ruimtelijke ontwikkeling. Veranderingen die ervoor moeten zorgen dat de neerwaartse spiraal waar de regio in terecht is geraakt te stoppen. Met het ambitieuze gebiedsplan 'Natuurlijk Vitaal' van de gebiedscommissie West Zeeuwsch-Vlaanderen wordt een eerste stap gezet in de richting van een gezonde, leefbare en economisch draagkrachtige samenleving in een aantrekkelijke omgeving.

Het toerisme is een van de belangrijkste punten van het gebiedsplan. Er zal echter een kwaliteitsverbetering moeten plaatsvinden om toeristen te blijven trekken. Daarom krijgen de recreatieondernemers de ruimte om uit te breiden. Camping de Napoleon Hoeve heeft deze kans aangegrepen. Naast uitbreiding van de camping valt binnen dit project ook het creëren van recreatienatuur en een ontwikkeling van een natuurgebied.

Kern

De wens is om een natuurgebied van minimaal 100 ha te creëren met een zoute setting. Hierbij kan gedacht worden aan stagnante brakke wateren met daaromheen zoute of brakke ruigten en grasland. Maar ook een gebied waarin (gedempt) getij plaatsvindt is mogelijk. Hierbij past meer het beeld van kreken met laaggelegen slikken en hoger gelegen schorren. Voor beide beelden zal zout water in het gebied toegelaten moeten worden. In dit rapport zijn verschillende toevoermogelijkheden voor zoutwater bekeken, waarbij zowel aan directe verbindingen met de Westerschelde als indirecte verbindingen via het grondwater wordt gedacht. De volgende toevoermiddelen zijn geïnventariseerd:

Zoutwater direct uit de Westerschelde	Zoutwater uit het watervoerend pakket
<ul style="list-style-type: none">• <i>Slufter</i>• <i>Hevel</i>• <i>Gemaal Nieuwe Sluis</i>• <i>Nieuw Gemaal buitendijks</i>• <i>Duiker</i>	<ul style="list-style-type: none">• <i>Kwel door afgraving</i>• <i>Kwel door kwelbuizen</i>• <i>Grondwater oppompen</i>

Het uiteindelijke doel van het rapport is om alle mogelijkheden en beperkingen van de hierboven genoemde toevoermogelijkheden weer te geven. Tijdens de inventarisatie is bekeken hoe de toevoermogelijkheid in te passen is in de situatie van Waterdunen, de mogelijkheden zijn doorgerekend en de voor- en nadelen zijn tegen elkaar uitgezet. Er is bij de inventarisatie gekeken naar een aantal belangrijke aspecten, te weten:

























- Natuur
- Kustveiligheid
- Landbouw
- Kosten

Het aspect 'landbouw' is apart uitgewerkt omdat uit onderzoek is gebleken dat de invloed van zoutwater op het omringende landbouwgebied uiterst klein is en er geen verschil tussen de verschillende toevoermogelijkheden bestaat.

De vergelijking

Tijdens deze inventarisatie is een aantal toevoermogelijkheden afgevallen om verschillende redenen. De overgebleven mogelijkheden zijn met elkaar vergeleken op de aspecten Natuur, kustveiligheid en kosten. De tabel op de volgende pagina is hiervan het resultaat.

-  = zeer goed
-  = goed
-  = neutraal
-  = negatief

Toevoermogelijkheden	Natuur	Kustveiligheid	Kosten
Gemaal Nieuwe Sluis			
Gemaal buitendijks			
Duiker			
Grondwater oppompen			
Slufter			
Hevel			
Kwel door afgraving			
Kwel door kwelbuizen			

Conclusie

Als de Tabel wordt bekeken is te zien dat de toevoermogelijkheid 'Gemaal buitendijks' in zijn geheel 'goed' is gewaardeerd. Daarmee is niet per definitie de keuze op deze toevoermogelijkheid gevallen. De overige opties hebben eveneens positieve punten die wellicht zwaarder zullen wegen in de besluitvorming, een verhouding van 1:1 staat niet op voorhand vast.

Dit rapport is een beperkt onderdeel van een project dat in een veel breder perspectief staat, namelijk het totale idee van Waterdunen met de daarbij behoorde recreatie, recreatienatuur en natuur. Het is uiteindelijk aan de 'Projectgroep Waterdunen' om een keuze te maken uit de diverse toevoermogelijkheden. Echter, aanvullend onderzoek wordt geadviseerd. De uitkomst van dit rapport kan hierbij dienen als uitgangspunt.

Leemten in kennis

Om tot dit rapport te komen zijn er op verschillende punten in het onderzoek aannamen gedaan. Hierbij is de beschikbare kennis van de auteur gebruikt. Daar waar mogelijk zijn deskundigen op het betreffende gebied benaderd en hun ervaring is verwerkt in dit rapport. De aannamen zijn verwerkt en in de tekst onderbouwd. Bij de verdere uitwerking van het totaalproject van Waterdunen zal rekening gehouden moeten worden met deze beperkingen.

Aanbevelingen

Dit rapport betreft een eerste inventarisatie naar verschillende mogelijkheden om zoutwater in het projectgebied van Waterdunen te krijgen. De 'Projectgroep Waterdunen' heeft met dit rapport meer achtergrondinformatie om de vervolgstappen in het proces naar het realiseren van Waterdunen, weloverwogen te kunnen maken.

In het rapport zijn niet alleen aanbevelingen opgenomen voor de ontwerpfase en het opstarten maar ook voor de beheersmatige aspecten na realisatie van het project.

SUMMARY

Background

In the future the environmental country planning at West Zeeuws Vlaanderen will pass a major change of scenery. This changes will have to stop the downward movement at this part of the country. By the ambitious project 'Natuurlijk Vitaal' on the initiative of the Gebiedscommissie West Zeeuwsch-Vlaanderen the first step is set to improve a healthy, liveable and financial capable society .

Tourism is one of the most important issues of the project. However, a quality improvement is necessary to attract tourists. For this reason recreation companies is offered the opportunity to expand. Camping 'Napoleon Hoeve' took this opportunity. Besides the expansion of the camping, the creation of recreation nature and the development of a scenic area are the most important parts of this project.

Essence

It is the intention to create a scenic area of at least 100 hectare with a salty setting. There are various options open such as:

- stagnant pools surrounded by salty or brackish vegetation.
- an area with a limited tidal movement is also a possibility. In this area you will find low-lying silt and high-lying salt marsh

For both options it is necessary to let in saltwater into the area. There are various possibilities, this study summarizes the results of a direct connection with the Westerschelde as well as the indirect supply by ground-water.

Inventory:

<i>Saltwater directly from the Westerschelde</i>	<i>Salt groundwater</i>
<ul style="list-style-type: none"> • <i>Breach in the dunes</i> • <i>Siphon</i> • <i>Pumping-station 'Nieuwe Sluis'</i> • <i>New pumping-station</i> • <i>Culvert</i> 	<ul style="list-style-type: none"> • <i>Wells through digging up</i> • <i>Wells through 'kwelbuizen'</i> • <i>Pumping groundwater</i>

The objective of this study is meant to work out all above mentioned options. The inventory was based on the situation at Waterdunen. All options are calculated and the 'pros and cons' are examined. Of course the most important aspects are considered, such as:

- Nature
- Coastal safety
- Agriculture
- Costs

Comparison

For various reasons some options are dropped out. The remaining options are compared with each other on the aspects nature, coastal safety, agriculture and costs. For the result see the inventory at next page.

- 😊😊 = very well
- 😊 = well
- 😐 = neutral
- 😞 = negative

Means of saltwater intake	Nature	Coast safety	Costs
Pumping-station 'Nieuwe Sluis'	😐	😊	😊
New pumping-station	😊	😊	😊
Culvert	😊😊	😐	😐
Pumping Groundwater	😐	😊	😊
Breach in the dunes	😊😊	😐	😐
Siphon	😐	😊	😐
Well through digging up	😐	😊	😐
Well through 'kwelbuizen'	😐	😊	😐

Conclusion

The option 'New pumping-station' was assessed well at all aspects. This doesn't mean that all other options don't have their value. There are maybe weighty arguments to make other choices.

This study concerns a small part of the project. The final choice will be made by the 'Projectgroep Waterdunen'. Supplementary study is advised. The results of this study can be useful as a point of departure.

A gap in knowledge

At some parts of the study it was necessary to assume. This is based on interviews with experts in this field as well as the knowledge of the author. This gap in knowledge has to be taken into the account.

Recommendation

This study concerns the first inventory for several possibilities to get saltwater into Waterdunen. The background information can be helpful for the 'Projectgroep Waterdunen' during the process of decision-making.

The recommendations concern the phase of design and the start up of the project, as well as the managing aspects after realisation.

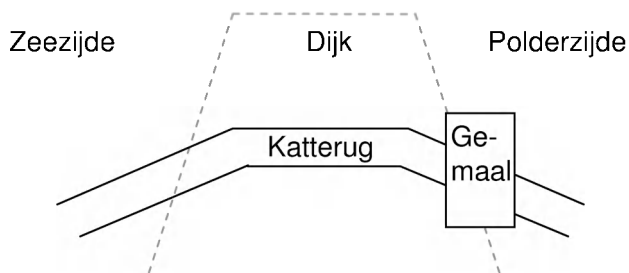
VERKLAARENDE WOORDENLIJST

Intergetijdengebied

Gebied dat bij vloed onder water staat en bij eb droogvalt. Officieel geformuleerd: het buitendijks gebied (=gebied aan de kant van het water) dat ligt tussen laag- en hoogwater. Dit gebied bestaat uit een gedeelte dat grenst aan land, de slikken, de hoger liggende schorren die vaak begroeid zijn en het deel dat niet aan land grenst en dus geheel omgeven is door water, de platen. Bron: www.deltawateren.nl, geraadpleegd in juli 2005.

Kattenrug

Een gebogen spuiwerker van een gemaal in de vorm van een kattenrug.



Natuurdoeltype

De natuurkwaliteiten van Nederland zijn vastgelegd in 132 natuurdoeltypen. Elk natuurdoeltype afzonderlijk beschrijft een toetsbare kwaliteit voor een natuurterrein. In het Handboek Natuurdoeltypen in Nederland zijn deze beschrijvingen opgenomen. Het boek geeft een schematisch overzicht van de natuurwaarden die in de Ecologische Hoofdstructuur gerealiseerd kunnen worden. Bron: Handboek Natuurdoeltypen in Nederland

Overstuiven

Bij het overstuiven van een dijk stuift zand tegen de dijk aan. Als dit proces zich blijft voordoen zal uiteindelijk de dijk eruit gaan zien als een duin.



Saltspray

Door het opstijgen van luchtbelletjes uit de zee en door het breken van golven komt er zout in de lucht terecht. De wind voert deze zoutdeeltjes mee, onder andere het land op. Hier slaan de deeltjes weer neer. Dit wordt saltspray genoemd.

Schorren

Schorren zijn voorheen slikken geweest, zij zijn namelijk ontstaan doordat sediment (zand of klei) dat door het water wordt meegevoerd bezinkt op de slikken. Langzaam worden de slikken hoger en ze worden steeds minder overspoeld. Uiteindelijk overstromen ze alleen nog bij extra hoge waterstanden. Deze schorren zijn begroeid met zout-, zoet- of brakwaterplanten (afhankelijk van de plaats waar ze liggen).





Bron: www.deltawateren.nl, geraadpleegd in juli 2005.

Slikken

Slikken zijn kale stroken slijk tussen geulen en de dijk of een schorgebied. Ze overstromen bij vloed.

Bron: www.deltawateren.nl, geraadpleegd in juli 2005.

INHOUDSOPGAVE

	Blz.	
VOORWOORD	I	
SAMENVATTING	II	
SUMMARY	IV	
VERKLAARENDE WOORDENLIJST	VI	
1	INLEIDING	1
1.1	Achtergrond	1
1.2	Doel	1
1.3	Leeswijzer	2
2	WERKWIJZE	3
2.1	Bronnen	3
2.2	Aspecten	3
3	SITUATIEBESCHRIJVING	4
3.1	Gebiedsplan 'Natuurlijk Vitaal'	4
3.2	Prioritaire Zwakke Schakel	4
3.3	Het plan Waterdunen	5
3.4	Het gebied	5
4	ZOUTE NATUUR	6
4.1	Meerwaarden	6
4.2	Natuurdoeltypen	8
5	ALGEMENE ASPECTEN GEBIED	10
5.1	Waterhuishouding	10
5.2	Hoogteligging	10
5.3	Bodemopbouw	10
5.4	Grondwater	11
5.5	Ornithologische waarden	11
6	UITGANGSPUNTEN BIJ DE BEREKENINGEN	12
6.1	  met   vergelijken?"	12
6.2	Natuur en natuurdoeltypen	12
6.3	Saliniteit	12
6.4	Verversing en doorstroming	13
6.5	Maaiveldhoogte	14
6.6	De waterpartij	14
6.7	De landbouw	15

7		MOGELIJKHEDEN VOOR DIRECTE ZOUTWATERTOEVOER	17
	7.1	Inleiding	17
	7.2	Slufter	17
	7.3	Hevel	19
	7.4	Gemaal Nieuwe Sluis	20
	7.5	Nieuw gemaal buitendijks	23
	7.6	Duiker	24
8		MOGELIJKHEDEN VOOR INDIRECTE ZOUTWATERTOEVOER	26
	8.1	Inleiding	26
	8.2	Het grondwater in de Breskenspolder	26
	8.3	Kwel door afgraving	28
	8.4	Kwel door kwelbuizen	29
	8.5	Grondwater oppompen	31
9		VERGELIJKING VAN DE OPTIES	33
	9.1	Uitleg waardering	33
	9.2	De vergelijking	34
	9.3	Argumentatie	34
	9.4	Conclusie	36
10		LEEMTEN IN KENNIS	37
	10.1	Gegevens bodem en grondwater	37
	10.2	Dimensies waterpartij	37
	10.3	De duiker	37
	10.4	Het afwateringskanaal	38
11		AANBEVELINGEN	39
	11.1	Ontwerpfase	39
	11.2	Opstarten	39
	11.3	Beheer	40
12		LITERATUURLIJST	41
	12.1	Boeken en rapporten	41
	12.2	Artikelen	42
	12.3	Internet	42
	12.4	Interviews	43

- BIJLAGE 1: SCHEMA WERKWIJZER
- BIJLAGE 2: DOELSOORTEN VOOR DE MOGELIJKE NATUURDOELTYPEN IN WATERDUNEN
- BIJLAGE 3: AFWATERINGSGEBIED GEMAAL NIEUWE SLUIS
- BIJLAGE 4: SALINITEITSGEGEVENS MONSTERPUNT NIEUWE SLUIS
- BIJLAGE 5: HOOGTEKAART PROJECTGEBIED WATERDUNEN
- BIJLAGE 6: KAART VAN DE DIKTE VAN DE DEKLAAG IN PROJECTGEBIED WATERDUNEN
- BIJLAGE 7: KAART VAN DE WEERSTAND VAN DE DEKLAAG IN PROJECTGEBIED WATERDUNEN
- BIJLAGE 8: FACTOREN DIE DE SALINITEIT BEÏNVLOEDEN
- BIJLAGE 9: INUNDATIE VAN GRONDEN
- BIJLAGE 10: DIMENTIES VAN DE STAGNANTE WATERPARTIJ
- BIJLAGE 11: DRAAIUREN GEMAAL NIEUWE SLUIS
- BIJLAGE 12: SLUIS AAN ZEE
- BIJLAGE 13: BEREKENINGEN GEMAAL NIEUWE SLUIS
- BIJLAGE 14: UITWERKING VAN EEN NIEUW GEMAAL HARINGVLIET
- BIJLAGE 15: BEREKENINGEN NIEUW GEMAAL
- BIJLAGE 16: BEREKENINGEN VAN DE DUIKER
- BIJLAGE 17: BEREKENINGEN VAN KWEL DOOR AFGRAVING
- BIJLAGE 18: DE GEMIDDELDE WATERHOOGTE IN DE WESTERSCHELDE BIJ BRESKENS
- BIJLAGE 19: BEREKENINGEN VAN DE KWELBUIZEN
- BIJLAGE 20: BEREKENINGEN VAN 'GRONDWATER OPPOMPEN'

1 INLEIDING

1.1 Achtergrond

Zoute natuur in de provincie Zeeland. Het lijkt heel gewoon maar sinds mensenheugenis is in dit dynamische landschap de invloed van het zeewater op de omgeving steeds geringer geworden. Verzoeting en eutrofiering van zilte gebieden zorgen voor een afname van dit karakteristieke Zeeuwse landschap.

Niet voor niets proberen verschillende partijen om in de Breskenspolder in West Zeeuws Vlaanderen een nieuw zilt natuurgebied te creëren, het project Waterdunen. Dit project omvat niet alleen het realiseren van nieuwe zilte natuur maar vormt één geheel met de verplaatsing en uitbreiding van camping de 'Napoleon Hoeve' en de daarbij horende nieuwe recreatienatuur.

Het huidige polderlandschap in de Breskenspolder zal veranderen in een gebied waar recreatie en natuur samensmelten tot één geheel, waar de recreant kan genieten van een uniek natuurgebied en waar flora en fauna de ruimte en rust krijgt.

Maar voor het zover is zal eerst verdere uitwerking van de verschillende onderdelen binnen het plan plaatsvinden om onder andere de haalbaarheid in kaart te brengen.

1.2 Doel

Voor het natuurgebied in Waterdunen moet onder andere bekeken worden of het mogelijk is om het gewenste zilte karakter te kunnen realiseren. Dit is voornamelijk afhankelijk van de mogelijkheid om zoutwater toe te voeren het gebied in. Het onderliggende rapport is een weergave van de verschillende mogelijkheden voor de toevoer van zoutwater. In het rapport staat de volgende hoofdvraag centraal:

'Welke mogelijkheden en beperkingen zijn er om zoutwater in het projectgebied van Waterdunen toe te voeren, rekening houdend met de gewenste natuurlijkheid van het gebied?'

Bij het onderzoek dat heeft plaats gevonden om de bovenstaande hoofdvraag te kunnen verantwoorden zijn verschillende mogelijkheden bekeken om zoutwater in de Breskenspolder te krijgen. Gedacht kan worden aan directe verbindingen met de Westerschelde of door middel van indirecte verbindingen via het grondwater. Tijdens het inventariseren en doorrekenen van deze mogelijkheden is er gekeken naar een aantal belangrijke aspecten, te weten:

- Natuur
- Kustveiligheid
- Kosten

Aan de hand van deze aspecten kan een globaal beeld worden geschetst van de voor- en nadelen van de diverse toevoermogelijkheden.

De uitkomst van dit rapport levert een bijdrage aan het verzamelen van relevante kennis, nodig om specifieke keuzes te maken voor de inrichting van het gebied. Het zal dienen als uitgangspunt voor het verder uitwerken van het project Waterdunen.

1.3 Leeswijzer

Het rapport is onder te verdelen in de volgende delen:

- Algemeen (Hoofdstuk 1, 2)
- Voorkennis (Hoofdstuk 3, 4, 5)
- Kern (Hoofdstuk 6, 7, 8)
- Conclusie (Hoofdstuk 9, 10, 11)

In het algemene deel zal - naast deze inleiding - de werkwijze worden besproken. Hierin zal behalve een beschrijving van de manier van werken ook de afbakening van het project worden gegeven.

Om een goede basis te creëren voor de verschillende lezers is er een aantal hoofdstukken opgenomen voor degene die niet bekend is met het project Waterdunen en de natuurdoeltypen die mogelijk in het gebied kunnen gaan voorkomen als er zoutwater wordt toegevoerd. Tevens is in dit deel aandacht geschonken aan de basisgegevens van het projectgebied die van belang zijn voor dit onderzoek.

In de kern van het rapport zal de hoofdvraag worden uitgewerkt. Binnen de kern zullen de mogelijkheden om zoutwater toe te laten in het gebied naast het technische aspect op vier verschillende aspecten worden bekeken. Het gaat hier om de aspecten 'Natuur', 'Kustveiligheid', 'Landbouw' en 'Kosten'. Om de verschillende mogelijkheden voor het toevoeren van zoutwater naar het projectgebied te kunnen vergelijken is het van belang dat dezelfde uitgangspunten worden gebruikt. Deze worden besproken in hoofdstuk 6. Vervolgens zullen in hoofdstuk 7 en 8 respectievelijk de directe en indirecte toevoermogelijkheid van zoutwater worden uitgewerkt. Hieruit zal blijken welke kosten eraan verbonden zijn en wat de voor- en nadelen zijn.

In het laatste deel zullen de resultaten van het kerndeel met elkaar worden vergeleken. Uit deze vergelijking zal een aantal mogelijkheden naar voren komen dat de voorkeur verdient. Afhankelijk van de prioriteiten die de lezer stelt aan de verschillende aspecten kan een gerichte keus worden gemaakt naar één of meerdere toevoermogelijkheden. Verder worden de leemten in kennis besproken en worden er aanbevelingen gedaan.

Daar waar nodig wordt de terminologie toegelicht. Deze woorden zijn aangegeven met een * achter het woord en zijn terug te vinden in de verklarende woordenlijst die zich voorin in het rapport bevindt.

2 WERKWIJZE

2.1 Bronnen

Om te komen tot een rapport waarin de verschillende toevormogelijkheden worden beschreven en vergeleken is veel informatie nodig. Dit is grotendeels uit literatuur te halen, maar om een zo actueel mogelijk beeld te schetsen zijn naast literatuuronderzoek ook gesprekken gevoerd met medewerkers van diverse instanties. Zij hebben vaak een beter overzicht van de verschillende aspecten die binnen nieuwe natuurontwikkelingsprojecten spelen en hebben ervaring met verschillende oplossingsrichtingen. Dit is waardevolle kennis die door de jaren heen wordt opgedaan. Deze kennis is vaak nog niet aanwezig bij studenten die afstuderen. Maar door middel van gesprekken kan deze kennis worden overgedragen. Wel is het zaak om persoonlijke meningen uit de verkregen informatie te filteren. Deze kunnen wellicht worden meegenomen maar alleen na onderbouwing.

2.2 Aspecten

In het begin van het onderzoek is bekeken op welke aspecten de toevormogelijkheden vergeleken zouden worden. Hier kwamen onder andere de aspecten natuur, kustveiligheid en kosten naar voren.

- Het aspect **natuur** is met behulp van het 'Handboek Natuurdoeltypen in Nederland' uitgewerkt in hoofdstuk 4. Hierbij is onderscheid gemaakt tussen stagnante wateren en wateren met getijden en de omliggende natuur die nog onder invloed staat van het zoute water. Om binnen de tijdsspanne van dit project voldoende diepgang te krijgen is ervoor gekozen om de mogelijkheid van zoete onderdelen niet mee te nemen.
- Op dit moment wordt er gewerkt aan de zwakke schakels in de Nederlandse kustverdediging. Het falen van de zeekering heeft desastreuze gevolgen voor het achterland. De toevormogelijkheden voor het zoute water mogen dan onder geen voorwaarde een gevaar vormen voor de kustveiligheid. Het creëren van nieuwe zilte natuur mag geen onverantwoord risico vormen voor het achterland. Dit uitgangspunt is de verklaring voor opname van het aspect **kustveiligheid** in de vergelijking.
- **Kosten** is het derde aspect dat is meegenomen in de vergelijking. De verschillende toevormogelijkheden zijn globaal doorgerekend met behulp van diverse formules en modellen. Na uitwerking van de toevormogelijkheid is met hulp van Ir. P.W. van de Kreeke, deskundige bij Royal Haskoning op onder ander het gebied van (natte) waterbouwkundige werken, een globale schatting gemaakt van de kosten van de uitvoering. Bij deze kosten is uitgegaan van prijzen inclusief BTW en een opslagpercentage van 25% voor onvoorziene kosten.
- Naast de drie bovengenoemde kwam ook het aspect **landbouw** aan de orde. De keuze om zoutwater dieper te laten indringen in het land stuit op weerstand bij de agrariërs. Tenzij uitgesloten kan worden dat het omliggende landbouwgebied nadelige effecten ondervindt als gevolg van zoutindringing, zullen er maatregelen getroffen moeten worden om verziltingseffecten te voorkomen. Een factor als afstand van de waterpartij tot de landbouwgebieden kan al bepalend zijn voor de invloed van het zoute water. Deze locatie van de waterpartij kan afhankelijk zijn van de methode van inlaten. Echter uit literatuuronderzoek is gebleken dat de maximale zoutindringing 3 meter vanaf het oppervlaktewater is. Hieruit volgt dat de zoutinvloed bij de verschillende toevormogelijkheden gelijk geacht kan worden en dat dit aspect niet kan worden meegenomen in de vergelijking. Verdere toelichting en argumentatie betreft de zoutindringing in de landbouwgebieden zal in hoofdstuk 6.6 worden besproken.

Met de verkregen resultaten is een vergelijking gemaakt tussen de verschillende toevormogelijkheden.

In bijlage 1 bevindt zich een schema van de werkwijze.

3 SITUATIEBESCHRIJVING

3.1 Gebiedsplan 'Natuurlijk Vitaal'

West Zeeuws Vlaanderen. Een stukje Nederland waar de afgelopen decennia weinig is veranderd. Maar er is een kentering zichtbaar op sociaal-economisch gebied. De toenemende vergrijzing, het wegvallen van de autoveerdienst en openstelling van de grenzen zijn hier onder andere debet aan. Om een impuls te geven aan het gebied is een bestuurlijke commissie in het leven geroepen, bestaande uit vertegenwoordigers van diverse overheden en maatschappelijke organisaties. Deze commissie, de 'gebiedscommissie West Zeeuwsch-Vlaanderen', heeft de afgelopen jaren gewerkt aan een visie voor het gebied welke verwoord is in 'Natuurlijk Vitaal', het gebiedsplan voor West Zeeuwsch-Vlaanderen. Dit breed gedragen gebiedsplan moet een nieuwe impuls geven aan het gebied waarbij naast het economische aspect ook gewerkt moet worden aan de kwaliteit van het gebied.

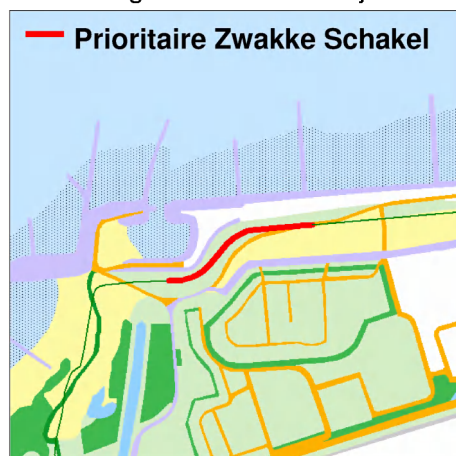


Figuur 3-1: voorkant Gebiedsplan Natuurlijk Vitaal

Het toerisme is een van de belangrijkste punten van het gebiedsplan. Er zal echter een kwaliteitsverbetering moeten plaatsvinden om toeristen te blijven trekken. Daarom is in het gebiedsplan 165 hectare ruimte gereserveerd voor recreatie-ondernemingen. Op deze ruimte is een 'rood voor groen' regeling van kracht. Als een ondernemer wil uitbreiden zal deze naast de uitbreidingskosten voor elke hectare nieuw recreatiebedrijf €34.000 extra moeten betalen voor de inrichting van openbaar toegankelijke recreatienatuur. Deze regeling draagt zorg voor de financiering van het natuurlijk inrichten van de regio waardoor de kwaliteit verder verbetert.

3.2 Prioritaire Zwakke Schakel

Zwakke schakels zijn kustvlakken die naar verwachting tussen nu en tweehonderd jaar na nu versterkt moeten worden om overstroming van het achterland te voorkomen. Op grond van de stijging van de zeespiegel, hogere stormfrequentie en nieuwe golfbrandvoorwaarden zijn de eisen aan de kustverdediging verscherpt. Er zal zoveel mogelijk een oplossing worden gezocht waarbij de samenhang tussen veiligheid en verbetering van de ruimtelijke kwaliteit van het betreffende gebied geoptimaliseerd wordt. Hierbij kan gedacht worden aan het landinwaarts verbreden van de duinzone.



Figuur 3-2: locatie prioritaire zwakke schakel Nieuwe Sluis

De kust van West Zeeuws Vlaanderen, van de Belgische grens bij het Zwin tot even voorbij Breskens is door het rijk aangewezen als zwakke schakel. Binnen deze kuststrook bevinden zich echter ook drie prioritaire zwakke schakels. Dit zijn delen van de kustverdediging die volgens de huidige (nieuwe) inzichten niet meer voldoen aan de eisen. Deze prioritaire zwakke schakels moeten op relatief korte termijn worden versterkt. Eén van deze prioritaire zwakke schakels ligt bij Nieuwe Sluis.

3.3 Het plan Waterdunen

Met de komst van het gebiedsplan 'Natuurlijk Vitaal' waarin onder andere veel aandacht wordt besteed aan landschap en natuur ziet Stichting Het Zeeuwse Landschap mogelijkheden voor het realiseren van een spectaculair nieuw natuurgebied. Zij zien een kern van natuur met daaromheen een meer op de recreant gerichte natuur voor zich. Een gebied met internationale allure, het project 'Waterdunen'.

Een geschikte locatie voor het uitvoeren van het plan Waterdunen was de Jong- en Oud-Breskenspolder (verder in dit verslag Breskenspolder genoemd). Verschillende ontwikkelingen grijpen hier in elkaar. De prioritaire zwakke schakel bij Nieuwe Sluis moet binnenkort aangepakt worden. Hiertoe is in het gebiedsplan de Breskenspolder aangegeven als zoekgebied voor het aanleggen van binnendijkse duinen. Als naar figuur 3.4 wordt gekeken is te zien dat tegen de zeedijk aan de camping Napoleon Hoeve ligt, welke bij uitvoering van dit plan deels onder het zand komt te liggen. De camping wil graag gebruik maken van de kans die het gebiedsplan geeft om uit te breiden én is tevens bereid om de camping te verplaatsen binnen het plangebied van Waterdunen. Zo ontstaat er een samenwerking tussen de recreatieondernemer, Stichting Het Zeeuwse Landschap en de gebiedscommissie in het plan Waterdunen.



Figuur 3-3: voorkant brochure Waterdunen

3.4 Het gebied

In onderstaand figuur is een luchtfoto te zien met daarin een aantal items die verderop in het rapport terugkomen.



Figuur 3-4: Overzichtskaart van het projectgebied Waterdunen

WENSEN VAN DE NATUURBEHEERDER

In het vorige hoofdstuk is Stichting Het Zeeuwse Landschap geïntroduceerd. Dit zal de toekomstige beheerder van het nieuwe natuurgebied binnen Waterdunen worden. Aangezien er een uitgangspunt voor de start van dit rapport genomen moest worden is er uitgegaan van de wensen van de toekomstige natuurbeheerder. Stichting Het Zeeuwse landschap heeft haar wensen uitgesproken in de volgende tekst:

Het projectgebied Waterdunen is gesitueerd in de monding van de Westerschelde. Dit door de zee gevormde gebied is bij uitstek geschikt om zoute natuur te creëren. Het streven is een gebied aan te leggen waar kustvogels kunnen rusten, broeden en/of foerageren. Een brakke of zoute setting in de vorm van **zoute meren en slikken** biedt daarvoor de beste mogelijkheid. Hiermee is niet gezegd dat er uitsluitend zoute natuur in het nieuwe gebied aanwezig zou moeten zijn. Door ook zoete onderdelen in het ontwerp op te nemen zal de diversiteit van het gebied toenemen en kan eventuele zoute kwel naar het omliggende landbouwgebied verminderd worden. Er kan gedacht worden aan zoete waterpartijen met rietvegetatie die rust-, broed- en foeragemogelijkheden biedt voor weer andere vogels.

Aan het projectgebied zijn drie verschillende gebruikaccenten toe te kennen, namelijk recreatie, natuurgerichte recreatie/recreatienatuur en natuur. Voor de natuur is ongeveer **100 ha** gereserveerd in het projectgebied waarvan **70 ha zilt grasland**, **30 ha zout/brak water en slik**. In plaats van 70 ha zilt grasland zou een deel van dit oppervlak (± 20 ha) als zoete natuur ingericht kunnen worden.

De voorkeur op het gebied van de waterpartijen ligt bij het inlaten van zoutwater op een "directe" manier waardoor voedsel voor de kustvogels met het water uit de Westerschelde wordt meegenomen. Door het inlaten van water (bijvoorbeeld één keer per week) en het te laten afstromen kan er een wekelijks getij ontstaan van hoogstens enkele decimeters waarbij langzaam de slikgebieden droog komen te vallen. Als er meerdere zoutwaterpartijen gecreëerd worden zullen deze als een eenheid beschouwd moeten worden die met elkaar verbonden zijn. De inlaatmiddelen moeten in het landschap verwerkt zijn.

4.1 Meerwaarden

Waarom wordt er in het projectgebied Waterdunen gekozen voor zoute/brakke natuur? Antwoord op deze vraag is te vinden in een aantal kenmerken van het gebied. Van belang zijn onder andere de ontstaansgeschiedenis van het projectgebied, de huidige situatie in het omliggende gebied en het toekomstbeeld. Ook het beleid dat in Nederland en Europa toegepast wordt is van belang. In dit hoofdstuk wordt een kort overzicht gegeven van de verschillende aspecten die van belang zijn geweest voor de keuze van zilte natuur.

4.1.1 Ontstaansgeschiedenis van het gebied

Zeeland is ontstaan uit de zee. Ze heeft een turbulent leven achter de rug. In de tijd van de Romeinen bevond er zich een uitgestrekt veengebied. Onder het veen lag een laag zware vette klei die enkele eeuwen daarvoor bovenop de een metersdikke zandgrond was afgezet. Rond het jaar 350 na Christus werd de streek door zware stormvloeden getroffen. Het gevolg hiervan was dat grote delen van het veenpakket werden weggeslagen. Op sommige plekken werd ook de klei- en zandlaag aangetast. Door een groot deel van het gebied ontstonden geulenstelsels. Het binnendringende zeewater bracht zand- en kleideeltjes met zich mee en zette deze af op de gronden naast de geulen en kreken. De zandige deeltjes sloegen direct naast de geul neer en de lichtere

kleideeltjes bezonken verder van de geul af. Hierdoor ontstond een reliëf in het landschap, hogere zandige kreekkruggen en lager gelegen kleigronden. De overgebleven veengronden werden alleen bij heel hoge vloed overspoeld, waardoor de veenpakketten met een dun laagje klei werden bedekt. In de 12de eeuw zijn er, op initiatief van het Vlaamse klooster, op verschillende plaatsen in Zeeland dijken aangelegd. Omstreeks 1500 was het grootste deel van West Zeeuws Vlaanderen ingepolderd. Doordat er veel kweldruk is vanuit de Westerschelde, is het grondwater in het projectgebied voornamelijk zout. Maar het zoete regenwater geeft tegendruk aan de zoute kwel. Tevens wordt het zoute grondwater gereguleerd door de sloten in de landbouwgebieden die als een drainagesysteem werken.¹

4.1.2 Situatie in de delta

Voordat de mensen Zeeland inkwamen en met hun dijken de zee bedwongen had Nederland een uniek estuarium, de 'Zeeuwse Delta'. Een dynamisch gebied waar zoet- en zoutwater elkaar vonden en waar naar een evenwicht werd gezocht tussen stromen en stilstaan, erosie en sedimentatie en droog en nat. Daar waar het zoete water mengt met het zoute water leven bijzondere planten en dieren. Door het bedijken van het gebied is er een groot areaal aan geulen, slikken, schorren en platen verloren gegaan. Maar tussen de verschillende eilanden van de provincie Zeeland was het evenwicht nog niet gevonden. Dit maakte de eilanden kwetsbaar en tijdens de stormvloed in 1953 kwamen grote delen van de provincie onder water te staan doordat verschillende dijken het begaven. Om deze catastrofe in de toekomst te voorkomen werd het Deltaplan opgesteld. Hierbij werden de Haringvliet, het Veerse Meer en de Grevelingen volledig afgesloten van de zee en werd in de Oosterschelde de stormvloedkering gebouwd. Alleen de Westerschelde bleef open om scheepvaart door te laten naar Antwerpen. Door die harde grenzen tussen zoet en zout zijn er unieke gebieden verloren gegaan. Deze internationaal gezien karakteristieke estuaria zijn in de afgelopen decennia omgeturnd in een kwetsbaar systeem met een gering vermogen tot herstel. Door de compartimentering van de deltawateren is een aantal van de zoute zeearmen zoete/brakke meren geworden. Doordat de dynamiek in deze gebieden verloren is gegaan, bezinkt hier het vervuilde rivierslib en zijn het ophooplaatsen voor voedselrijk water geworden. De Oosterschelde daarentegen krijgt geen voedselrijk rivierwater meer wat tot gevolg heeft dat er minder zee gras groeit dat als voedsel dient voor de ganzen. Ook de mossel is minder zaad gaan afzetten. De dammen zorgen er ook voor dat de vissen hun trekrouden niet meer kunnen volgen. Al met al kan gezegd worden dat door het uitvoeren van het deltaplan er veel verloren is gegaan aan zoute natuur.

4.1.3 Beleid

Herstel van estuarienne overgangen is een onderwerp waar veel aandacht aan wordt geschonken binnen de verschillende regio's in Nederland. Deze aandacht vloeit voort uit de Vierde Nota waterhuishouding (NW4) waarin wordt gepleit voor het herstel van verbindingen tussen watersystemen en herstel van zout-zoetgradiënten. Ook het beleidsstuk 'Anders omgaan met water', Waterbeheer in de 21^{ste} eeuw schenkt aandacht aan ecologisch herstel en natuurontwikkeling.

Deze nationale plannen geven grotendeels invulling aan de Europese wetten op het gebied van water, waaraan elk Europees land zich dient te houden. De nationale plannen worden weer verder uitgewerkt op provinciaal niveau, zoals het waterhuishoudingsplan.

¹ Bron: Het Zeeuwse kleilandschap

4.2 Natuurdoeltypen

4.2.1 Zoute natuur

'Zoute natuur' is erg veelzijdig en niet met één beeld weer te geven. Inrichting van een gebied met zoute natuur kan dus op verschillende manieren worden uitgewerkt. Met behulp van het Handboek Natuurdoeltypen wordt in deze paragraaf een overzicht gegeven van de verschillende mogelijkheden van zoute natuur in het projectgebied van Waterdunen. Er wordt onderscheid gemaakt tussen watergemeenschappen van stagnante wateren (4.2.2) en getijdenwateren (4.2.4, 4.2.5). Ook wordt gekeken naar de daaromheen liggende natuur (hoofdstuk 4.2.3 en 4.2.6). De natuur wordt in het handboek met behulp van doelsoorten weergegeven (welke, voor de betreffende Natuurdoeltypen in dit hoofdstuk, zijn opgenomen in bijlage 2). Deze doelsoorten geven een beeld van het natuurdoeltype* in het algemeen. De doelsoorten kunnen dienen als eindtermen om te kijken of een natuurdoeltype is behaald. Hierbij moet echter wel gelet worden op de fysisch-geografische regio van het gebied. Niet alle doelsoorten kunnen verwacht worden in het projectgebied van Waterdunen. Ook het zoutgehalte in het water en de bodem speelt een belangrijke rol bij het voorkomen van soorten.

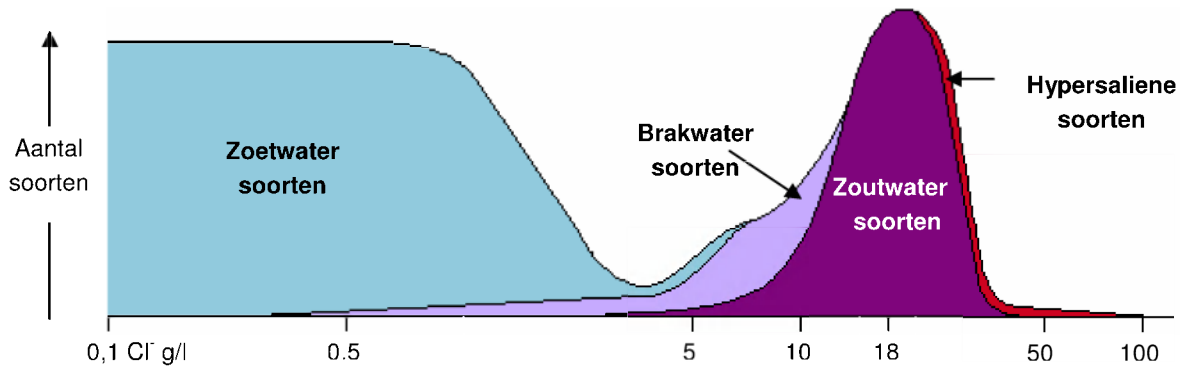
Er zal afstemming moeten plaatsvinden tussen het ontwerp van het natuurgebied en de gewenste (doel)soorten. Vaststelling van deze soorten geeft op latere tijdstippen de mogelijkheid om de ontwikkeling van het gebied te volgen en mogelijkheid tot bijsturen. In dit rapport is gebruik gemaakt van het algemene beeld wat Stichting Het Zeeuwse Landschap heeft gegeven (zie intermezzo aan het begin van dit hoofdstuk). Verder uitwerking van de doelsoorten is in dit stadium van het proces nog niet noodzakelijk.

4.2.2 Brak watergemeenschap

Inlagen, kreken en polderwateren bieden plaats aan brakwatergemeenschappen. Hierbij hoort de waterhuishouding onder invloed te staan van het zeewater in de vorm van een open verbinding of zoute kwel. Als er sprake is van een open verbinding zal er getij optreden waardoor er hoge stromingen in beide richtingen van de kreken zullen ontstaan. In dit dynamische systeem past de plantengroei zich aan en komen dan ook karakteristieke planten voor. Bij stagnante brakwatergemeenschappen zal de saliniteit sterk kunnen variëren, afhankelijk van de hoeveelheid kwel die wordt toegevoerd en het volume van het ontvangende oppervlaktewater. De variatie in saliniteit is voornamelijk afhankelijk van de neerslag en zodoende ook van het seizoen. Het zoutgehalte is bepalend voor de flora en fauna die daar voorkomt en ook de grote van fluctuatie van de saliniteit speelt een belangrijke rol. Naarmate het water zouter is of er een grotere fluctuatie is zal de diversiteit aan soorten sterk afnemen. Echter de soorten die in deze extreme omstandigheden kunnen leven zijn wel zeer bijzondere soorten, vaak in groten getale aanwezig, en kunnen als stapelvoedsel voor vogels fungeren. In figuur 4.1 is te zien hoe het aantal soorten verloopt ten opzichten van een toenemende saliniteit.



Figuur 4-1: De Prunje (Bron: www.npoosterschelde.nl 20/07/2005)



Figuur 4-2: kromme van Remane, soortenrijkdom uitgezet tegen saliniteit

4.2.3 Zoute en brakke ruigten en grasland

Het streven van Stichting Het Zeeuwse Landschap is om ongeveer 70 ha zoute en brakke ruigten en grasland aan te leggen. Dit natuurdoeltype dankt zijn bestaan aan de aanwezigheid van saltspray* en/of zoute of brakke kwel tot in de wortelzone. Daarom zijn locaties vlak achter de zeedijk het kansrijkst. Echter, er bestaat ook een mogelijkheid om zout in de bodem toe te voeren door tijdelijke inundatie met zout of brak water. Bij afname van zouttoevoer bestaat grote kans op verzoeting van het gebied.

4.2.4 Slufter en groen strand

Dit natuurdoeltype bevindt zich in de overgang van zout getijdenwater naar het zoete duinlandschap. Deze overgang brengt veel variatie met zich mee, zoet-zout, droog-nat, zand-slib. Op plaatsen waar weinig ruimte is, is beheer noodzakelijk om dit natuurdoeltype te behouden.



Figuur 4-3: slufter (Bron: De levende natuur, september 2004)

4.2.5 Gedempt-dynamisch estuarien getijdenlandschap

Met dit natuurdoeltype wordt voornamelijk gedoeld op grotere gebieden als de Oosterschelde. Maar dit natuurdoeltype kan een beeld geven van het natuurgebied dat ontstaat als er een gedempt getij binnendijs in het projectgebied van Waterdunen wordt gecreëerd. Het 'gedempt-dynamische' kan komen door regulering van de getijdewerking door de aanleg van een kunstwerk (b.v. de Oosterscheldekering), door regulering van de zoetwater instroom of door de vegetatieontwikkeling bij te sturen. Het is een gebied met geulen, slikken* en schorren*.

4.2.6 Onbeheerde kwelder

Hieronder vallen de intergetijdengebieden. Het gaat om de hoger gelegen delen, de schorren en de lagergelegen delen, de slikken. De zoutminnende vegetatie staat in meer of mindere mate onder de invloed van het getij. Op de slikken komt voornamelijk pioniervegetatie voor, de schorren hebben een meer gesloten vegetatiedek. Dit natuurdoeltype is erg belangrijk als hoogwatervluchtplaats en foerageergebied voor vogels als steltlopers, eenden en ganzen.



Figuur 4-4: Kwelder (Bron: www.natuurinformatie.nl 20/07/05)

5 ALGEMENE ASPECTEN GEBIED

De afbakening van het projectgebied is duidelijk. Het gaat om de Jong- en Oud-Breskenspolder. Maar dit betekent niet dat het gebied op zichzelf staat. Op verschillende manieren maakt dit gebied deel uit van processen die zich op kleine en grotere schaal voordoen. Een voorbeeld hiervan is het afwateringskanaal dat door het gebied heenloopt of de grondwaterstroming binnen dit gebied. Al deze, en andere aspecten zijn van belang als er veranderingen in het gebied worden aangebracht, zoals het uitvoeren van het project Waterdunen. Het huidige systeem kan hierdoor in onbalans raken wat (grote) gevolgen kan hebben voor de omgeving. Om dit te voorkomen en om een weloverwogen keus te kunnen maken tussen de verschillende toevormogelijkheden is het van belang dat de huidige situatie in kaart wordt gebracht. In dit hoofdstuk zal een overzicht worden gegeven van verschillende aspecten die van belang zijn om een beeld te kunnen vormen van de huidige situatie in het gebied.

5.1 Waterhuishouding

Het peilbeheer in het projectgebied is een standaard peilbeheer in een landbouwgebied, namelijk een laag peil in de winter en een hoog peil in de zomer. In het geval van de Breskenspolder is dit respectievelijk -0,90 en -0,60 m NAP. Het water in de polder wordt afgevoerd naar het afwateringskanaal. In het noordwesten van de Jong-Breskenspolder ligt het gemaal Nieuwe Sluis. Dit gemaal heeft een afwateringsgebied van 4300 ha, welke van het westen van Oostburg uitwaaiert over o.a. de Grote Henricuspolder en de Groedsche Polders naar de Breskenspolder.² Het water in de sloten is licht brak. Bij het gemaal van Nieuwe Sluis is er een gemiddelde saliniteit van 1200 mg Cl/l over de jaren 2003 en 2004.³

5.2 Hoogteligging

Het maaiveld van de Oud-Breskenspolder ligt op ongeveer 1,10m NAP. Bij een grove indeling van de hoogteligging in het gebied kan gezegd worden dat de zuidelijke rand van het projectgebied (langs de Nolletjesdijk, Hogedijk via de zijtak van het afwateringskanaal richting het gemaal) een soort rug vormt langs het gebied met maaiveldhoogten tussen de 1,20 en 1,80m NAP. Het midden van het projectgebied, boven de kruising Langeweg-Slikkenburgse weg, is dieper gelegen en heeft maaiveldhoogten tussen de 0,60 en 1,00m NAP. In bijlage 5 is een hoogtekaart opgenomen die verstrekt is door de Provincie Zeeland.

5.3 Bodemopbouw

Het overgrote deel van de deklaag van de Breskenspolder bestaat uit zandige klei en aan de noordelijke zijde van de Jong-Breskenspolder tegen de zeedijk aan ligt zand. In het oosten van het gebied is de deklaag tussen de 5 à 6 meter dik. In westelijke richting neemt de dikte van de deklaag geleidelijk af tot een dikte van 1 à 2 meter. Het overgrote deel van de deklaag in de Oud-Breskenspolder heeft een dikte tussen de 2 à 3 meter. Rondom de Scheldeveste is de deklaag nog maar enkele tientallen centimeters dik.⁴

De kleilaag is in de grondwaterkaart van Nederland, Zeeuws Vlaanderen geclassificeerd als slecht doorlatende zandige klei (doorlaatbaarheidcoëfficiënt: $3,86 \cdot 10^{-7}$ m/s). Onder deze kleilaag is een zandpakket aanwezig van ongeveer 25m dik. Dit uiterst tot zeer fijn zand heeft een matige tot goede doorlatendheid (doorlaatbaarheidcoëfficiënt: $5,24 \cdot 10^{-5}$ m/s). Het zandpakket wordt aan de onderkant afgesloten door een laag Boomse klei

² Bron: Waterschap Zeeuws Vlaanderen, bijlage 3: Afwateringsgebied Nieuwe Sluis

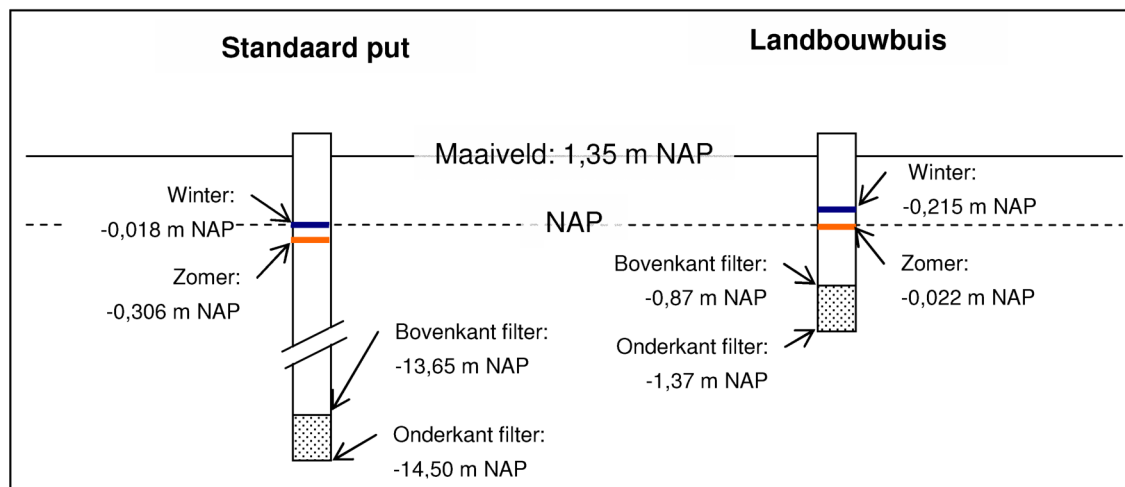
³ Bron: Waterschap Zeeuws Vlaanderen, bijlage 4: Meetgegevens Saliniteit

⁴ Bron: Provincie Zeeland, bijlage 6: Kaart van deklaag

welke slecht doorlatend is.⁵ Als wordt gekeken naar de weerstand van de bodem tegen het grondwater, kan gezegd worden dat in het zuidwesten de weerstand hoger is dan in het noordoosten. Het gaat hier om respectievelijk 51 tot 100 dagen en 2 tot 50 dagen.⁶

5.4 Grondwater

Aan de randen van het gebied is een viertal peilbuizen uit het meetnet van de provincie aanwezig. Van twee van deze peilbuizen zijn gegevens bekend. De beide peilbuizen liggen op dezelfde locatie, in het zuidoosten van het gebied vlakbij de kruising van de Nolleijesdijk met de Rijksweg N58. Het gaat om een Landbouwbuis (een peilbuis voor het meten van het freatisch grondwater) en een Standaard put (een peilbuis voor de diepere metingen, in dit geval het eerste watervoerend pakket). In onderstaand figuur wordt met de gegevens uit DINO Grondwater (TNO-NITG) van de Provincie Zeeland, een beeld geschetst van de grondwatersituatie aldaar.



Figuur 5-1: Diepe en ondiepe peilbuis met de gemiddelde zomer- en wintergrondwaterstand voor de periode 1990-1999

Verder kan aangenomen worden dat het grondwater in het watervoerend pakket zout is. Dit water is namelijk afkomstig uit de Westerschelde.⁷ Ter hoogte van Breskens is de saliniteit van het Westerscheldewater ongeveer 29 Cl- g/l.⁸ Verwacht kan worden dat het grondwater onder de Breskenspolder ongeveer dezelfde saliniteit zal hebben.

5.5 Ornithologische waarden

Op de dijk bij Breskens is een vogeltelpost gevestigd. Dit is een van de beste plekken om de vogeltrek in het voorjaar te bekijken. Omdat veel vogels niet graag over grote watervlakten vliegen komen tijdens de vogeltrek in het voorjaar veel vogels bij Breskens over omdat daar de oversteek naar Walcheren kleiner is. Dit wordt de gestuwde trek genoemd. De dijk bij Breskens kent de hoogste vogeldichtheid in West Europa. Door het aanleggen van een groot natuurgebied in de Breskenspolder wordt een nieuw foera-geer- en rustgebied voor de trekkende vogels gecreëerd. Maar ook 'blijvende' vogels kunnen van dit gebied gebruikmaken. Naast de natuurwaarden die op deze manier voor het gebied worden gecreëerd zal dit fenomeen extra waarde opleveren voor recreanten die gericht zijn op vogelwaarnemingen.

⁵ Bron: Grondwaterkaart van Nederland, Zeeuws Vlaanderen, TNO Bijlage 4+10

⁶ Bron: Provincie Zeeland, bijlage 7: Kaart met weerstand van de deklaag

⁷ Grondwaterstromingsstelsels in Nederland, pagina 81

⁸ Bron: www.waterbase.nl, geraadpleegd op 2 mei 2005

6 UITGANGSPUNTEN BIJ DE BEREKENINGEN

6.1 “ met vergelijken?”

In de volgende twee hoofdstukken zullen de verschillende toevormogelijkheden, waarmee zout water in het projectgebied van Waterdunen kan worden binnengelaten, worden beschreven en zullen er berekeningen worden gemaakt om te bekijken of het gewenste effect met deze toevormogelijkheden kan worden behaald. Het gaat om de volgende toevormogelijkheden:

1. Slufter;
2. Duiker;
3. Hevel;
4. Gemaal Nieuwe Sluis;
5. Nieuw Gemaal oostzijde;
6. Kwel door afgraving;
7. Kwel door kwelbuizen;
8. Grondwater oppompen.

Om deze toevormogelijkheden na afloop met elkaar te kunnen vergelijken is het van belang dat bepaalde uitgangspunten – de basisgegevens – voor elke toevormogelijkheid gelijk zijn. Gebeurt dit niet dat kunnen de uitkomsten van de vergelijking een verkeerd beeld geven. Het gezegde in het kopje zegt immers genoeg, er moet worden voorkomen dat appels met peren worden vergeleken.

In dit hoofdstuk zal worden ingegaan op verschillende onderwerpen waarvoor zo mogelijk vaste uitgangspunten genomen worden die in de berekeningsronde worden gebruikt. Deze zijn **vet** gedrukt. Verder wordt er in dit hoofdstuk nog aandacht besteed aan punten die niet zijn meegenomen in de berekeningen.

6.2 Natuur en natuurdoeltypen

In hoofdstuk 4.2 zijn verschillende natuurdoeltypen weergegeven. Uit het wensbeeld van Stichting Het Zeeuwse Landschap komt alleen naar voren dat er zoute waterpartij aanwezig moet zijn met daarbij zilte graslanden. Als op grote lijnen wordt gekeken is de te verwachte natuur voornamelijk afhankelijk van het feit of er wel of geen getij in het gebied aanwezig zal zijn. In de hierboven genoemde toevormogelijkheden zullen de slufter en de duiker een getijdenwerking in het natuurgebied bewerkstelligen. De overige toevormogelijkheden zullen alleen een periodieke fluctuatie van het waterpeil kennen. Dit wordt verderop in dit hoofdstuk toegelicht.

Het gelijkstellen van de natuurdoeltypen voor gebieden met en zonder getijdenwerking is niet mogelijk. Zo zal de slufter het daarbij behorende natuurdoeltype ‘**Slufter en groen strand**’ hebben. De natuur die zal ontstaan bij de aanleg van een duiker kan geclassificeerd worden als een ‘**Gedempt-dynamisch estuarien getijdenlandschap**’ en ‘**Onbeheerde kwelder**’. Voor de overige toevormogelijkheden kan wel een en hetzelfde beeld worden geschetst. Het gaat dan om ‘**Brakwatergemeenschappen**’ en ‘**Zoute en brakke ruigten en grasland**’.

6.3 Saliniteit

De saliniteit van de waterpartij en de van de grond is niet meegenomen in de berekeningen omdat deze van veel factoren afhankelijk is. Tevens wordt verwacht dat dit aspect de uitkomst van het onderzoek niet zal veranderen.

Bij de waterpartijen met (gedempte) getijdenwerking is er vanuit gegaan dat de verversing zodanig is dat er geen problemen zullen ontstaan wat betreft de saliniteit.

De mate van saliniteit in de brakwatergemeenschap en op de zoute en brakke ruigten en grasland is afhankelijk van verschillende factoren. Een beschrijving van de factoren en de effecten op de brakwatergemeenschap wordt in bijlage 8 weergegeven. Het gaat om factoren als:

- De saliniteit van het water dat wordt toegevoerd.
- De hoeveelheid regenwater die in de waterpartij terechtkomt (direct, via afstroming en oppervlakkige grondwaterstroming).
- De verdamping;
- Het debiet van het toegevoerde zoute water

De flora en fauna die uiteindelijk in de brakwatergemeenschap zal gaan leven is voornamelijk afhankelijk van de saliniteit en de fluctuatie daarvan. Het vóórkomen van aantallen soorten ten opzichte van de saliniteit is ook te zien in figuur 4.2 in hoofdstuk 4 (figuur Remane).

Voor de zoute en brakke ruigten en grasland is het van belang dat er voldoende zout in de bodem zit. Een mogelijkheid om dit te kunnen bereiken is het handhaven van een natuurlijk peil (hoge waterstanden in de winter en lage waterstanden in de zomer). Door het stuwpeil vanaf september op te zetten is het mogelijk om grote delen van de zoute en brakke ruigten en grasland te laten inunderen. Voor het begin van het broedseizoen, begin april, moet het peil weer gezakt zijn zodat de broedplekken weer bereikbaar zijn.⁹ Deze maatregel heeft naast het behouden van het zilte karakter van de bodem ook nog een ander voordeel. Door jaarlijkse inundatie zal de vegetatie niet overgaan in een volgend successiestadium en zal de lage pioniersvegetatie behouden blijven. Dit is van belang voor de vogelsoorten die alleen in deze pioniersvegetatie broeden. Ook wordt op deze manier voorkomen dat predatoren schuilplaatsen vinden in de hogere begroeiing zoals struikjes die zich vormen in een verder gevorderd successiestadium.

6.4 Verversing en doorstroming

In zoete watersystemen spelen de nutriënten een belangrijke rol bij het vóórkomen van soorten. Daarbij is een teveel aan fosfaat meestal de beperkende factor. In brakke wateren ligt dit anders. Het vóórkomen van een bepaalde soort is primair afhankelijk van de saliniteit van het water, nutriënten spelen hier een minder grote rol. De meeste brakke wateren zijn voedselrijk, hierbij is een overmaat aan fosfaat aanwezig terwijl het stikstofgehalte juist de beperkende factor is voor plantengroei.

Ondanks het gegeven dat de nutriënten hier minder snel problemen geven dan in zoetwatersystemen is het wel degelijk van belang dat er geen hypertrofie ontstaat. Door het overschot aan nutriënten zullen de algen in het watersysteem domineren en worden hogere waterplanten verdrongen. De algen zorgen tevens voor een grote fluctuatie in zuurstofgehalte tussen dag en nacht.¹⁰

Het is dus van groot belang dat de waterpartij voldoende doorstroming en verversing heeft om stagnatie, en dus ophoping van voedingsstoffen, te voorkomen. Brakke wateren hebben een minimale verversing van 1 à 2 maal per jaar nodig om schoon te blijven.¹¹ Een ander voordeel van de verversing is dat de fluctuatie in saliniteit wordt verkleind. In wateren met een grote fluctuatie in de saliniteit kunnen maar weinig soorten overleven, maar deze soorten zijn vaak wel in groten getale aanwezig. Echter bij te grote schommeling van het watersysteem kan massale sterfte van deze soorten voorkomen. De stabiliteit kan dan verdwijnen.

Een verversing van tweemaal per jaar betekent dat per jaar twee keer de hoeveelheid water in de waterpartij aan nieuw water binnen moet komen. Hierbij wordt al het inkomende water gerekend zoals, ingelaten zoutwater, neerslag en kwel.

⁹ Artikel: Maatregelen voor het behoud van de natuurwaarden in de Ouwkerkse inlagen, De levende natuur, januari 2004 nummer 1, pagina 19 t/m 21

¹⁰ Bron: Levensgemeenschappen van brakke wateren, aanzet tot beschrijving en bescherming, WEW, themanummer 05 december 1995

¹¹ Bron: John Beijersbergen, Provincie Zeeland

Bij de berekeningen van hoofdstuk 7 en 8 is rekening gehouden met een **verversings-snelheid van tweemaal per jaar** om een optimale situatie te kunnen creëren voor het nieuwe brakwatersysteem.

Doorstroming is een andere belangrijke factor voor het schoonhouden van de waterpartij. Ophoping van o.a. organisch materiaal wordt voorkomen en vers ingelaten zoutwater wordt goed verspreid over de gehele waterpartij. Door stimulatie van de doorstroming in bottlenecks door bijvoorbeeld kleine windmolentjes te plaatsen kunnen grote problemen voorkomen worden. Ook een verschillende locatie van het in- en uitlaatpunt bevordert de doorstroming.

Geconcludeerd kan worden dat de doorstroming dus afhankelijk is van het ontwerp van de waterpartij. In dit stadium van het project is dit nog niet meegenomen en daarom is de doorstroming niet meegenomen in de berekeningen.

6.5 Maaiveldhoogte

Uit een eerste inventarisatie is gebleken dat de kosten voor de opties voor een groot deel bepaald worden door het noodzakelijke grondverzet. Er is gekozen om in eerste instantie uit te gaan van het creëren van de waterpartij en de ruigte en grasland op **hoogte van het huidige maaiveld**. Het grondverzet zal zich dan beperken tot het uitgraven van de waterpartij. Mocht de maaiveldhoogte een belemmering voor de toevormogelijkheid vormen dan wordt bekeken in hoeverre het maaiveld afgegraven zal moeten worden om werking van de toevormogelijkheid alsnog mogelijk te maken. In hoofdstuk 7 en 8 zal duidelijk aangegeven worden of dit het geval is.

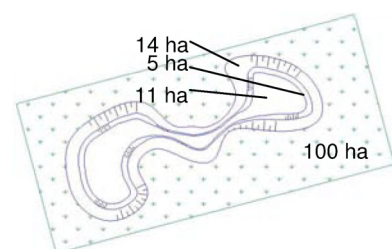
Er wordt vanuit gegaan dat de **grond die vrijkomt bij de afgraving verwerkt wordt binnen het terrein van Waterdunen**. Hierbij kan gedacht worden aan een ophoging rond het natuurgebied om te voorkomen dat andere delen van het gebied overstromen bij hoge waterstanden in het natuurgebied. Ook kan aan het recreatiegebied een reliëf worden gegeven om spanning in het gebied te brengen.

Een ander punt speelt ook nog bij dit onderwerp, namelijk de inundatie van de bouwvoor. Dit is het bovenste deel (ca 30 cm) van de cultuurbodem, dat door de mens bewerkt wordt. Er zijn gevallen bekend waarbij door de bouwvoor te laten inunderen, er eutrofiering van het water plaatsvindt omdat nutriënten die in de bodem zijn opgeslagen, vrijkomen. Dit zou problemen kunnen opleveren bij het inunderen van de ruigten en graslanden in de winter. Het is echter een zeer complex proces dat op kleiige bodems in zeekelegebieden echter relatief weinig problemen geeft (zie bijlage 9). Echter, er zal nog verder onderzoek moeten plaatsvinden om uitsluitsel te kunnen geven over het eventueel vóórkomen van dit proces in de Breskenspolder. Als het proces zich zal voordoen in de Breskenspolder en er worden problemen verwacht dan zal de bouwvoor afgegraven moeten worden. Het zal dan gaan om 50 cm afgraving over een gebied van 70 ha. Als de grond binnen de polder wordt gebruikt wordt met een kostprijs van €7,- per m³ gerekend. De kosten zullen dan uitkomen op €2,5 miljoen.

Doordat onzeker is of afgraving in deze zeekelepolders wel nodig is, wordt dit niet meegenomen in de berekeningen.

6.6 De waterpartij

De dimensies en de locatie van de waterpartij zullen afhankelijk zijn van de toevormogelijkheid. Hierin wordt dezelfde verdeling gevonden als bij de Natuurdoeltypen, getijde- en stagnerend water. De sluffer en het gedempt getijdengebied zullen aan de kust liggen en worden gekenmerkt door een krekensysteem met daaromheen slikken en schorren. Bij de berekeningen wordt verder ingegaan op de



Figuur 6-1: standaard voor de waterpartij

dimenties van dit gebied. Voor de overige toevoermogelijkheden kan een gelijk beeld worden geschetst. Naar alle waarschijnlijkheid zal het gaan om een grote waterpartij waarin eilanden zijn gelegen. **De locatie voor de waterpartij** is voor alle opties het gunstigst **dicht langs de kust**. In de berekeningen wordt dit meegenomen. Er zijn echter technische maatregelen mogelijk om het water van de kust naar een waterpartij meer landinwaarts te transporteren. Hier is verder geen rekening mee gehouden in de berekeningen.

Hoe de waterpartij er uiteindelijk uit gaat zien is nog niet bekend en zal ook niet direct in deze rapportage worden meegenomen.

Er is gewerkt met een standaard, zie figuur 6.2 en bijlage 10. Als diepte van de waterpartij wordt een gemiddelde van 1 meter¹² in de zomer aangehouden en een oppervlakte van 30 ha, zoals de wens van Stichting Het Zeeuwse Landschap luidde. Als de waterpartij te ondiep is kan er in de zomer een probleem ontstaan wanneer er veel water verdampt en er geen water ingelaten kan worden. De saliniteit zal snel stijgen waardoor veel organismen niet kunnen overleven. Bij meer diepte zal de fluctuatie in saliniteit minder groot zijn. Echter, bij diepe wateren zal ophoping van organisch materiaal plaatsvinden omdat op diepe plaatsen haast geen doorstroming is. Bacteriën zetten het organisch materiaal om waardoor zuurstofloosheid kan ontstaan, een ongewenste situatie.

De oevers zullen een flauw talud hebben om te dienen als foerageergebied voor de waadvogels. In totaal is er een gebied van 14 ha dat een hoogteverschil heeft van 30 cm. Bij een lichte fluctuatie van het waterpeil blijft op deze manier een foerageergebied voor de waadvogels beschikbaar. Gemiddeld is er een oppervlakte van ongeveer 4,6 ha aan oever dat een waterdiepte heeft tussen de 0 en 10 cm.

Na deze flauwe oever zal de waterpartij met een talud van 1:34 (5 ha) verder lopen tot de bodem (11 ha).

Met de hierboven genoemde gegevens is berekend dat de **inhoud van de waterpartij 163.500 m³** is (zie ook bijlage 10). Bij een verversing van tweemaal per jaar zal er jaarlijks 327.000 m³ naar de waterpartij worden gevoerd. Ter verduidelijking:

- Als 50% van de tijd water wordt toegevoerd en 50% van de tijd wordt afgevoerd dan zal 1792 m³ toe-/afgevoerd moeten worden.
- Als in de herfst de zilte graslanden onder water komen te staan zal, bijvoorbeeld bij een hoogteverschil van 1 meter en een oppervlak van 70 ha, zal er gedurende 1 maand 11290 m³/dag = 7 m³/min ingelaten moeten worden.

Net zoals de locatie zijn ook de in- en uitlaatpunten van de waterpartij nog niet vastgelegd. Het is wenselijk om de waterpartij direct te laten afwateren op het afwateringskanaal. Zo wordt belasting van het overige slotenstelsel zoveel mogelijk voorkomen. Het uitlaten van water uit het natuurgebied zal geregeld worden via een regelbare stuw. Het uitlaatbeheer zal aangepast moeten worden aan het uitlaatbeheer van het Gemaal Nieuwe Sluis. In bijlage 11 is te zien dat het gemaal niet constant draait en dat er ruimte is voor extra uitlaat van water.

Het inlaatpunt zal, in de meeste gevallen met behulp van technische maatregelen, verschoven kunnen worden naar de meest optimale locatie. Hierin zal een afweging gemaakt moeten worden tussen natuurlijkheid (extra doorstroming) en de kosten.

6.7 De landbouw

Het creëren van zoute natuur binnendijks wordt door de boeren meestal niet toegejuicht. De zoetwaterbellen waar de landbouw van afhankelijk is zijn aan de kust niet erg dik als gevolg van kweldruk. En gevreesd wordt dat door het aanleggen van open brak water

¹² Bron: John Beijersbergen, Provincie Zeeland

binnendijks de kweldruk naar het omliggende landbouwgebied zal vergroten. Verkleining van de zoetwaterbellen kan problemen opleveren voor de productiewaarden van de landbouwgewassen. Dit heeft inkomstenderving voor de boeren tot gevolg.

De invloed van zoute kwel uit de nieuwe waterpartij op de landbouw is afhankelijk van:

1. de afstand tussen de waterpartij en de landbouwgebieden;
2. de doorlatendheid van de bodem;
3. en het hoogteverschil tussen de waterstand in de waterpartij en de freatische grondwaterstand in de landbouwgebieden.

De mogelijke oplossingen zijn te vinden in de factoren die invloed hebben op de kwel. Kwel kan in het algemeen worden verminderd door:

1. het vergroten van de afstand tussen de waterpartij en de landbouwgebieden door de waterpartij aan de zeezijde van de Breskenspolder te situeren;
2. het zetten van kwelschermen rond het gebied waardoor de doorlatendheid van de bodem verder wordt verkleind;
3. en het graven van kwel sloten rond het gebied waardoor de kwel wordt onderschept op zijn weg naar het lager gelegen zoete freatisch grondwater.

Echter als naar de specifieke situatie in de Breskenspolder wordt gekeken is het volgende te zien:

1. De landbouwgebieden liggen alleen ten zuiden van de Breskenspolder (ten oosten recreatiegebied, ten westen afscheiding door het afwateringskanaal en in het noorden de zee). Tevens wordt er gekeken naar de mogelijkheden om het projectgebied uit te breiden in zuidelijke richting. Hierdoor wordt de afstand tussen de landbouw en de waterpartij alleen maar groter. Een bijkomend voordeel is dat de toevoer van zoutwater naar de waterpartij over het algemeen makkelijker is als deze dicht bij de kust is gelegen.
2. De deklaag in en om de Breskenspolder bestaat uit slechtdoorlatende klei. Hierdoor is stroming van water door deze laag zeer klein. Als de waterpartij in zijn geheel wordt omringd door klei uit de deklaag zal er weinig water uit treden naar omliggende gebieden.

In het 'MER Sluis aan Zee' is een beschrijving gegeven over de mogelijke gevolgen voor de landbouw als er zeewater wordt ingelaten in het kanaal naar Sluis (zie Bijlage 12). Hieruit blijkt dat het zoute water tot maximaal 3 meter buiten de waterpartij zal doordringen. Ook bij deze berekeningen is uitgegaan van een slechtdoorlatende deklaag. Voor de Breskenspolder zal het gaan om een soortgelijke situatie en problemen worden dan ook niet verwacht. Als 'worst case' kan de driemeterlijn om het natuurgebied heen worden getrokken als rekening wordt gehouden met inundatie van de ruigten en graslanden in de wintermaanden.

3. De hoogte van het maaiveld van de omliggende landbouwgebieden is ongeveer gelijk aan die van de Breskenspolder. Het peil van de waterpartij zal waarschijnlijk een paar decimeter onder de huidige maaiveldhoogte komen te liggen. De hoogte van freatisch grondwater in de omliggende landbouwgebieden is afhankelijk van de drainagevoorzieningen en de hoeveelheid neerslag. Naar alle waarschijnlijkheid zullen er geen grote hoogteverschillen tussen de beide waterstanden optreden zodat de drijvende kracht achter grondwaterstroming miniem is.

Uit het bovenstaande blijkt dat te verwachten effecten van het zoute water op de landbouw te verwaarlozen zijn.

7 MOGELIJKHEDEN VOOR DIRECTE ZOUTWATERTOEVOER

7.1 Inleiding

Om nieuwe natte zilte natuur te kunnen creëren is een periodieke of constante toevoer zout/brak water een eerste vereiste. Zonder deze toevoer zal het gebied snel verzoeten of verdrogen. Een toevoer van zoutwater is op verschillende manieren te realiseren. Hierbij kan onderscheid gemaakt worden tussen natuurlijke en niet natuurlijke processen en directe en indirecte toevoermogelijkheden. Onder 'directe mogelijkheden' worden toevoermogelijkheden verstaan waarbij zoutwater uit het nabijgelegen oppervlaktewater (de Westerschelde) het gebied wordt binnengelaten, al dan niet met behulp van een doorlaatmiddel. 'Indirecte mogelijkheden' zijn toevoermogelijkheden waarbij zout/brak grondwater het gebied wordt binnengehaald met of zonder hulpmiddelen. Dit komt in hoofdstuk 8 aan de orde. In dit hoofdstuk zullen de directe mogelijkheden voor de toevoer van zoutwater worden besproken. Na een algemene toelichting van het proces, zullen de uitkomsten van de berekeningen worden weergegeven. De berekeningen zelf zijn in de bijlagen te vinden. Verder zal een beschrijving worden gegeven van de gevolgen die de toevoermogelijkheid heeft op o.a. natuur, kustveiligheid en kosten. Deze beschrijving zal tevens in de vorm van een tabel met de voor- en nadelen worden samengevat. Aan het einde van elk sub hoofdstuk wordt een conclusie toegevoegd waaruit blijkt of de optie een mogelijke oplossing is voor het toevoeren van zoutwater in het projectgebied Waterdunen.

Er is nog een aantal algemene voor- en nadelen te noemen bij het 'direct' gebruiken van water uit de Westerschelde.

VOORDELEN	NADELEN
In het water van de Westerschelde zitten al veel organismen. Deze organismen zullen bij het inlaten van water meegevoerd worden in de waterpartij. Hierdoor kunnen de organismen zich makkelijker vestigen. Dit is van belang omdat zij als voedsel voor de vogels zullen dienen.	Bij het gebruik van water dat 'direct uit de Westerschelde komt zal op een of andere manier de zeewering gepasseerd moeten worden. Om de veiligheid te garanderen is het van belang dat er voorzichtig wordt omgesprongen met werken die door de zeewering worden aangelegd. Omdat bij falen de zeewering wordt aangetast en de veiligheid op het spel staat.

7.2 Slufter

7.2.1 Natuurlijkheid van sluffers

Een slufter ontstaat als de zee een bres in een duinenrij slaat. Door deze opening zal periodiek zeewater naar binnen dringen, afhankelijk van de hoogte van de drempel die in de ingang ligt. Het zeewater neemt slib mee en zet dit af in het gebied, waardoor op den duur slikken en schorren ontstaan. De zilte natuur in het zoete duinlandschap geeft een grote variatie aan abiotische factoren binnen een relatief klein gebied. Dit zal leiden tot een grote diversiteit van flora en fauna. Deze unieke gebieden hebben een broed-, rui-, rust- en foerageerfunctie voor vogels.

7.2.2 Sluffers in Nederland

Op twee plaatsen in Nederland zijn natuurlijk ontstane sluffers te vinden. Een van die sluffers ligt op Texel, de andere bevindt zich vlakbij het projectgebied, t.w. 'Het Zwin' in het westen van Zeeuws Vlaanderen op de grens van België en Nederland. Er zijn nog twaalf andere slufferachtige gebieden in Nederland te vinden.¹³



Figuur 7-1: Het Zwin

¹³ Basisrapport Zandige Kust, bijlage 2

Doordat de Nederlandse kustverdediging is vastgelegd om veiligheid te garanderen en landverlies te voorkomen, is het ontstaan van nieuwe sluffers zelden mogelijk. Alleen op plaatsen waar de duinenrij voldoende breedte heeft kan worden overwogen om processen die uiteindelijk sluffers vormen niet tegen te gaan, en de natuur haar gang te laten gaan. Ook worden tegenwoordig op sommige plaatsen kunstmatige sluffers aangelegd om zo het areaal van deze unieke gebieden uit te breiden. Voorbeelden hiervan zijn de kunstmatig aangelegde sluffer bij Schoorl, Neeltje Jans en Rammekenshoek.

7.2.3 Sluffer in de Breskenspolder

Uit de ontstaanswijze van sluffers is af te leiden dat de ondergrond zandig is. Om een sluffergebied in de Breskenspolder te creëren is het dus van belang om de huidige kleilaag grotendeels af te graven om zo een natuurlijke beginsituatie te simuleren. Daarnaast is afgraving voordelig voor de hoogteligging van de gronden in het nieuwe gebied. Hoe lager het gebied hoe groter de dynamiek in het gebied zal zijn. Door een grote dynamiek zal het water zijn weg door het landschap slijpen en een geulenstelsel gaan vormen. Dit proces zal wel in de hand gehouden moet worden om de veiligheid voor het achterland te kunnen garanderen.

Om de sluffer te kunnen laten voortbestaan is het van belang dat de zandstroming langs de kustlijn niet te groot is waardoor er erosie- of sedimentatieprocessen in de sluffer op grote schaal gaan plaatsvinden. Aan de westkant van de Breskenspolder bij het gemaal van Nieuwe Sluis wordt weinig zand vastgehouden. Als de kustlijn wordt bekeken is te zien dat de Breskenspolder uit de kustlijn steekt. De stroming in de Westerschelde wordt op deze plaats sterker waardoor er hier zandhonger is. De kust wordt met behulp van diepstekende strandhoofden vastgehouden. De oostelijke kust langs de Breskenspolder wordt gesuppleerd om de duinen die daar staan te kunnen behouden.¹⁴ De beste locatie lijkt dus de westzijde van de Breskenspolder waarbij eventueel beschermende maatregelen genomen kunnen worden om de erosie- en sedimentatieprocessen in de hand te houden.

Bij het aanleggen van een sluffer wordt zilte natuur gecreëerd. Als deze mogelijkheid in het projectgebied van Waterdunen gerealiseerd zou worden zal de huidige waterkering moeten worden doorgestoken. Om de veiligheid van het achterliggende gebied te kunnen garanderen zal er een nieuwe zeewering moeten komen die voldoet aan de Wet op de Waterkeringen, in dit geval een zeewering met een overschrijdingskans van 1 op 4000¹⁵. Hieraan zijn hoge kosten verbonden. Daarbij komt nog dat door de dijk door te steken land teruggegeven zal worden aan de zee. Dit ligt gevoelig en brengt langdurige procedures met zich mee. Het streven is om het project Waterdunen binnen enkele jaren te kunnen realiseren. Het moet een voorbeeld worden van de mogelijkheden die er zijn voor de kust van Zeeuws Vlaanderen. Een sluffer zal de realisatie van het project vertragen.

Als het doel is om een zo natuurlijk mogelijke situatie te verkrijgen in het projectgebied, waarin ruimte is voor de overgang van duinvegetatie naar schorren- en slikkenvegetatie, zal de huidige zeedijk en de nieuw aan te leggen zeewering een duinkarakter moeten krijgen. Er kan hierbij gedacht worden aan het overstuiven* van de huidige zeewering en/of nieuw aangelegde duinen om het sluffergebied heen. Dit komt overeen met de wensen van het gebiedsplan 'Natuurlijk Vitaal', welke een robuuste kust, o.a. in de vorm van duinen, voor ogen heeft.

¹⁴ Bron: Piet Roelsen, RIKZ Middelburg

¹⁵ Bron: De veiligheid van de primaire waterkeringen in Nederland, pag. 251

Het idee achter Waterdunen is om een natuurgebied te creëren dat naast zijn voornamelijke 'natuurfunctie' ook mogelijkheden biedt voor extensieve recreatie. Samen met de daar omheen liggende recreatienatuur moet het een unieke locatie vormen voor de recreant. Het aantal sluffers in Nederland is niet erg groot maar binnen de kustlijn van West Zeeuws Vlaanderen zijn al twee sluffer(achtige)gebieden te vinden (Het Zwin en de Verdronken Zwarte Polder). Het 'unieke' wordt hierdoor minder uniek.

7.2.4 Voor- en nadelen

VOORDELEN	NADELEN
Eenmaal aangelegd is het een natuurlijk proces.	Erosie- en sedimentatieprocessen zullen in de hand gehouden moeten worden.
Bij voldoende dynamiek zal zich vanzelf een geulenstelsel vormen → minder afgraving.	Aanleg van een nieuwe zeewering, waaraan extra kosten zijn verbonden.
Duinlandschap past binnen het gebiedsplan Natuurlijk Vitaal	'Ontpolderen' heeft lange procedures tot gevolg en heeft weinig draagvlak; niet gewenst voor Waterdunen als voorbeeld-project
Grote diversiteit aan flora en fauna.	Past niet binnen het concept Waterdunen; sluffer is niet uniek binnen West Zeeuws Vlaanderen

7.2.5 Conclusie

Het creëren van een sluffer heeft grote gevolgen voor de omgeving. Het welslagen van dit dynamische proces is lastig te sturen. Om deze en bovenstaande nadelen wordt de optie 'Sluffer' niet verder in dit rapport meegenomen.

7.3 Hevel

7.3.1 Het hevelprincipe

Een hevel is een buis over de dijk waardoor water van de ene zijde van de dijk wordt geheveld naar de andere zijde. De hevel wordt op gang gebracht met behulp van een pomp die door middel van het creëren van een vacuüm in de buis het water aanzuigt. Als het water eenmaal over de dijk is gezogen zal het water onder vrij verval naar beneden stromen. Als de hevel eenmaal loopt hoeft er geen energie meer in te worden gestoken. Als er genoeg water is ingelaten kan een klep bij de toevoeropening dichtgezet worden zodat het systeem vanzelf stopt.

Het voordeel van een hevel is dat deze niet door de waterkerende kern van de dijk gaat. Hierdoor wordt er geen verzwakking gecreëerd door leidingwerk in de dijk.

7.3.2 Hevel in de Breskenspolder

De zeedijk van de Jong-Breskenspolder is erg hoog, gemiddeld 11 meter NAP. Dit betekent dat er een vacuüm in de hevel moet worden gerealiseerd van 9 meter (bij een waterstand van 2 meter NAP in de Westerschelde) voordat de hevel op gang komt. Om de krachten van zo'n groot vacuüm te kunnen houden zijn stalen buizen nodig met een zeer dikke wand. Dit is kostentechnisch waarschijnlijk niet haalbaar.

Op het Haringvliet is ook onderzocht of met behulp van een hevel water ingelaten kon worden. Hieruit bleek dat een hevel eigenlijk alleen geschikt is wanneer de afstand tussen de kruin van de waterkering en de waterstand op het Haringvliet niet te groot is (maximaal 1,5 m).¹⁶ Toepassing van deze methode was niet mogelijk op het Haringvliet en zal ook bij de Breskenspolder niet haalbaar zijn.

¹⁶ Bron: Zoetwatervoorziening en natuurontwikkeling Noordrand Goeree-Overflakkee

7.3.3 Voor- en nadelen

VOORDELEN	NADELEN
Geen leidingwerk door de dijk heen → geen verzwakking voor de dijk.	De hevelconstructie is – gelet op het grote hoogteverschil - technisch/financieel niet haalbaar.
Eenmaal op gang is er geen energie-verbruik meer	

7.3.4 Conclusie

Doordat deze optie niet haalbaar is zal deze niet verder in het rapport worden opgenomen.

Er bestaat de mogelijkheid om de hevelmethode toch toe te passen. Hierbij zal de buis niet over de dijk heen worden gelegd maar door de dijk heen. Hierdoor gaat wél een van de grootste voordelen van deze mogelijkheid verloren, namelijk: geen aantasting van het dijklichaam.

7.4 Gemaal Nieuwe Sluis

7.4.1 Huidige situatie

In de noordwestelijke hoek van de Jong-Breskenspolder bevindt zich het poldergemaal Nieuwe Sluis. Het gemaal bezit twee elektrisch aangedreven pompen die ieder een capaciteit hebben van 175 m³/minuut. Het gemaal zal automatisch aanslaan als de waterstanden boven het gewenste zomer- of winterpeil uitkomen, in dit geval respectievelijk -0,6 en -0,9 meter NAP. De pompen die in het gemaal aanwezig zijn kunnen het water één kant op pompen. Zij persen het water via een kattenrug* door de dijk heen. Een vacuümpomp zorgt ervoor dat de luchtballen in de leiding worden verwijderd.



Figuur 7-1: gemaal Nieuwe Sluis en afwateringskanaal, polderzijde

7.4.2 Tweezijdig gebruik van het huidige gemaal?

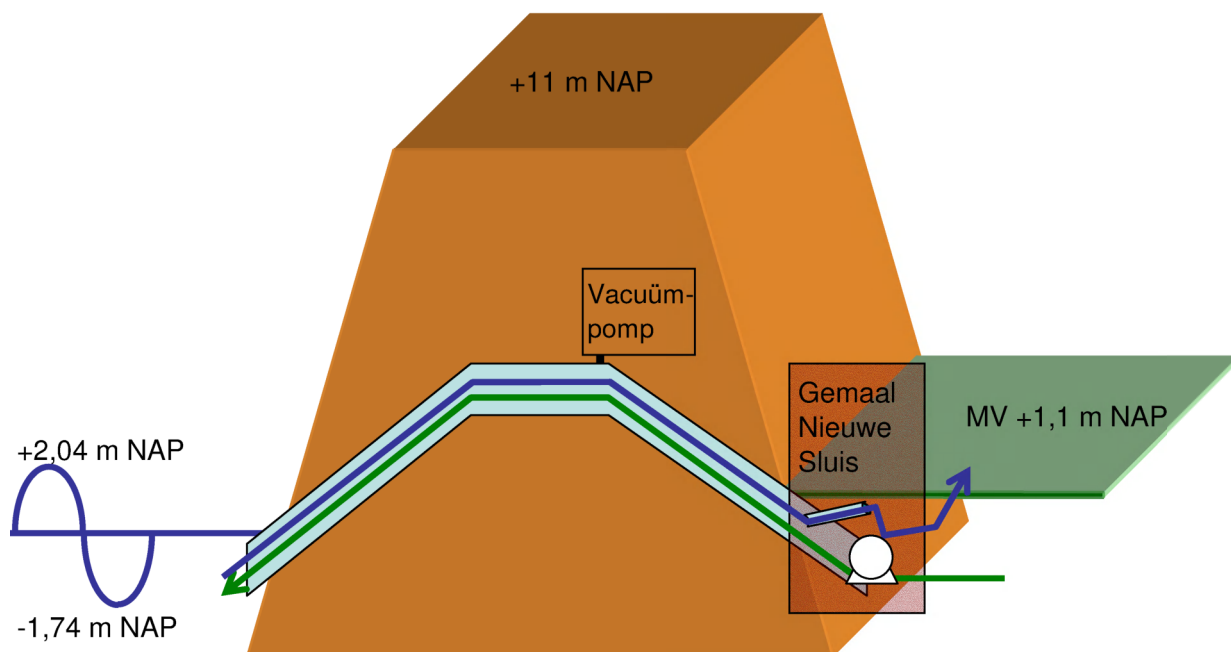
Het idee achter de toevormogelijkheid 'Gemaal Nieuwe Sluis' is om zoutwater uit de Westerschelde binnen te laten via de huidige constructie van het gemaal. Op deze plaats is de zeewering aangepast om het polderwater af te kunnen wateren op de Westerschelde door middel van een buis die uitkomt in een spuikom. Er hoeft dus geen nieuwe mogelijke verzwakking in de waterkering te worden aangelegd.

Een mogelijkheid om deze constructie te gebruiken voor het inlaten van water uit de Westerschelde de Breskenspolder in ziet er als volgt uit (zie ook figuur 7.2):

Aan de binnenzijde van de dijk is op een zo laag mogelijk punt in de oostelijke persleiding een aftakking gemaakt. Deze aftakking, bestaande uit een pijp met afsluiter, komt uit in een nieuw aangelegde sloot die naar de waterpartij loopt.

Nadat er polderwater is gespuid op de Westerschelde, is de persleiding gevuld met water. Door de aftakking te openen ontstaat er een lagere druk in de leiding aan de binnenzijde van de dijk. Als de uitstroomopening van de aftakking lager ligt dan de waterstand in de Westerschelde zal de persleiding als hevel gaan werken. Deze zal blijven

lopen totdat het waterpeil in de Westerschelde weer is gezakt tot beneden de hoogte van de uitstroomopening van de aftakking. De aftakking kan weer worden afgesloten en de doorgang van de persleiding naar het gemaal wordt hierdoor hersteld. In de tijd dat de aftakking is geopend is het niet mogelijk om te spuien. Als spuien van overtollig polderwater voorrang krijgt is het dan ook niet mogelijk om te allen tijde water via deze manier in te laten. In de grafiek in bijlage 11, is te zien wat de draaiuren van het gemaal over de afgelopen jaren zijn geweest.



Figuur 7-2: werking Gemaal Nieuwe Sluis bij uit- en inlaat van water

7.4.3

Resultaten van de berekeningen

Uit de berekeningen, welke zijn uitgewerkt in bijlage 13, is naar voren gekomen dat er bij een buisdiameter van 300 mm per jaar 100 keer (=100 getijden van de ca. 700 getijdengolven per jaar) moet worden ingelaten om een verversing van 2 keer per jaar te krijgen. Hierbij zal een peilstijging per inlaat van 1,1 cm over 30 ha worden verkregen. Bij een toenemende diameter van de uitstroombuis neemt het benodigde aantal inlaten per jaar al snel af en neemt de peilstijging per inlaat toe.

Het rendement van deze toevormogelijkheid is tevens afhankelijk van de hoogte van de uitstroomopening. Hoe lager deze ligt des te beter. In de berekeningen is rekening gehouden met een uitstroomopening op 0,5 m NAP. Door de lage instroom in de polder zal het water opgezet moeten worden om het water het natuurgebied in te krijgen. Hiervoor kan een Vopo-gemaal neergezet worden. Deze gemalen zijn verkrijgbaar met een debiet van 0-6, 6-20 en 20-80 m³/min.

Om te voorkomen dat de sloot die het water vanuit het gemaal Nieuwe Sluis afvoert een enorme bergingscapaciteit moet hebben om de grote hoeveelheid water te kunnen bergen is het van belang dat het gemaal voldoende debiet heeft. Bij een buisdiameter van 300 mm is er een debiet van 11,4 m³/min. Het Vopo-gemaal van 6-20 m³/min zal voldoen aan het vereiste.



Figuur 7-3: Vopo-gemaal

Uit de berekeningen komt naar voren dat een verversing van tweemaal per jaar behaald kan worden. Hier moet echter wel een kanttekening bij gemaakt worden. In geval van veel neerslag of grote droogte is het gewenst om extra zout water in het gebied te krijgen. Zo wordt de fluctuatie in saliniteit afgevlakt. Echter, in deze situaties is het niet altijd mogelijk om water in te laten aangezien het opstarten van deze optie afhankelijk is van het afwateren van het gemaal.

- Zo zal bij veel neerslag het gemaal eerst het water uit de omliggende landbouwgebieden moeten afvoeren voordat het gemaal beschikbaar komt voor de inlaat van zout water.
- Bij grote droogte is het niet wenselijk om extra water van het afwateringskanaal uit te laten. Er zal gewacht moeten worden tot het waterpeil in de polder boven het gewenste peil uitkomt voordat het gemaal wordt ingeschakeld.

7.4.4 Kosten

De kosten voor deze optie zullen bestaan uit:

- Kosten grondverzet voor de waterpartij en de aan- en afvoersloot;
- Vopo-gemaal voor het opzetten van het water;
- Kosten voor het aanpassen van de persleiding:
 - Aanpassen huidige uitstroomopening (in deze optie te gebruiken als instroomopening);
 - Afsluiting van de persleiding naar het gemaal;
 - Aftakking op de persleiding;
- Stuw bij de uitvoersloot voor het opzetten van het peil in het gebied in de winter.
- Elektra voor het extra draaien van het Gemaal Nieuwe Sluis en het Vopo-gemaal (berekening zie bijlage 13).

Wat?	Kosten
Grondverzet	€ 1.144.500
Aanpassing persleiding	€ 50.000
Elektra	€ 11.650
Vopo gemaal 6-20 m ³ /min	€ 200.000
Stuw	€ 30.000
Diversen + onvoorzien 25%	€ 359.038
Totaal	€ 1.795.188

7.4.5 Voor- en nadelen

VOORDELEN	NADELEN
Geen nieuw leidingwerk door de dijk → geen verzwakking voor de dijk.	Een nieuwe functie kan nieuwe complicaties met zich meebrengen. Mogelijk bezwaar voor de beheerder.
De situatie blijft ongewijzigd voor de west-buis.	
In normale situaties makkelijk te sturen om o.a. saliniteit in de hand te kunnen houden.	Extra opzetgemaaltje nodig om het water op het gewenste niveau te krijgen.
Er wordt gedeeltelijk gebruik gemaakt van de hevelwerking ('natuurlijk' proces) → verlichting in de kosten voor elektra	Extra energieverbruik van het oude en nieuwe gemaal.

7.4.6 Nieuw gemaal i.p.v. Gemaal Nieuwe Sluis

Het is ook mogelijk om een geheel nieuwe constructie neer te leggen, waarbij er één pomp wordt gebruikt om het water twee richtingen op te sturen. Hierbij staat het gemaal aan de buitenzijde van de dijk en wordt de oude installatie verwijderd. Een soortgelijke optie is voor een andere locatie uitgewerkt in het rapport "Zoetwatervoorziening en

natuurontwikkeling Noordrand Goeree-Overflakkee, achtergronddocument, Royal Haskoning, 2003". Deze optie is opgenomen in bijlage 14.

De kosten voor dit gemaal waren €5,7 miljoen. Hierbij zijn dan nog geen kosten voor het grondverzet voor de waterpartij gerekend. Ook moet er bij deze optie gedacht worden aan een mechanisme om het zoute water uit de omliggende polders te houden. Verzilting van de sloten in de polders is ongewenst.

Doordat de kosten van alternatief 2 vele malen hoger zijn dan die van alternatief 1 zal alternatief 2 niet verder worden uitgewerkt.

7.4.7 Conclusie

Door het huidige gemaal te gebruiken voor het inlaten van water uit de Westerschelde lukt het om op een redelijk eenvoudige manier voldoende zoutwater in het projectgebied te krijgen. Deze optie biedt mogelijkheden voor Waterdunen en zal in de vergelijkingsronde worden opgenomen.

7.5 Nieuw gemaal buitendijks

7.5.1 Omschrijving algemeen

Met behulp van een gemaal kan water worden opgestuwd, in de hoogte- en of lengterichting. Zo kan een gemaal gebruikt worden om water over de dijk heen te pompen. Het gemaal zal aan de kant staan waar het water vandaan wordt gehaald. Zo kan de pomp het water door de buis persen en hoeft er geen vacuüm gecreëerd te worden.

7.5.2 Een nieuw gemaal in de Breskenspolder

Bij deze optie zal een nieuw gemaaltje aan de buitenzijde van de dijk worden gezet ten oosten van het gemaal van Nieuwe Sluis. De precieze locatie staat niet vast. Deze kan aangepast worden aan de locatie voor de waterpartij. Er moet wel gedacht worden aan de zandsuppletie die plaatsvindt ten oosten van de Breskenspolder. De inlaat van het gemaal mag niet onder het zand bedekt worden.

7.5.3 Resultaten van de berekeningen

In bijlage 15 is berekend wat de capaciteit van de pomp in het gemaal moet worden als de pomp binnen een kwart van de tijd (3 maanden) de totale waterpartij moet kunnen verversen. Dit kwam uit op een capaciteit van 2,5 m³/min. Rekening houdend met de buitenwaterstand kan gedurende 69% van de tijd per jaar water worden ingelaten, dit is iets meer dan 8 maanden per jaar. Van deze tijd is echter maar 3 maanden nodig om de gewenste waterversing te halen. Bij deze optie is dus een ruime reserve om eventueel extra water in te laten. Hierbij hoeft geen rekening gehouden te worden met het Gemaal van Nieuwe Sluis zodat te allen tijde water ingelaten kan worden.

7.5.4 Kosten

De kosten voor deze optie zullen bestaan uit:

- kosten grondverzet voor de waterpartij en de aan- en afvoersloot;
- kosten voor het aanleggen van het gemaal;
- stuw bij de uitvoersloot voor het opzetten van het peil in het gebied in de winter.

Wat?	Kosten
Grondverzet	€ 1.144.500
Gemaal	€ 200.000
Stuw	€ 30.000
Energiekosten voor 10 jaar	€ 38.760
Diversen + onvoorzien 25%	€ 353.315
Totaal	€ 1.766.575

7.5.5 Voor- en nadelen

VOORDELEN	NADELEN
Geen nieuw leidingwerk door de dijk → geen verzwakking van de dijk.	Energieverbruik van het gemaal.
Makkelijk te sturen om o.a. saliniteit in de hand te kunnen houden.	Bij plaatsing moet gelet worden op de locatie(hoogte) in verband met vloed.
De gemalen (nieuwe en gemaal Nieuwe Sluis) werken onafhankelijk van elkaar.	Oppassen voor verzanding van de instroomopening gemaal.

7.5.6 Conclusie

Door een nieuw gemaal te plaatsen aan de kust is het met een kleine inspanning mogelijk om de zoutwatertoevoer binnendijs goed te kunnen regelen. Deze optie biedt mogelijkheden voor Waterdunen en zal in de vergelijkingsronde worden opgenomen.

7.6 Duiker

7.6.1 (Getijden)duikers

Een duiker is een koker onder een dijk of weg en vormt een verbinding tussen twee wateren aan weerszijden van de dijk of weg. Duikers zijn ronde of rechthoekige buizen die kunnen bestaan uit kunststof, beton, metselwerk of staal¹⁷. Door dit kunstwerk in de zeekering aan te leggen kan er op een gereguleerde manier water uit de Westerschelde binnendijs worden gehaald. Hierdoor kan er binnendijs ook gedempt getij worden gecreëerd.

7.6.2 Duiker in de Breskenspolder

Bij de optie 'duiker' zal het binnendijs natuurgebied worden ingericht als een getijdengebied met geulen, slikken en schorren. Om te voorkomen dat er veel zand door de duiker mee naar binnen komt en het gebied aanzandt, is naast het installeren van een bezinkbak binnendijs, de locatie van de duiker van belang. Zoals in de optie van de slufte is te lezen, is langs de kust in het westelijke deel van de Breskenspolder een sterke stroom waardoor zanderosie plaatsvindt. Deze erosie wordt tegengehouden door diepstekende strandhoofden. De kust aan het oostelijke deel van de polder wordt gesuppleerd om de duinen daar te kunnen behouden en aan te sterken. De meest ideale locatie voor de duiker zal dan ook in het westen van de polder zijn. Hierbij moet wel rekening worden gehouden met het afwateringskanaal.

7.6.3 Beheer

Om te voorkomen dat het gebied aanzandt is het noodzakelijk dat het zand periodiek uit de bezinkbak wordt verwijderd. De frequentie van deze beheersmaatregel is afhankelijk van het zandtransport door de buis en de grootte van de bezinkbak. Om het zoute en brakke grasland en ruigte te behouden zal maaien of beweiden nodig zijn.

7.6.4 Kustveiligheid

In de 'Leidraad kustwerken' uit 2003 worden leidingen en buizen - waaronder ook de transportleidingen van gemalen, duikers en hevels vallen - 'kokervormige constructies door de waterkering' genoemd. De primaire functie van deze constructies is niet waterkerend maar juist het transport van water, waardoor zij een zwakker punt in de waterkering vormen. Tevens is het zo dat bij het falen van deze constructies de waterkering kan worden aangetast, bijvoorbeeld door een scheur in een duiker waardoor water in de

¹⁷ Bron: Duikers en sluisen, pag. 16

dijk komt. Deze situatie is niet wenselijk en kunstwerken in de waterkeringen worden daarom zoveel mogelijk vermeden.

Omdat de waterkering volgens de wet op de Waterkering aan bepaalde veiligheidseisen moet voldoen zullen maatregelen getroffen moeten worden aan de constructie om aan deze eisen te voldoen. Hierbij kan gedacht worden aan schuiven die aan beide zijden van de duiker worden geïnstalleerd. Deze kunnen onder slechte weersomstandigheden worden gesloten. Tevens zal er om de veiligheid van het achterliggende recreatiegebied te kunnen garanderen, een ophoging gemaakt worden aan de randen van het grasland en ruigte. Zo is het mogelijk om deze grond sporadisch onder te laten lopen om zo het zilte karakter te behouden.

7.6.5 Resultaten van de berekeningen

Voor de situatie als hierboven beschreven is een model gebruikt van het RIZA, 'getij-duiker'. Het model is bedoeld om een eerste verkenning te geven naar de mogelijkheden van het plaatsen van een of meerdere duikers door de zeekering heen.

Toepassing van het model op de situatie in de Breskenspolder heeft het volgende resultaat opgeleverd:

Als er 1 duiker wordt aangelegd met een afmeting van 2x1 (bxh) met een lengte van 100m zal er een binnendijks getij ontstaan van gemiddeld 25 cm. Hierdoor zal gemiddeld 50 ha onderwaterlopen. Het minimumpeil is $\pm 1,20$ m NAP, het maximumpeil $\pm 1,75$ m NAP. Tijdens springtij zal het gehele gebied onder water komen te staan.

Verder onderzoek is noodzakelijk om van deze grove gegevens een gedetailleerd plan te maken waarbij onder andere rekening wordt gehouden met weerstand door onder andere de vorm van het getijdengebied.

In bijlage 16 zijn de uitgebreide resultaten van het model opgenomen.

7.6.6 Kosten

Bij de bovenstaande berekeningen zijn twee duikers gebruikt met een afmeting van 2x1. De duikers komen door de dijk te liggen en gedeeltelijk onder het strand. De totale lengte van de duikers zal minimaal de 100 meter bedragen. Om de veiligheid van het binnendijkse gebied te kunnen garanderen zullen er schuiven zowel aan de buiten- als aan de binnenzijde worden geplaatst, die bij zwaar weer of extreem hoog water afgesloten kunnen worden. Verder is het noodzakelijk om een verhoging om het gebied te leggen om overstroming van het recreatienatuurgebied met zoutwater te voorkomen.

Wat?	Kosten
Grondverzet	€ 600.000
Duikers inclusief	€ 1.500.000
Diversen + onvoorzien 25%	€ 525.000
Totaal	€ 2.625.000

7.6.7 Voor- en nadelen

VOORDELEN	NADELEN
Er wordt een dynamisch natuurgebied gecreëerd.	Beheer noodzakelijk om dichtslibbing te voorkomen.
Minder heftige oplossing dan de slufteer en toch estuariene natuur, zij het met gedempt getij van 25 cm	Constructies door de dijk heen kunnen bij falen grote risico's met zich meebrengen voor de veiligheid

7.6.8 Conclusie

Het creëren van dynamisch natuurgebied in de Breskenspolder met behulp van een duiker is mogelijk en wordt realistisch geacht. Deze optie wordt meegenomen in de vergelijking.

8 MOGELIJKHEDEN VOOR INDIRECTE ZOUTWATERTOEVOER

8.1 Inleiding

Door de ontstaanswijze van Zeeland is er altijd al invloed geweest van zout op het land. Nadat Zeeland was ingepolderd en het land niet meer onder directe invloed van de zee stond hebben zich zoetwaterbellen in de grond gevormd. Deze bellen verschillen in grootte van enkele meters tot op sommige plaatsen wel 30 meter diep. Hierdoor werd landbouw mogelijk. Maar op lagergelegen delen kwelde het zoute grondwater nog steeds op.

In Zeeland is op verschillende plaatsen te zien dat achter de dijk grote brakke meren liggen, inlagen. Deze zijn ontstaan door de winning van klei voor de slaperdijken. Karrevelden zien er anders uit. Stukken grasland worden doorsneden met greppels die zo'n 10-15 meter uit elkaar afliggen. Ook deze zijn ontstaan door de afgraving van klei voor de dijken. Door de afgravingen liggen deze gebieden lager en komt kwel uit het watervoerende pakket, welke wordt gevoed door een van de zoute zeearmen of de Noordzee, omhoog.

In dit hoofdstuk wordt bekeken welke mogelijkheden er zijn om met behulp van kwel/grondwater zoute natuur in de Breskenspolder te creëren.

Algemene voor- en nadelen indirect water

VOORDELEN	NADELEN
Er zijn reeds karrevelden aanwezig in het oosten van de Breskenspolder. Dit systeem bestaat al langer. Als de karrevelden in verbinding staan met het nieuwe stagnante water, wat ook met kwel wordt gevoed, zal overdracht van organismen kunnen plaatsvinden. Dit komt de diversiteit ten goede.	Kwel is vaak voedselrijk doordat het bijvoorbeeld door veenlagen heen komt en zo voedingstoffen opneemt.
	Kwel is zuurstofarm, wat de waterpartij negatief kan beïnvloeden.
	Het is meestal een langzaam proces waar weinig invloed op uitgeoefend kan worden.
Karakteristiek voor Zeeland.	De kwel bevat geen organismen zo dat het extra van belang is dat de waterpartij in contact staat met andere wateren.
Geen impact op de zeewering. → goed voor de kustveiligheid	

Dit hoofdstuk is iets anders ingedeeld dan het voorgaande. Eerst zal een uitgebreide uitleg worden gegeven over het grondwatersysteem in de Breskenspolder. Vervolgens zal dezelfde indeling worden gehanteerd als in het vorige hoofdstuk.

8.2 Het grondwater in de Breskenspolder

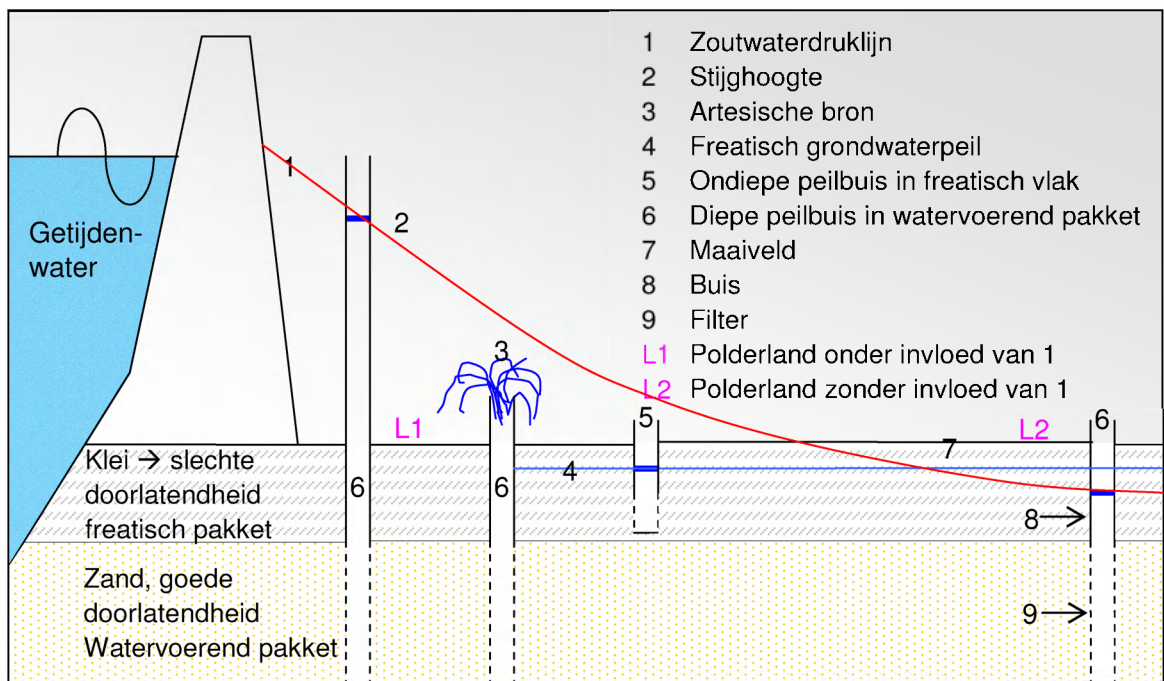
Artesische bronnen
 Neerslag kan na inzijging in de bodem in het watervoerend pakket terecht komen dat aan de bovenzijde is afgesloten door een slecht doorlatende laag. Het water in de watervoerende laag komt onder spanning te staan zodra het inzijgingsgebied hoger ligt dan de bovenzijde van het watervoerend pakket. Dit water wordt spanningswater genoemd. Als door een natuurlijke oorzaak deze laag wordt doorbroken of als er een peilbuis door de ondoorlatende laag wordt gezet zal, wanneer het maaiveld lager ligt dan het inzijgingsgebied, een artesische bron ontstaan. In Nederland komen artesische bronnen weinig voor, het verschil in maaiveldhoogte is namelijk gering.

8.2.1 Artesische bronnen in Zeeland?

Zeeland kent weinig hoogteverschil. Ondanks dat is er toch veel spanningswater in het eerste watervoerend pakket aanwezig. Omdat de gemiddelde hoogte van het buiten-

water hoger is dan de onderkant van het kleipakket, komt het grondwater onder druk te staan, zie figuur 8.1. Als er een reeks peilbuizen(6) met het filter(9) in het watervoerend pakket wordt geplaatst, haaks op de dijk en in een rechte lijn, zal in de stijghoogte(2) van het spanningswater de zoutwaterdruklijn(1) zichtbaar worden. Naarmate de peilbuizen verder landinwaarts staan zal de hoogte van de zoutwaterdruklijn afnemen, omdat de invloed van de buitenwaterstand afneemt.

Het drukverschil wordt omgezet in beweging (grondwaterstroming). Tijdens het stromen ondervindt het grondwater weerstand van de bodem. Deze weerstand is afhankelijk van doorlaatbaarheid van de bodemsoort. Doordat het water vlak achter de dijk onder relatief hoge druk staat zal een deel van het water in de vorm van kwel door de slecht doorlatende laag naar boven komen. Hierbij gaat veel energie verloren. In figuur 8.1 is te zien dat de zoutwaterdruklijn met de afstand tot de dijk snel daalt. Zolang de zoutwaterdruklijn zich boven het freatisch grondwater en het slootpeil bevindt zal er kwel optreden. Doordat het grondwater èn weerstand ondervindt èn water verliest door kwel, zal op een gegeven moment de zoutwaterdruklijn naar de bovenkant van het watervoerend pakket lopen hetgeen betekent dat het drukverschil nul is. Er vindt geen grondwaterstroming en geen kwel meer plaats.



Figuur 8-1: het principe van de zoutwaterdruklijn achter de dijk¹⁸

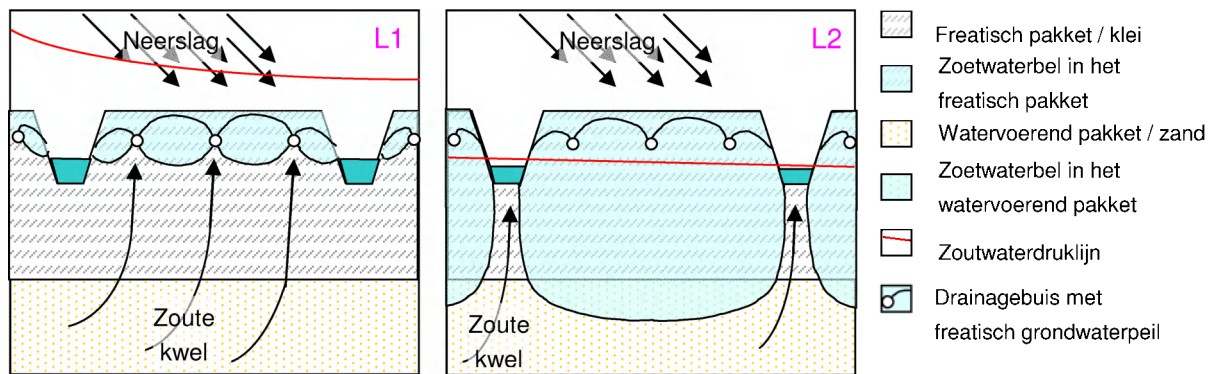
8.2.2 Invloed van zoetwaterbellen

Binnen de Breskenspolder is de invloed van de zoutwaterdruklijn merkbaar. Het water in de sloten is brak. Echter het freatisch pakket in de polder is grotendeels zoet omdat neerslag inzijgt en een zoetwaterbel vormt. Hierdoor kan er landbouw bedreven worden in de polder.

De grootte van de zoetwaterbel is onder andere afhankelijk van de zoute kwel. Hoe meer kweldruk hoe kleiner de zoetwaterbel. Om de kweldruk te laten afnemen kan drainage worden toegepast in de vorm van sloten en buizen onder het maaiveld, zie figuur 8.2, L1. Naarmate de kweldruk lager wordt en de zoutwaterdruklijn onder het freatisch grondwaterpeil(4) komt te staan (situatie L2) hoeven de drainagebuizen niet meer aangelegd te worden voor de zoute kwel maar hebben zij als hoofdfunctie het afvoeren van het teveel aan zoetwater. Zo blijft het land ook droog genoeg om te kunnen bewerken.

¹⁸ Samen slim met water (waterhuishoudingsplan Provincie Zeeland), pagina 23

Binnen de Breskenspolder kan met deze kennis worden verklaard waarom de karrevelden brak zijn. De karrevelden liggen dicht langs de zeedijk. De gegraven geulen hebben de tegendruk van de slecht doorlatende laag verminderd waardoor er meer kwel de geulen inkomt. De geulen zijn niet aangesloten op de waterhuishouding die in de polder heerst. Hierdoor is het peil in de geulen veel hoger dan in de omringende sloten. Er vindt weinig drainage plaats door de geulen waardoor de zoute kwel kan doordringen via de geulen en het watervoerend pakket, tot ver in het freatisch pakket. De zoete neerslag zal samen met de zoute kwel een brakwater gebied vormen dat 's winters zoeter is dan 's zomers als gevolg van de hoeveelheid neerslag en verdamping.



Figuur 8-2: situatie bij L1 en L2 van figuur 8.1 (Bron: ¹⁸)

Toelichting op figuur 8.2

De lichtblauwe vlakken geven aan waar het zoete water zich bevindt. De overige delen zijn voornamelijk zout. De grootte van de zoetwaterbellen is naast de werking van de drainage ook afhankelijk van de aanvoer van zoetwater. In de zomer als er minder neerslag het grondwater bereikt zal de zoetwaterbel slinken. In de winter wordt deze weer aangevuld.

Tevens is in situatie L2 te zien dat de sloten door hun lagere ligging minder tegendruk bieden aan de zoute kwel, waardoor het zoute water hier naar boven komt en de zoetwaterbellen onderbreekt. Zodra de zoutwaterdruklijn zich onder het waterpeil van de sloot bevindt zal de tegendruk van het slootwater de zoute kwel verder doen afnemen.

8.3 Kwel door afgraving

Als grond wordt afgegraven komt op een gegeven moment water in de afgraving te staan. Het kan dan gaan om water uit het freatisch pakket, meestal zoet, of het gaat om kwel die, doordat de weerstand in de bodem is verminderd (minder dikte), voldoende onder druk staat om omhoog te komen.

8.3.1 Kwel in de Breskenspolder

Door de slecht doorlatende deklaag in de Breskenspolder wordt het water dat onder druk staat in de watervoerende laag grotendeels tegengehouden. Het zoute water dat wel weet door te dringen in de deklaag zal worden afgevoerd door de in en om de akkers aanwezige drainage. Zo kan er toch landbouw plaatsvinden op gronden die last hebben van zoute kwel.

Als drainage wordt verwijderd en een deel van de deklaag wordt afgegraven kan de kwel beter in de deklaag doordringen. Bij voldoende kweldruk kan dit water naar de oppervlakte komen. Zo is het mogelijk om door middel van afgraving een waterpartij te creëren.

8.3.2 Kustveiligheid

In principe is bij het gebruiken van kwel geen impact op de waterkering. Echter bij het aantrekken van grote hoeveelheden kwel vlak achter de waterkering moet er rekening worden gehouden met de mogelijkheid van 'piping'. Het ontstaan van sterke stroming in

de zandlaag onder de waterkering kan erosie veroorzaken waardoor de dijk wordt ondermijnd. Bij het verdere traject van Waterdunen, wanneer de locatie en de toevormogelijkheid bekend zijn, zal onderzoek moeten aantonen dat dit verschijnsel zich niet zal voordoen.

8.3.3 Resultaten van de berekeningen

Zoals bij de uitgangspunten reeds is beschreven, is het van belang dat er voldoende verversing van het water in de waterpartij is. Om te bekijken of de gewenste verversing van tweemaal per jaar behaald kan worden zijn er berekeningen uitgevoerd welke in bijlage 17 zijn opgenomen.

Uit de berekeningen blijkt dat het moeilijk is om via kwel voldoende verversing in de waterpartij te krijgen, er zal eerst minimaal 0,9 m afgegraven moeten worden bovenop de 1 meter diepe waterpartij. Hoe dieper er afgegraven wordt des te hoger wordt het kweldebiet, zeker wanneer er tot op het watervoerend pakket wordt gegraven. Maar aan deze afgravingen zitten hoge kosten verbonden, minimaal €3,5 miljoen. Uit deze eerste indicatieve berekeningen blijkt dat de toevormogelijkheid van kwel door afgraving niet rendabel is.

Echter in een gevorderd stadium van het onderzoek kwam het idee om de afgraving te gebruiken als zandwinput. Hierbij wordt eerst de deklaag afgegraven extra diep afgegraven om het zand te winnen uit het watervoerend pakket. Dit zal kan bijvoorbeeld gebruikt worden voor het duingebied dat waarschijnlijk aangelegd wordt. De deklaag kan eventueel weer teruggestort worden in de zandwinput (omputten) om te voorkomen dat de waterpartij te diep wordt, waarbij wel rekening gehouden dient te worden met de mogelijke kwelvermindering.

Het aanleggen van een zandwinput kan een mogelijk financieel aantrekkelijke oplossing zijn. Echter verder onderzoek zal moeten aantonen of dit rendabel is en wordt dan ook niet verder meegenomen in dit rapport.

8.3.4 Voor- en nadelen

VOORDELEN	NADELEN
Natuurlijk proces	Technisch haalbaar maar landschappelijk en economisch niet rendabel

8.3.5 Conclusie

Bij deze toevormogelijkheid is veel grondverzet nodig, meer als bij de andere opties. Hierdoor wordt de optie erg duur ten opzichten van de anderen. Omdat het nog onzeker is of de mogelijkheid bestaat om extra geld te winnen met de zandwinning is ervoor gekozen om deze toevormogelijkheid niet mee te nemen in de vergelijking.

8.4 Kwel door kwelbuizen

8.4.1 Het kwelbuisprincipe

Zoals hierboven is beschreven staat het watervoerend pakket onder druk door het verschil in hoogte tussen het waterniveau buitendijks en de bovenkant van het watervoerend pakket binnendijks. Deze druk is de drijvende kracht achter het principe van de kwelbuis. Een kwelbuis is een pvc-buis in de grond met een filtergedeelte in het eerste watervoerende pakket. Aangezien de buis geen weerstand heeft zoals de slecht doorlatende laag zal het water gemakkelijk naar boven kwellen tot de hoogte van de zoutwaterdruklijn. Als de zoutwaterdruklijn boven het maaiveld uitkomt, zal er grondwater uit de uitvoeropening van de kwelbuis stromen en het oppervlaktewater aanvullen. In de kwelbuis zijn twee instroomopeningen boven elkaar gemonteerd die onafhankelijk van elkaar afsluitbaar zijn. Deze constructie is gemaakt om te voorkomen dat het zuurstofrijke oppervlaktewater de peilbuis instroomt. Het zuurstof komt dan in aanraking

met de opgeloste ijzerionen uit het grondwater. Hierbij ontstaat een reactie waardoor ijzeroxide ontstaat. Het ijzer-oxide is slecht oplosbaar en zal het filter verstoppen waardoor het debiet van de kwelbuis afneemt. Door de onderste uitstroomopening bij hoog water af te sluiten en de bovenste te openen kan ook tijdens een hoog waterniveau grondwater uit de buis blijven stromen.



Figuur 8-3: Kwelbuis

Omdat de werking van de kwelbuizen afhankelijk is van de zoutwaterdruklijn en deze op zijn beurt weer sterk afhankelijk is van de afstand tot het buitenwater, is de locatie van de kwelbuizen van groot belang. Hoe dichter de buizen bij de dijk staan des te groter is de kweldruk en daarmee ook het debiet. Ook de hoogte van de uitstroomopening is erg belangrijk. Direct achter de dijk is de getijdenbeweging van de Westerschelde nog merkbaar in de stijghoogten van het spanningswater. De reden hiervoor is dat de stijghoogte afhankelijk is van de hoogte van het waterniveau van het buitenwater. De situatie kan vergeleken worden met de wet van de communicerende vaten. Echter in dit geval is er een vertraging merkbaar in de stijghoogte. Deze vertraging wordt veroorzaakt door de weerstand die het water ondervindt als het door het zand stroomt. Door de vertraging zal de getijdengolf in het spanningswater afvlakken.

8.4.2 Situatie in Breskenspolder

Kwelbuizen kunnen het debiet aan kwel aanzienlijk vergroten doordat de weerstand die het water in de deklaag ondervindt weg wordt gehaald door het aanbrengen van de kwelbuis. Het debiet van de peilbuizen is het grootst als de buizen vlak achter de waterkering zijn geplaatst en de uitstroomopening zo laag mogelijk is. Door een sloot te graven waar de kwelbuizen op lozen kan de waterpartij gevoed worden met kwel.

Als er meerder buizen geplaatst worden is het van belang dat de buizen geen nadelig effect van een andere buis krijg door een daling in de waterstand. De buizen zullen langs de kust moeten komen te staan op voldoende afstand van elkaar.

8.4.3 Resultaten van de berekeningen

Bij de berekeningen, welke in bijlage 19 zijn opgenomen, is de situatie bekeken wat het debiet van een kwelbuis zal zijn voor verschillende hoogten van de uitstroomopening.

In figuur 8.4 is een grafiek te zien waarin de hoogte van de uitstroomopening is uitgezet tegen het aantal kwelbuizen. Het debiet dat de buizen leveren is ongeveer gelijk en is geselecteerd op een verversingstijd van 2 maal per jaar. In het begin van de grafiek is te zien dat de lijn nog vrij snel oploopt bij het toenemen van het aantal buizen. Echter hoe hoger de uitstroomopeningen komen te liggen des te meer buizen zijn er nodig om hetzelfde debiet te verkrijgen. De buizen worden dus veel minder effectief naar de kosten blijven stijgen. Bij de berekeningen is bij 25 buizen opgehouden.

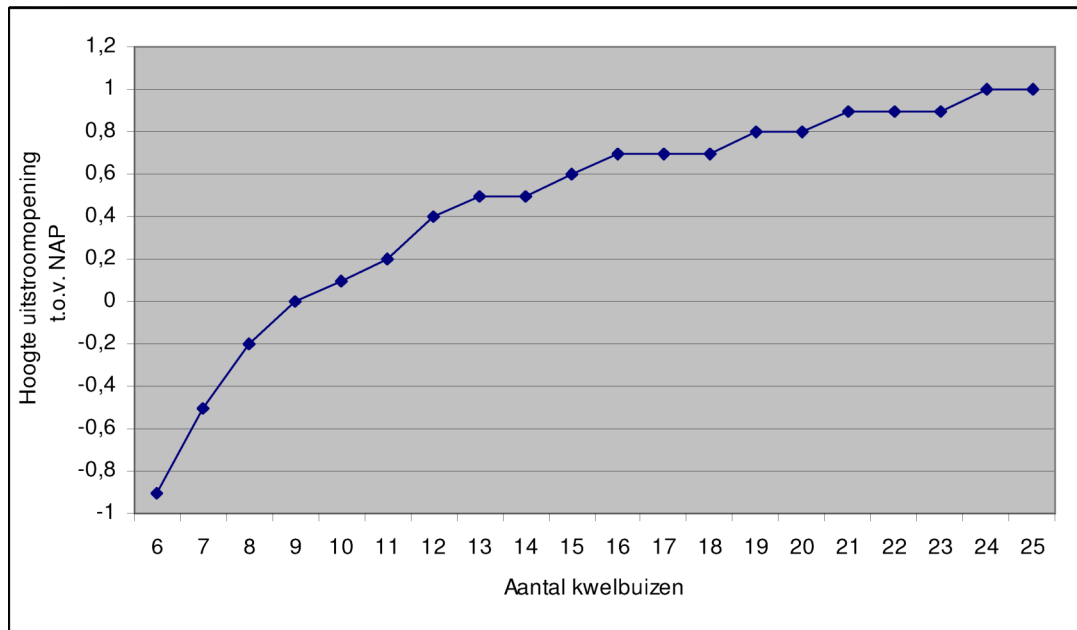


Figure 8-4: verloop tussen uitstroomopening en het aantal kwelbuizen

8.4.4 Kosten

De kosten zullen verschillen afhankelijk van het aantal kwelbuizen dat geplaatst zal worden. Voor een eerste indicatie van de kosten wordt verwezen naar bijlage 19.

8.4.5 Voor- en nadelen

VOORDELEN	NADELEN
Natuurlijk proces	Technisch haalbaar maar landschappelijk en economisch niet rendabel

8.4.6 Conclusie

Uit de berekeningen is gebleken dat de toevormogelijkheid kwel door afgraving niet rendabel is. Deze optie zal dan ook niet worden meegenomen in de vergelijkingsronden.

8.5 Grondwater oppompen

8.5.1 Omschrijving

Naast de natuurlijke manier om grondwater uit het watervoerende pakket in de polder te krijgen is het ook mogelijk om dit met behulp van pompen te doen. Het gaat dan om bronbemaling. Door peilbuizen in de watervoerende laag te slaan en het water met behulp van pompen op te pompen kan de waterpartij worden voorzien van zoutwater, zie figuur 8.5. Met deze optie is het beter mogelijk om het debiet van het zoute water te regelen. Een hoog waterniveau t.o.v. NAP is ook minder bezwaarkijk aangezien het water via de pomp al naar boven wordt gepompt.

Als er gepompt wordt zal er een daling van de grondwaterstand in het watervoerende pakket ontstaan. Om te voorkomen dat de waterstand te ver daalt, kunnen er meerdere putten geslagen worden om dit effect te verkleinen. Hoeveel putten er geslagen moeten worden is afhankelijk van de frequentie dat de pompen aanstaan. Dit is op dit moment nog niet duidelijk. Echter de kosten voor een put met een pomp zijn vrij klein vergeleken met de kosten voor het grondverzet.

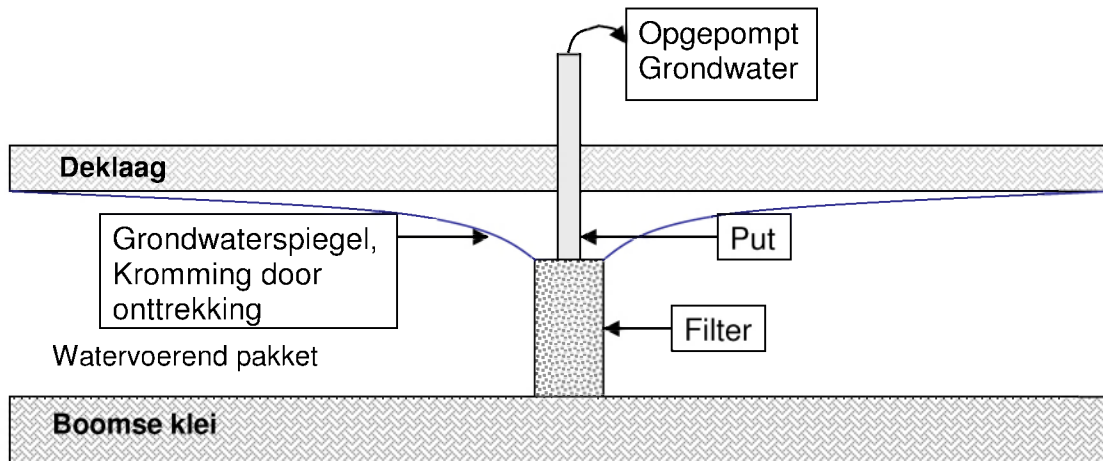


Figure 8-5: toevormogelijkheid oppompen grondwater

Er moet gelet worden op de vergunningen die nodig zijn voor de bronbemaalingen in het gebied. Hier heeft de provincie bepaalde limieten voor. Rondom natuurgebieden liggen bufferstroken waarin de limieten voor het onttrekken van water lager liggen. Dit is in de Breskenspolder ook het geval bij de karrevelden. Wel zijn er speciale regelingen voor het onttrekken van water voor natuurdoeleinden.

De meeste grotere pompen produceren veel geluid. Er zal dan ook een geschikte locatie gevonden moeten worden waar zo min mogelijk hinder van het pomplawaai wordt ondervonden, wellicht bij een bezoekerscentrum/restaurant.

8.5.2 Kosten

Omdat het hier gaat om een actieve manier van onttrekken kan ervoor gekozen worden om op meerdere plaatsen putten te slaan. Gekeken naar de kosten van een put met een pomp en de overige kosten, met name het grondverzet, zal het uiteindelijke kostenplaatje voornamelijk worden bepaald door het grondverzet en niet door de pomp.

Wat?	Kosten
Grondverzet	€ 1.144.500
3 putten à €750,- per stuk	€ 2.250
3 pompen à €4.000 per stuk	€ 12.000
Stuw	€ 30.000
Energieverbruik #	€ 10.710
Diversen + onvoorzien 25%	€ 299.865
Totaal	€ 1.499.325

De berekening is opgenomen in bijlage 20.

8.5.3 Voor en nadelen

VOORDELEN	NADELEN
De toevoer van water is makkelijk regelbaar	Het is een mechanische oplossing.
	Mogelijk geluidsoverlast
	Energieverbruik

8.5.4 Conclusie

Het plaatsen van verschillende putten voorzien van een pomp is een haalbare en betaalbare mogelijkheid voor het projectgebied om zilte natuur te creëren. Deze mogelijkheid wordt dan ook meegenomen in de vergelijkingen.

9 VERGELIJKING VAN DE OPTIES

In de vorige twee hoofdstukken is een beeld geschetst van de voor- en nadelen van de verschillende mogelijkheden. De mogelijkheden sluffer, hevel, kwel door afgraving en kwel door kwelbuizen zijn hierbij afgevallen. De vier overgebleven toevormogelijkheden worden in dit hoofdstuk met elkaar vergeleken.

Let op

Deze vergelijking is een samenvatting van de voorgaande hoofdstukken. Het overzicht dat zo wordt verkregen kan gebruikt worden door de 'Projectgroep Waterdunen' om een keuze te maken tussen een aantal toevormogelijkheden. Welke verder uitgewerkt kunnen worden.

Het is van belang om deze vergelijking niet los te zien van het rapport als geheel omdat hier met een zekere mate van versimpeling wordt weergegeven wat in de totale informatieset in de voorgaande hoofdstukken is vastgelegd. Ook moeten de hoofdstukken die hierna volgen, de 'leemten in kennis' en de 'aanbevelingen', in acht worden genomen.

9.1 Uitleg waardering

Om de verschillende toevormogelijkheden met elkaar te kunnen vergelijken is er een waardering gegeven op het gebied van drie aspecten, te weten:

- Natuur;
- Kustveiligheid;
- Kosten.

Deze waardering is gebaseerd op de gegevens die uit het rapport naar voren zijn gekomen. Hieronder zal per aspect worden uitgelegd hoe deze gewaardeerd is.

9.1.1 Aspect 'Natuur'

Bij het aspect natuur is gekeken naar een aantal onderdelen.

- Fluctuatie van het waterpeil in de waterpartij
- Er is een onderscheid gemaakt tussen een waterpartij met en zonder getijdenwerking. Hierbij is de waterpartij met de getijdenbeweging in het voordeel ten opzichte van die zonder getij. Door het getij ontstaat immers een stabielere situatie voor wat betreft de waterkwaliteit. De getijdenbeweging zorgt voor voldoende verversing van het water waardoor het gehalte aan zout en nutriënten redelijk stabiel is.
- Bij de stagnante wateren is in het rapport uitgegaan van een verversing van 2 keer per jaar. Afhankelijk van de toevormogelijkheid bestaat de mogelijkheid om, door middel van extra watertoevoer, in te grijpen bij een te sterk stijgende of dalende saliniteit. Naarmate een toevoer beter geregeld kan worden is deze in het voordeel ten opzichte van andere opties.
- Op het gebied van nutriënten zal in een stagnant water sneller ophoping van nutriënten plaatsvinden waardoor de kans op algenbloei toeneemt.
- Voedsel in het water
- Het water dat direct uit de Westerschelde afkomstig is bevat organismen. Elke keer als er nieuw water in de waterpartij komt zullen er nieuwe organismen worden meegenomen. De organismen zullen voor een deel dienen als voedsel voor de foeragerende vogels in het gebied.
- Water dat afkomstig is uit het watervoerend pakket is zuurstofarm en bevat geen organismen die direct als voedsel voor vogels kunnen dienen. Deze organismen zullen op een andere manier in de waterpartij terecht moeten komen en zich daar moeten vermenigvuldigen.

9.1.2 Aspect 'Kustveiligheid'

Bij de uitwerking van de toevormogelijkheden is onder andere gekeken naar de consequenties voor de kustveiligheid. Er wordt hierbij bedoeld op de consequenties die de toevormogelijkheid heeft voor de zeewering. Een kunstwerk door de dijk heen heeft een lagere score dan een constructie over de dijk heen of toevormogelijkheden die totaal niet in contact komen met de zeewering. Werken door de zeewering heen vormen een mogelijke kans op falen van de zeewering hetgeen grote risico's met zich meebrengt. Bij de waardering is ook onderscheid gemaakt tussen bestaande kunstwerken door de dijk en nieuw aan te leggen kunstwerken.

9.1.3 Aspect 'Kosten'

Het budget dat beschikbaar is voor het realiseren van het natuurgebied is niet bekend. Daarom is het niet mogelijk om de toevormogelijkheden te vergelijken met de totale kosten van het project. Er is derhalve gekozen voor een vergelijking tussen de kosten van de verschillende toevormogelijkheden.

























9.2 De vergelijking

In de onderstaande tabel is de vergelijking tussen de vier toevormogelijkheden weergegeven. Naast deze vier zijn voor het totaalbeeld ook de toevormogelijkheden te zien die zijn afgefallen in de vorige twee hoofdstukken. Deze zijn onderaan de tabel in het grijs weergegeven, maar zullen verder niet meer worden toegelicht.

De waardering wordt gegeven in de vorm van 'smile's' met daarbij een kleurencodering. Zo is in één oogopslag te zien wat de score is.

-  = zeer goed
-  = goed
-  = neutraal
-  = negatief

Tabel 9-1: vergelijking tussen de toevormogelijkheden met behulp van 'smile's'

Toevormogelijkheden	Natuur	Kustveiligheid	Kosten
Gemaal Nieuwe Sluis			
Gemaal buitendijks			
Duiker			
Grondwater oppompen			
Slufter			
Hevel			
Kwel door afgraving			
Kwel door kwelbuizen			

9.3 Argumentatie

9.3.1 Aspect 'Natuur'

- Als naar het aspect natuur wordt gekeken is goed te zien dat de duiker de hoogste score heeft. Dit komt omdat met deze optie getijden in het gebied wordt gecreëerd.
- Het Gemaal Buitendijks is als 'goed' gewaardeerd, hoewel er bij deze optie sprake is van een stagnerend water waarin mogelijk problemen kunnen ontstaan door eutrofiering. Dit is echter tamelijk eenvoudig op te lossen. Door het gemaal langer aan te zetten zal de verversing bij deze optie verhoogd kunnen worden.

Tevens is het mogelijk om in extreem droge of natte perioden extra water in te laten via het gemaal om grote fluctuaties in saliniteit te voorkomen.

- Een neutrale beoordeling is gegeven voor het Gemaal Nieuwe Sluis. Het gaat bij deze toevormogelijkheid ook om een waterpartij met stagnerend water. Deze optie scoort lager dan het andere gemaal omdat bij het Gemaal Nieuwe Sluis mogelijk problemen kunnen optreden tijdens de zomer. Bij grote droogte in de zomer kan het zoutgehalte in de waterpartij stijgen en zo een bedreiging vormen voor de organismen. Voordat het gemaal water kan inlaten zal het eerst water moeten uitslaan. Hierbij zal het waterpeil in de poldersloten dalen. Dit is een ongewenste situatie voor de landbouw, want hierdoor zullen de zoetwaterbellen op het land verder slinken. Zo ontstaat er dus een situatie waarin het noodzakelijk is om water in te laten terwijl dit niet mogelijk is, hetgeen nadelige gevolgen kan hebben voor de natuur.
- Ook het oppompen van grondwater scoort neutraal. De stagnerende waterpartij kan door de pompen in te schakelen water inlaten waardoor ook in droge zomers problemen met een grote fluctuaties in saliniteit kan worden voorkomen. Deze optie heeft echter als nadeel dat het water dat wordt ingelaten zuurstofarm is en vaak rijk aan nutriënten doordat het voedingsstoffen heeft opgenomen uit de bodem. Tevens bevat het van nature geen organismen die vogels direct kunnen eten.

9.3.2 Aspect 'kustveiligheid'

Bij kustveiligheid is voor drie van de vier toevormogelijkheden een 'goed' gegeven, dit ondanks het feit dat het drie verschillende situaties zijn.

- Bij de toevormogelijkheid Gemaal Nieuwe Sluis is er een constructie door de dijk heen. Deze constructie zit in de huidige situatie ook al door de dijk heen en zal geen extra gevaar opleveren.
- Bij het maken van een nieuw doorlaatmiddel door de dijk heen zoals bij de duiker is dit wel het geval. De optie duiker scoort dan ook lager dan het Gemaal Nieuwe Sluis. Er is gekozen voor een neutrale- en niet voor een negatieve beoordeling omdat het mogelijk is, met behulp van technische maatregelen, deze optie veiliger te maken.
- De toevormogelijkheid Gemaal Buitendijks wordt als 'goed' gewaardeerd. Bij deze constructie ligt er een buis over de dijk heen waardoor de dijk niet wordt beïnvloed door leidingwerk door de kern.
- Het oppompen van water uit het eerste watervoerend pakket heeft verder geen consequenties voor de zeekering en is daarom eveneens als 'goed' gewaardeerd.

9.3.3 Aspect 'kosten'

In de hoofdstukken 7 en 8 is te zien dat het verschil in kosten tussen het Gemaal Nieuwe Sluis, het nieuwe gemaal buitendijks en het oppompen van het grondwater niet veel van elkaar afwijken. De kosten van deze toevormogelijkheden gaan richting de €2 miljoen. Als naar de duiker wordt gekeken dan is deze optie duurder dan de andere drie. Wanneer deze optie wordt vergeleken met bijvoorbeeld het aanleggen van een sluffer in het gebied is de optie nog relatief goedkoop.

9.4

Conclusie

Als naar tabel 9.1 wordt gekeken is te zien dat de toevormogelijkheid 'Gemaal buitendijks' in zijn geheel 'goed' is gewaardeerd. Daarmee is niet direct de keuze op deze toevormogelijkheid gevallen. Ook de andere opties zijn nog niet afgeschreven. Deze opties hebben eveneens positieve punten die wellicht zwaarder zullen wegen in de besluitvorming. Een verhouding van 1:1 van de drie 'aspecten' staat niet op voorhand vast. Zo is het denkbaar dat een waterpartij met getijdenbeweging wordt verkozen boven een stagnant water. Binnen dit plaatje valt dan de 'Duiker'.

Het is ook mogelijk om nadelige punten van een toevormogelijkheid op te heffen door de diverse mogelijkheden te combineren. Door bijvoorbeeld bij het Gemaal Nieuwe Sluis het nadelige effect van het niet kunnen inlaten in een lange droge periode te omzeilen kan gedacht worden aan het slaan van een aantal putten om grondwater uit het eerste watervoerend pakket op te pompen.

Alles bij elkaar kan gezegd worden dat er niet direct een keus valt op een van de opties. Dit rapport betreft een klein onderdeel van een project dat in een veel breder perspectief staat, namelijk het totale idee van Waterdunen met de daarbij behoorde recreatie, recreatienatuur en natuur. Het is uiteindelijk aan de 'Projectgroep Waterdunen' om een keuze te maken tussen de verschillende toevormogelijkheden. Echter aanvullend onderzoek is noodzakelijk om hierover uitsluitsel te geven. De uitkomst van dit rapport kan dienen als uitgangspunt voor het verder uitwerken van het project Waterdunen.

10 LEEMTEN IN KENNIS

Om tot dit rapport te komen zijn er op verschillende punten in het onderzoek aannamen gedaan. Hierbij is de beschikbare kennis van de auteur gebruikt. Daar waar mogelijk zijn deskundigen op het betreffende gebied benaderd en hun ervaring is verwerkt in dit rapport. De aannamen zijn verwerkt en in de tekst onderbouwd.

Er is echter een aantal punten waarbij een leemte in kennis is gebleken. Voor deze punten zijn eveneens aannamen gedaan, welke met de inzichten van dat moment in het onderzoek zijn opgenomen.

In de onderstaande paragrafen zijn deze leemten weergegeven. Bij verdere uitwerking van het totaalproject van Waterdunen zal hier rekening mee gehouden moeten worden.

10.1 Gegevens bodem en grondwater

Navraag bij verschillende instanties, waaronder de provincie Zeeland heeft geleerd dat er niet veel recente data bekend zijn wat betreft de grondwaterstroming en -kwaliteit binnen het projectgebied. Ook zijn er weinig grondboringen in het gebied verricht. Op het gebied van bodem zijn er twee verschillende bronnen geverifieerd voor wat betreft de gegevens over de dikte van de deklaag. Namelijk de Grondwaterkaart van Nederland (Zeeuws-Vlaanderen) en een kaartje dat door de provincie Zeeland is verstrekt, zie bijlage 6. De gegevens die uit beide bronnen komen stemmen niet overeen. De dikte van de deklaag kan voor de locatie van een aantal opties van belang zijn. Om over de dikte van de deklaag uitsluitsel te kunnen geven is het van belang om verder bodemonderzoek te doen in het gebied. Voor dit rapport zijn de gegevens van de provincie gebruikt voor wat betreft de dikte van de deklaag. De eigenschappen van de laag zijn uit de 'Grondwaterkaart van Nederland' afkomstig.

10.2 Dimensies waterpartij

Om de verschillende toevoermogelijkheden door te rekenen was het van belang om een 'standaard' te maken voor de dimensies van de waterpartij. De dimensies van de waterpartij zijn echter van veel verschillende aspecten afhankelijk. Als in de toekomst de waterpartij wordt geïntegreerd in de rest van het plan zullen er weloverwogen keuzen gemaakt moeten worden over de afmetingen en de vorm hiervan.

In het rapport is bijvoorbeeld geen onderbouwing voor de oppervlakte van het slik dat is ingetekend. In het uiteindelijke ontwerp zal, rekening houdend met het aantal te verwachten vogels in het gebied, een goede verhouding gezocht moeten worden.

10.3 De duiker

De locatie van de waterpartij is van belang voor de berekeningen van de toevoermogelijkheid 'Duiker'. In het rapport is rekening gehouden met de meest ideale situatie voor de ligging van de duiker. Er is geen rekening gehouden met de locatie van de waterpartij of veranderingen van de zeekering. Wanneer wordt gekeken naar de inrichtingsschets die op het moment van afronding van dit rapport wordt gemaakt door de bureaucombinatie H+N+S landschapsarchitecten en Arcadis, is te zien dat hierin bijvoorbeeld de duiker wordt gesitueerd in het oosten van het projectgebied. Als gevolg van de zand-suppletie aldaar zal de instroomopening van de duiker ver uit de kust gelegd moeten worden. Dit heeft grote gevolgen voor de kosten van dit toevoermiddel.

Het projectbureau Zwakke Schakels Zeeland is op dit moment bezig met het uitwerken van een voorkeursoptie om de kust van West Zeeuws Vlaanderen te verstevigen. De voorkeur gaat ernaar uit om in de Jong-Breskenspolder een duingebied aan te leggen. Echter hoe ver deze duinen landinwaarts moeten komen is op dit moment nog niet dui-

delijk. Dit aspect zal ook zeker de ligging en daarmee samenhangend ook de kosten van de toevoermogelijkheid 'Duiker' beïnvloeden.

10.4 Het afwateringskanaal

Bij de stagnante wateren is ervan uitgegaan dat de afvoer van dit water zal plaatsvinden via het afwateringskanaal dat naar het gemaal van Nieuwe Sluis loopt. Het zoute water zal met behulp van een regelbare stuw gecontroleerd worden toegelaten in het kanaal. De gevolgen van het afwateren van dit zoute water op het kanaal zijn niet meegenomen, maar verwacht wordt dat de zoutindringing naar de omliggende landbouwgebieden gering is (zie hoofdstuk 6.6). Ook aan de draaiuren van het gemaal Nieuwe Sluis (zie bijlage 11) is te zien dat deze het grootste deel van de tijd ruim voldoende capaciteit heeft om extra water af te voeren.

11 AANBEVELINGEN

Dit rapport betreft een eerste inventarisatie naar verschillende mogelijkheden om zoutwater in het projectgebied van Waterdunen te krijgen. De 'Projectgroep Waterdunen' heeft met dit rapport meer achtergrondinformatie om de vervolgstappen in het proces naar het realiseren van Waterdunen, weloverwogen te kunnen maken.

In dit hoofdstuk volgt een aantal aanbevelingen die mogelijk een rol gaan spelen in het vervolgtraject.

11.1 Ontwerpfase

Tijdens het ontwerpen van het natuurgebied zal een aantal onderwerpen bekeken moeten worden om zo mogelijk een meerwaarde voor het gebied te creëren:

- **Interactie met andere natuurgebieden.**
Voor de stabiliteit en diversiteit in een natuurgebied is het van belang dat er uitwisseling kan plaatsvinden met andere natuurgebieden. Wellicht is het mogelijk om verbindingen te maken met andere gebieden zoals de Karrevelden of om gebieden verder buiten de Breskenspolder te betrekken bij dit natuurgebied.
- **Vogeltrekbanen**
Het nieuwe natuurgebied moet plaats bieden aan de trekvogels. Het is bekend dat trekvogels lijnen, zoals kreken, in het landschap volgen¹⁹. In het ontwerp kan hier mogelijk rekening mee worden gehouden. Zo kunnen de vogels via een bepaalde route worden aangetrokken waardoor unieke plekjes voor vogelliefhebbers ontstaan.
- **Zandwinputten**
Onder de Breskenspolder ligt een groot pakket zand. Wellicht bestaat de mogelijkheid om dit zand te winnen en te gebruiken binnen het gebied. Onderzoek zal moeten uitwijzen of zandwinputten in deze specifieke situatie rendabel zijn.
- **Combinaties van toevoermogelijkheden**
In dit rapport is enkel gekeken naar de acht op zichzelf staande toevoermogelijkheden. Het is goed mogelijk dat een combinatie van de toevoermogelijkheden uiteindelijk zorgt voor de beste oplossing.
- **Vogelparadijs**
Het streven is om van het natuurgebied een vogelparadijs te maken. Het gebied zal naar verwachting grote hoeveelheden vogels aantrekken. Bij het ontwerp van de waterpartij en de verversing van het water zal rekening gehouden moeten worden met de hoeveelheid uitwerpselen die de vogels in het water zullen achterlaten. Dit is een mogelijke bron voor eutrofiëring.

11.2 Opstarten

- **Van zoet naar zout**

Na aanleg van het natuurgebied in Waterdunen zal er tijdens het opstarten een grote verandering optreden in het gebied. Er zal een omslag plaatsvinden van zoet naar een zout. De gevolgen van deze overgang zullen vooraf goed in kaart gebracht moeten worden.

¹⁹ Bron: Sander Lilipaly

11.3

Beheer

- **Aanzanding en erosie**
Bij het inlaten van water uit de Westerschelde moet ervoor gewaakt worden dat er niet teveel zand met het water mee het gebied inkomt. Dit gevaar is het grootst bij de toevormogelijkheid 'Duiker' omdat zich hier een dynamisch proces afspeelt. Ook erosie kan bij dit type toevormiddel voorkomen. Het is gewenst om de hoeveelheid zand binnen het natuurgebied stabiel te houden. Hierdoor zullen kosten in het beheer van het gebied lager uitvallen en wordt er een duurzaam gebied gecreëerd. Verdere uitwerking van de optie 'duiker' zal moeten uitwijzen wat de meest duurzame oplossing is voor de aanleg van de duiker. Mogelijk biedt een zandopvang achter de duiker een oplossing.
- **Grasland en ruigten**
Het streven is om het grasland en de ruigten jaarlijks in de winter te laten inunderen. Zo wordt de groei van de planten geremd en blijft het zoutgehalte in de grond op peil. Dat gedeelte waar de vegetatie toch naar een volgend successiestadium dreigt te gaan kan bijvoorbeeld met runderen worden bijgehouden.

12 LITERATUURLIJST

De cijfers vooraan geven de nummers van de voetnoten in het rapport aan. Staat er een (A) voor, dan betreft het literatuur die als achtergrondinformatie is gebruikt, een (B) staat voor literatuur waarnaar is verwezen in een bijlage en (T) geeft aan dat de verwijzing van het boek in de tekst is opgenomen.

12.1 Boeken en rapporten

- (T) Bal, D.; Beije H.M., *Handboek Natuurdoeltypen*, 2^e geheel herzien editie, Wageningen, 2001
- (1) Beenhakker, A.J., *Het Zeeuwse zeeleilandschap*, 2^e herziene druk, Middelburg, 1994
- (A) Beers, P.W.M. van; Verdonschot, P.F.M., *Natuurlijke levensgemeenschappen van de Nederlandse binnenwateren; deel 4, Brakke binnenwateren*, Wageningen, 2000 (achtergronddocument bij het 'Handboek natuurdoeltypen in Nederland')
- (A) Beijersbergen, J.; Koole, R., *Natuurontwikkeling Herdijkte Zwarte Polder*, Provincie Zeeland, 2001
- (A) Beijersbergen, J.; Verhage, K., *Natuurontwikkeling Zwartegatsche kreek*, Provincie Zeeland, 2004
- (20) Belgers, J.D.M; Arts, G.H.P., *Moerasvogels op peil; Deelrapport 1: Peilen op riet*, Alterra, Wageningen, 2003 (Alterra-rapport 828.1)
- (A) Dufour, F.C., *Grondwater in Nederland; onzichtbaar water waar wij op lopen*, Delft, 1998 (Geologie van Nederland, Deel 3)
- (7) Engelen, G.B.; e.a., *Grondwaterstromingsstelsels in Nederland*, 's-Gravenhage, 1989 (achtergrondreeks Natuurbeleidsplan nr. 2)
- (T) Gebiedscommissie West Zeeuwsch-Vlaanderen, *Gebiedsplan Natuurlijk Vitaal*, z.pl., 2004
- (A) Haas, H.A.; Tosserams, M., *Balanceren tussen zoet en zout; ruimte voor veerkracht en veiligheid in de delta*, Middelburg, 2001
- (B) Kruseman, G.P.; Ridder, N.A. de, *Analysis and evaluation of pumping test data*, Wageningen, 1983
- (5) Lekahena, E.G. *Grondwaterkaart van Nederland; Zeeuwsch-Vlaanderen (47 Oost, 48, 49 West – 53 Oost, 54, 55 West)*, Delft, 1982
- (17) Leusen, B., *Duikers en sluizen*, vijfde druk, Houten, 1997
- (A) Meininger, P.L.; Graveland, J., *Leidraad ecologische herstelmaatregelen voor kustbroedvogels; Balanceren tussen natuurlijke processen en ingrijpen*, Middelburg, 2002 (Rapport RIKZ 2001-046)
- (A) Ministerie van Verkeer en Waterstaat, *De Vierde Nota Waterhuishouding*, Den Haag, 1998

- (10) Moors, W.; e.a.; WEW, Werkgroep Brakke Wateren, *Levensgemeenschappen van brakke wateren; Aanzet tot beschrijving en bescherming*, z.pl., 1995 (Themanummer WEW-05)
- (B) Naudin-Ten Cate, R.; e.a., *Cultuurtechnisch Vademecum; handboek voor inrichting en beheer van het landelijk gebied*, Doetinchem, 2000
- (18) Nierop, T.M.(redactie), *Samen Slim met Water; waterhuishoudingsplan 2001-2006*, Zierikzee, 2000
- (A) Nijboer, R.; e.a., *Natuurlijke levensgemeenschappen van de Nederlandse binnenwateren; deel 3, Wateren in het rivierengebied*, Wageningen, 2000 (achtergronddocument bij het 'Handboek natuurdoeltypen in Nederland')
- (A) Nortier, I.W.; Koning, P. de, *Toegepaste vloeistofmechanica; hydraulica voor waterbouwkundigen*, zevende druk, zesde oplage, Houten, 2000
- (16) Royal Haskoning, *Zoetwatervoorziening en natuurontwikkeling Noordrand Goeree-Overflakkee, Achtergronddocument*, Nijmegen, 2003
- (T) Stichting Het Zeeuwse Landschap, *Waterdunen; Natuur- en recreatieproject in West Zeeuws-Vlaanderen*, z.pl., 2004
- (13) Technische Adviescommissie voor de Waterkeringen, *Basisrapport zandige kust; behorende bij de leidraad Zandige Kust*, Delft, 1995
- (A) Technische Adviescommissie voor de Waterkeringen, *Leidraad kunstwerken*, Delft, 2003
- (15) Timmer, D.F. e.a., *De veiligheid van de primaire waterkeringen in Nederland; Achtergrondrapport*, z.pl., 2002

12.2 Artikelen

- (9) Broek, T. van den; e.a., 'Maatregelen voor het behoud van de natuurwaarden in de Ouwerkerkse inlagen', *De levende natuur*, januari 2004, nr 1, 19 – 21
- (A) Broek, T. van den; Cornelissen, W., 'Herstel van estuariene landschap langs het Zuiderdiep', *De levende natuur*, september 2004, nr 5, 170 – 172
- (A) Manen, H. van, 'Getijdenduiker helpt bij ontwerp wetland', *De levende natuur*, september 2004, nr 5, 172 – 173

12.3 Internet

- www.actuelewaterdata.nl geraadpleegd in juni 2005
- www.deltawateren.nl, geraadpleegd in juli 2005
- www.natuurinformatie.nl, geraadpleegd in juli 2005
- www.waterbase.nl, geraadpleegd in mei 2005
- www.zoetzout.nl, geraadpleegd in maart 2005

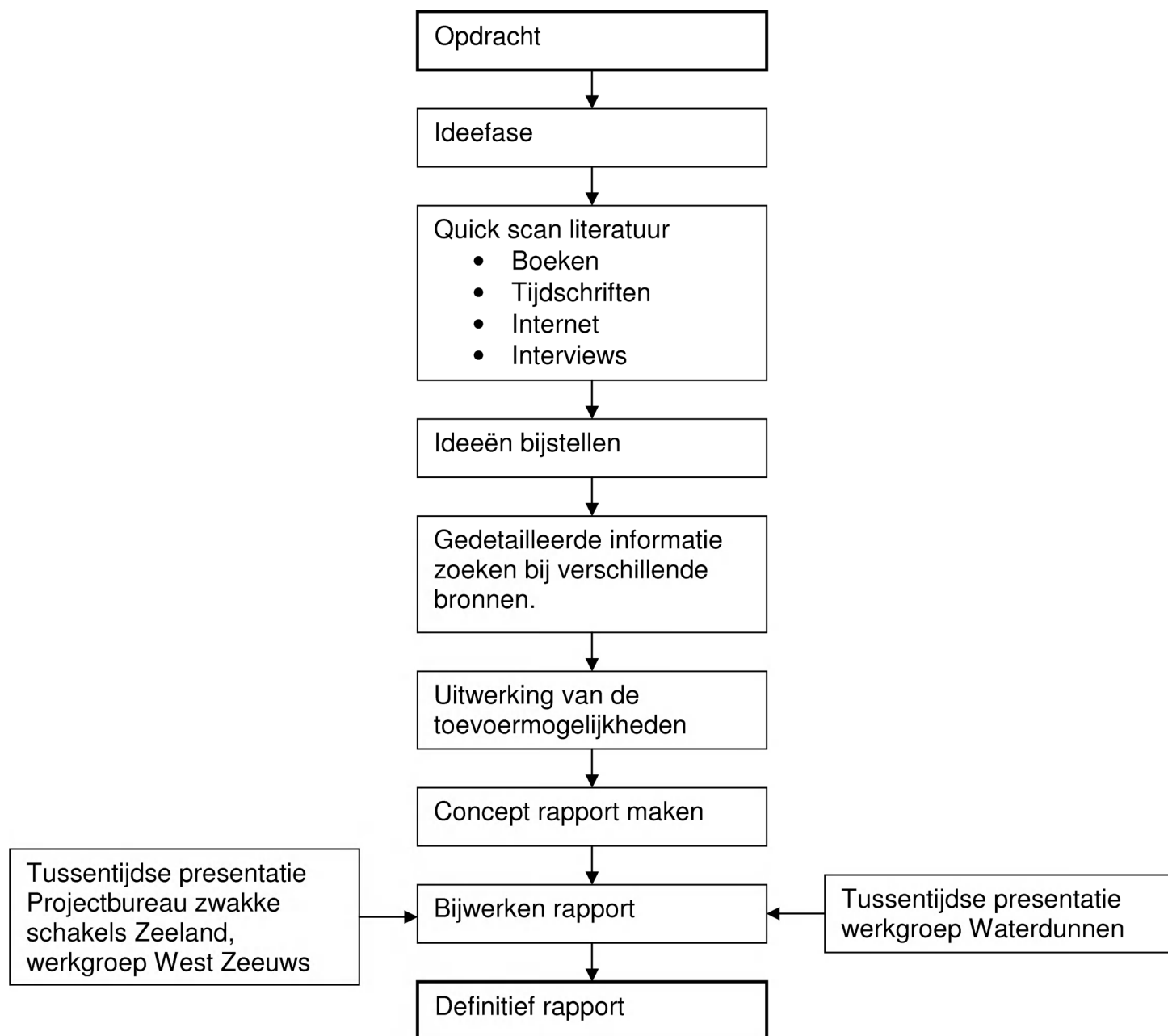
12.4 Interviews

Ivo Provoost, Projectbureau Zeeweringen
Jeroen de Maat, Provincie Zeeland
John Beijersbergen, Provincie Zeeland
Peter van de Kreeke, Royal Haskoning, Nijmegen
Piet Roelsen, RIKZ Middelburg
Rob Speets, Royal Haskoning, Rotterdam
Roel Mooy, Provincie Zeeland
Sander Lilipaly, RIKZ Middelburg
Tom van den Broek, Royal Haskoning, Rotterdam

BIJLAGEN

BIJLAGE 1: SCHEMA WERKWIJZER

Van opdracht naar rapport



BIJLAGE 2: DOELSOORTEN VOOR DE MOGELIJKE NATUURDOELTYPEN IN WATERDUNEN

Tabel 1: Doelsoorten voor het natuurdoeltypen brakwatergemeenschappen

Hogere planten	Groot nimfkruid, Snavelruppia, Zilte Waterranonkel
Zoogdieren	Mopsvleermuis, Otter, Waterspitsmuis
Vogels	Bontbekplevier, Dodaars, Grauwe gans, Ijsvogel, Kluut, Krooneend, Kwak, Lepelaar, Oeverzwaluw, Ooievaar, Pijlstaart, Slobeend, Tureluur, Visdief, Watersnip, Zomertaling
Amfibieën	Rugstreeppad
Vissen	Spiering

Tabel 2: Doelsoorten voor het natuurdoeltypen Zoute en brakke ruigten en grasland

Hogere planten	Dichtbloemig kweldergras, Dunstaart, Echt lepelblad, Echt heemst, Engels gras, Engels lepelblad, Engels slijkgras, Fijn goudscherm, Knolvossestraart, Kwelderzegge, Lamsoor, Schorrekruid, Selderij, Zeealsem, Zeegerst, Zeerus, Zeevetmuur, Zilt torkruid, Zilte zegge
Zoogdieren	Noordse woelmuis
Vogels	Blauwe kiekendief, Bontbekplevier, Grauwe gans, Grauwe kiekendief, Grutto, Kempphaan, Kerkuil, Kluut, Kwak, Noordse stern, Oeverzwaluw, Ooievaar, Paapje, Patrijs, Porseleinhoen, Purperreiger, Rietzanger, Roerdomp, Steenuil, Strandplevier, Torenvalk, Tureluur, Velduil, Visdief, Waterral, Watersnip, Zomertaling
Amfibieën	Rugstreeppad

Tabel 3: Doelsoorten voor het natuurdoeltypen Slufter en Groene stranden

Hogere planten	Dunstaart, Dwergzegge, Echt lepelblad, Echt heemst, Eenbloemige zeekraal, Engels gras, Engels lepelblad, Engels slijkgras, Engelse alant, Fijn goudscherm, Fraai duizendguldenblad, Gele hoornpapaver, Gelobde melde, Klein slijkgras, Knolvossestraart, Knopbies, Kwelderzegge, Lamsoor, Moerraspaardenbloem, Parnassia, Platte Bies, Scheve hoornbloem, Schorrekruid, Selderij, Sierlijk vetmuur, Slanke gentiaan, Snavelruppia, Stekende bies, Stippelzegge, Strandbiet, Strandduizendguldenkruid, Zeealsem, Zeeraket, Zeerus, Zeevetmuur, Zilt torkruid, Zilte waterranonkel, Zilte zegge
Zoogdieren	Noordse woelmuis
Vogels	Blauwe kiekendief, Bontbekplevier, Grauwe kiekendief, Kluut, Kwak, Noordse stern, Oeverzwaluw, Strandplevier, Tapuit, Tureluur, Velduil, Visdief, Waterral, Watersnip
Amfibieën	Rugstreeppad

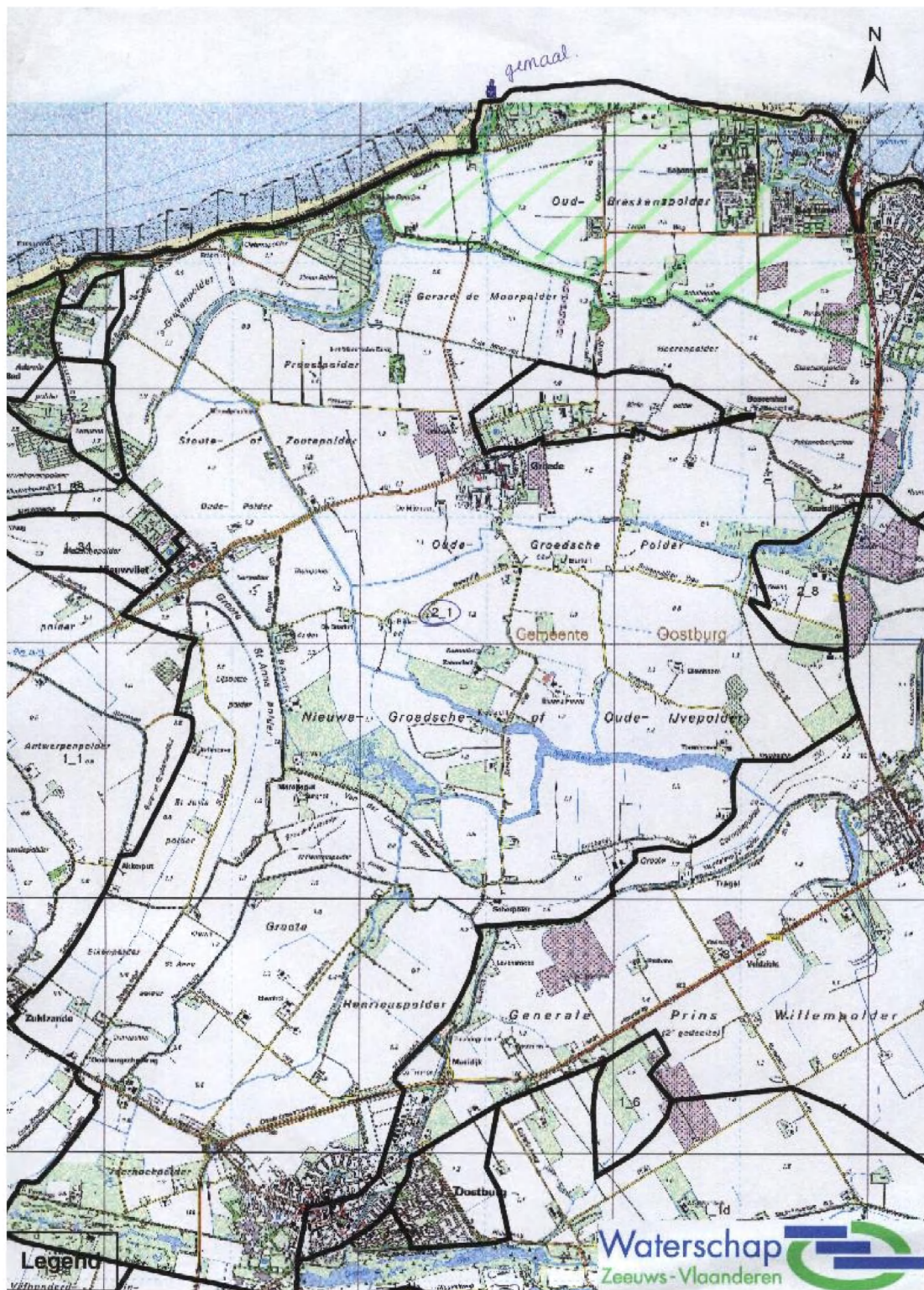
Tabel 4: Doelsoorten voor het natuurdoeltypen gedempt-dynamisch estuarien getijdenlandschap

Hogere planten	Dunstaart, Eenbloemige zeekraal, Engels gras, Engels lepelblad, Engels slijkgras, Fijn goudscherm, Gelobde melde, Groot zee gras, Klein slijkgras, Klein zee gras, Knolvossestraart, Kwelderzegge, Lamsoor, Moerraspardenbloem, Stippelzegge, Zeealsem, Zeerus, Zeevetmuur, Zilte zegge
Zoogdieren	Bruinvis, Gewone zeehond, Noordse woelmuis
Vogels	Bontbekplevier, Dwergstern, Grauwe gans, Grauwe kiekendief, Grote karekiet, Grote stern, Grutto, Kerkuil, Kluut, Lepelaar, Noordse stern, Oeverzwaluw, Ooievaar, Paapje, Patrijs, Pijlstaart, Porseleinhoen, Rietzanger, Roerdomp, Slobeend, Snor, Strandplevier, Tapuit, Torenavalk, Tureluur, Velduil, Visdief, Waterral, Watersnip, Zomertaling
Vissen	Brakwatergondel, Diklipharder, Elft, Fint, Geep, Griet, Groene zeedonderpad, Kleine peiterman, Kleine zeenaald, Puitaal, Schol, Slakdolf, Smelt, Spiering, Steenbolk, Tabot, Tong, Tongschar, Vijfdradige Meun, Wijting, Zandspiering, Zeedonderpad, Zwarte gondel
Kreeftachtige	Blauwpootzwemkrab, Brakwatersteurkrab, Erwttenkrabbetje, Fluwelen zwemkrab, Gemarmerde zwemkrab, Gewimperde zwemkrab, Gewone garnaal, Gewone hooiwagenkrab, Gewone zwemkrab, Gladde kiezelkrab, Grote hooiwagenkrab, Kleine kiezelkrab, Kleine zwemkrab, Nagelkrab, Noordse zeekrab

Tabel 5: Doelsoorten voor het natuurdoeltype onbeheerde kwelder

Hogere planten	Dunstaart, Eenbloemige zeekraal, Engels gras, Engels lepelblad, Engels slijkgras, Fijn goudscherm, Gelobde melde, Klein zee gras, Knolvossestraart, Kwelderzegge, Lamsoor, Moerraspardenbloem, Schorrekruid, Stippelzegge, Zeealsem, Zeerus, Zeevetmuur, Zilte zegge
Zoogdieren	Noordse woelmuis
Vogels	Blauwe kiekendief, Bontbekplevier, Eidereend, Grauwe gans, Grauwe kiekendief, Grote karekiet, Grutto, Kerkuil, Kluut, Lepelaar, Noordse stern, Oeverzwaluw, Ooievaar, Paapje, Patrijs, Pijlstaart, Porseleinhoen, Rietzanger, Roerdomp, Slobeend, Snor, Strandplevier, Tapuit, Torenavalk, Tureluur, Velduil, Visdief, Waterral, Watersnip, Zomertaling

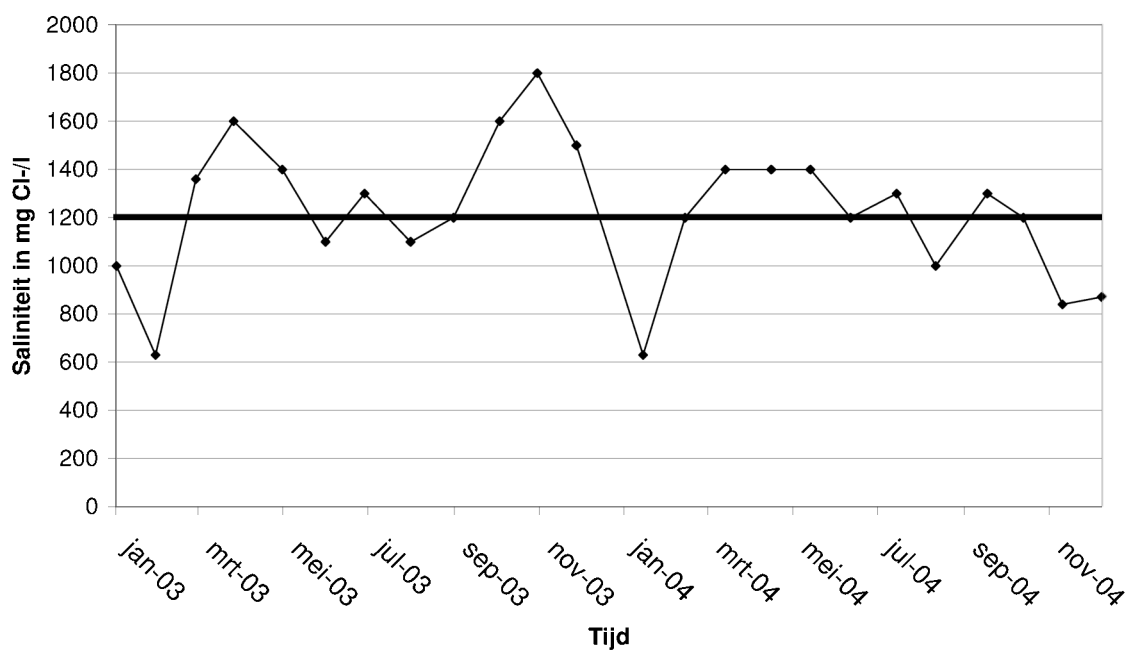
BIJLAGE 3: AFWATERINGSGEBIED GEMAAL NIEUWE SLUIS



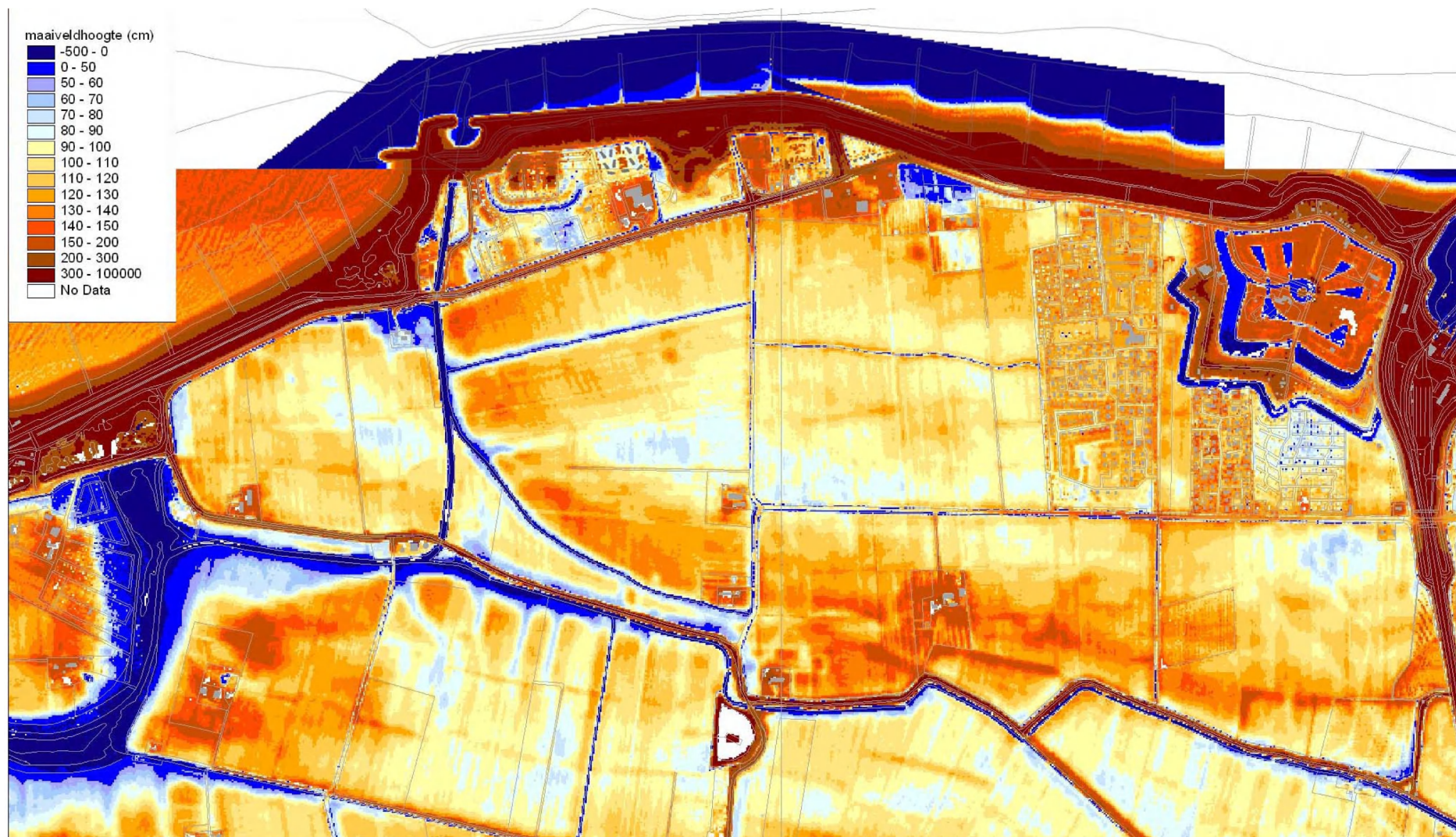
BIJLAGE 4: SALINITEITSGEGEVENS MONSTERPUNT NIEUWE SLUIS

Datum van monstering	Chloride mg/l
13-1-2003	1000
10-2-2003	630
11-3-2003	1360
7-4-2003	1600
12-5-2003	1400
12-6-2003	1100
10-7-2003	1300
12-8-2003	1100
12-9-2003	1200
15-10-2003	1600
11-11-2003	1800
9-12-2003	1500
26-1-2004	630
25-2-2004	1200
25-3-2004	1400
27-4-2004	1400
25-5-2004	1400
23-6-2004	1200
26-7-2004	1300
23-8-2004	1000
29-9-2004	1300
25-10-2004	1200
22-11-2004	840
20-12-2004	870
Gemiddelde	1222

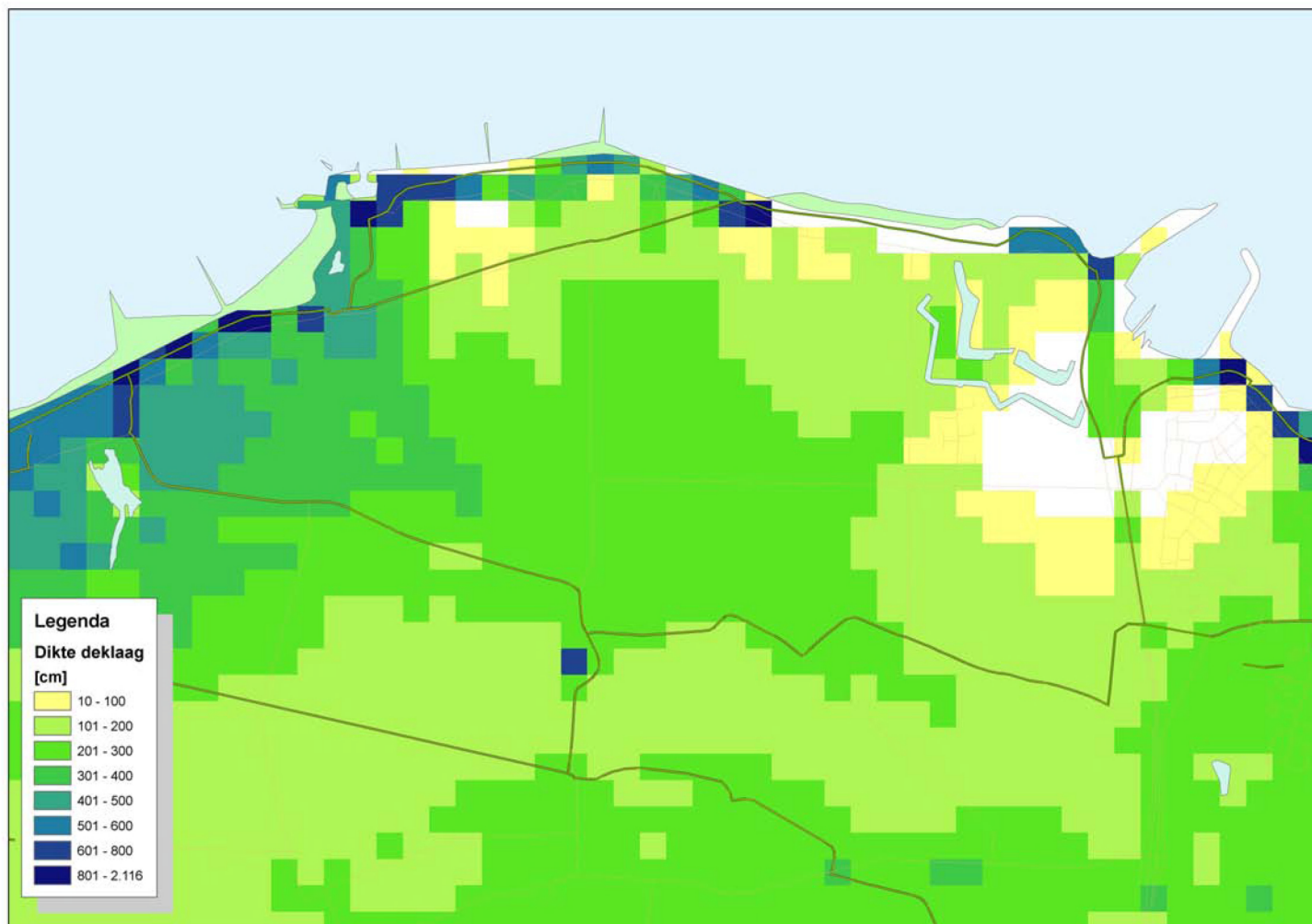
Fluctuatie in saliniteit bij meetpunt Nieuwe Sluis over de jaren 2003-2004



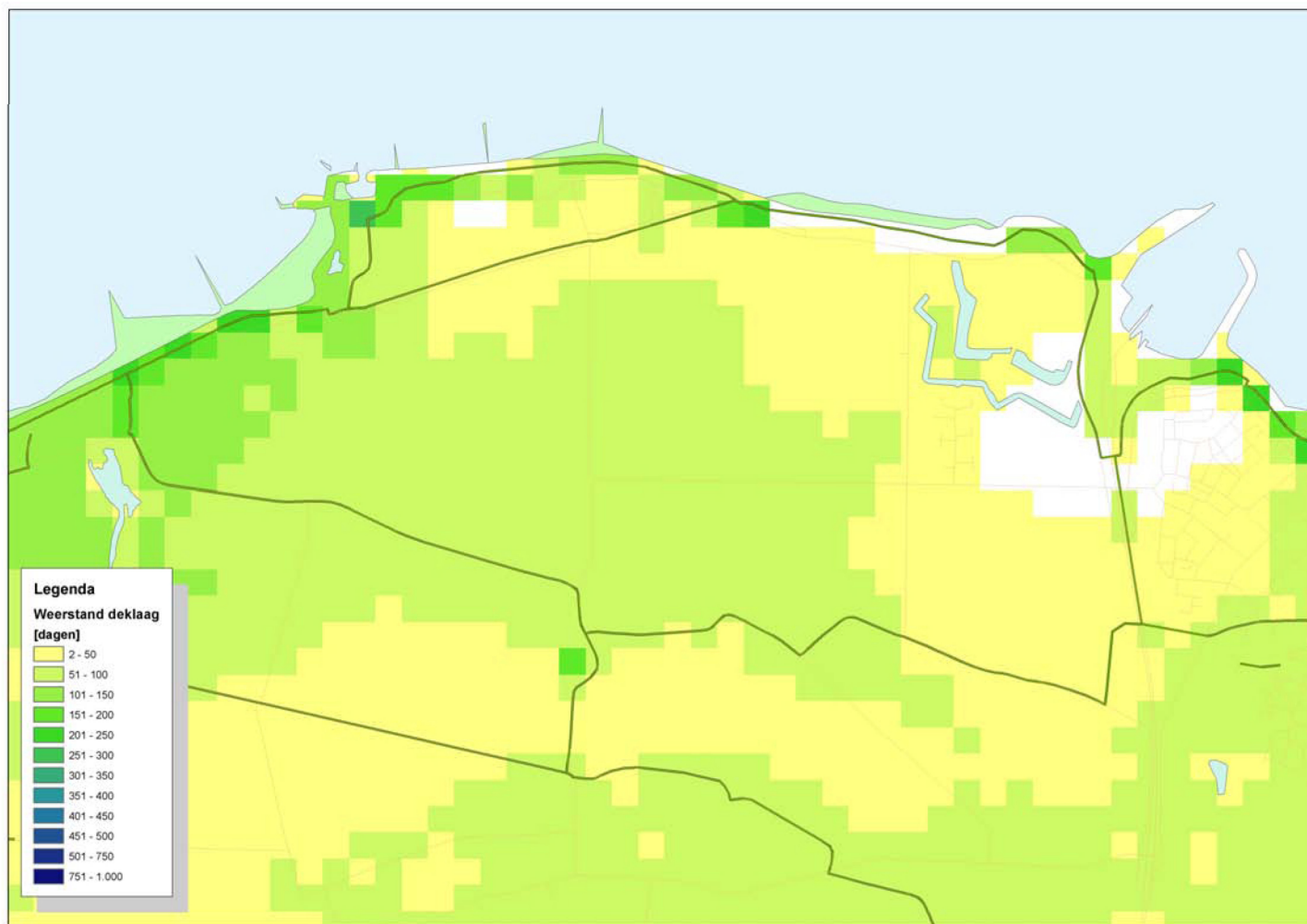
BIJLAGE 5: HOOGTEKAART PROJECTGEBIED WATERDUNEN



BIJLAGE 6: KAART VAN DE DIKTE VAN DE DEKLAAG IN PROJECTGEBIED WATERDUNEN



BIJLAGE 7: KAART VAN DE WEERSTAND VAN DE DEKLAAG IN PROJECTGEBIED WATERDUNEN



BIJLAGE 8: FACTOREN DIE DE SALINITEIT BEÏNVLOEDEN

Tabel 12-1: factoren die de saliniteit van een brakwatergemeenschap beïnvloeden

Factoren die de saliniteit beïnvloeden	Effect op de saliniteit
De saliniteit van het water dat wordt toegevoerd.	Hoe hoger de saliniteit van het ingelaten water is des te hoger wordt de saliniteit in de waterpartij. Deze kan afhankelijk zijn van de inlaat van grondwater of water uit de Westerschelde. Er is ook verschil merkbaar tussen de saliniteit in de Westerschelde bij het op- en afgaande tij, zie figuur 2 volgende pagina.
De hoeveelheid regenwater die in de waterpartij terechtkomt (direct, via afstroming en oppervlakkige grondwaterstroming).	Doordat er in het regenwater weinig zouten zijn opgelost wordt het water in de waterpartij verdund door het regenwater. Naarmate er meer regenwater in de waterpartij terechtkomt, zal de saliniteit dalen. ♦
De verdamping.	Als water verdampt blijven de zouten aanwezig in de waterpartij. Door een afname van het watervolume en een toename van de hoeveelheid zout zal de saliniteit in de waterpartij toenemen. De verdamping wordt groter naarmate factoren als warmte en wind toenemen.
Het debiet van het toegevoerde zoute water.	Afhankelijk van het verschil in saliniteit tussen de waterpartij en het in te laten water zal de saliniteit zich aanpassen. Saliniteit: Waterpartij > in te laten water → daling saliniteit waterpartij Waterpartij < in te laten water → stijging saliniteit waterpartij

Voorbeelden

- ♦ Bij extreme regenval begin juli 2005 is in Zeeland op sommige plaatsen binnen 24 uur wel 90 mm gevallen. In onderstaande tabel is een aantal cijfers weergegeven van het gevolg hiervan voor een waterpartij met een oppervlak van 30 ha, een inhoud van 163.500 m³ en een saliniteit van 29 g/l. Er wordt rekening gehouden met een afstroming van 3% (bron: Cultuurtechnisch vademecum, pagina 123)

Inkomend zoet water	27.810 m ³
Percentage van totale inhoud	17%
Niveaustijging over een opp. van 30 ha	9 cm
Verandering in saliniteit	Van 29 g/l naar 25 g/l

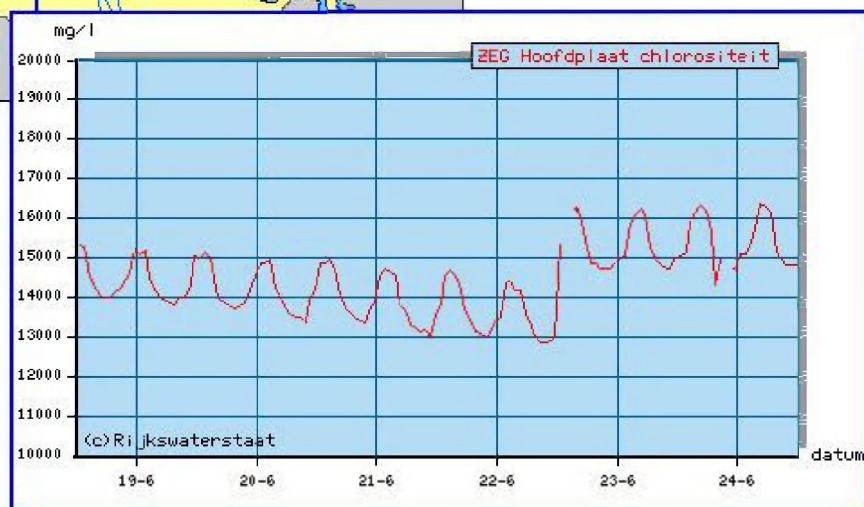
Wellicht is het noodzakelijk om tijdens deze extreme omstandigheden extra water in te laten om de fluctuatie in saliniteit af te vlakken. Echter hierbij moet rekening worden gehouden met de mogelijkheden voor de stijgen van het waterpeil, aangezien het in deze situaties niet wenselijk is om het afwateringskanaal extra te belasten met water.

- ♦ Uit langjarig gemiddelde data van de neerslaggegevens van het KNMI blijkt dat er in deze regio gemiddeld 768mm per jaar aan neerslag valt. De verdamping ligt tussen de 595 en 600 mm per jaar. Het neerslagoverschot zal uitkomen op 171 mm. De waterpartij zal jaarlijks 16.840 m³ ontvangen daarnaast moet rekening worden gehouden met een afstroming van 3%. Hierbij is verder geen rekening gehouden oppervlakkige grondwaterstroming.
Als de neerslag wordt meegenomen in de verversing zal dit 10% van de totaal te verversen inhoud van de waterpartij zijn.



Figuur 1: Locatiekaartje van de meetpunten van het chloride gehalte in zuidwest Nederland.

Figuur 2: Weergave van de fluctuatie van de saliniteit bij het meetpunt Hoofdplaat.



In de bovenstaande grafiek (figuur 2) is te zien dat de saliniteit bij Hoofdplaat fluctueert met dezelfde frequentie als het getij. Hoofdplaat is de dichtstbijzijnde locatie vanuit het projectgebied van Waterdunen waarvan data over de saliniteit beschikbaar zijn. Te verwachten is dat ook nabij Breskens de deze fluctuatie – weliswaar in mindere mate – aanwezig is.

Bron figuur 1+2: www.actuelewaterdata.nl geraadpleegd op 24 juni 2005

BIJLAGE 9: INUNDATIE VAN GRONDEN

Veranderingen in systemen kunnen (grote) gevolgen hebben. Processen die nooit plaatsvonden kunnen door deze veranderingen opeens problemen opleveren. Een voorbeeld hiervan is inundatie van de bouwvoor. De bouwvoor is het bovenste deel (ca 30 cm) van de cultuurbodems, die door de mens bewerkt wordt. Er zijn gevallen bekend waarbij door inundatie van de bouwvoor er eutrofiering van het water plaatsvindt omdat stoffen die in de bodem zijn opgeslagen, vrijkomen. Of dit proces zich zal voordoen is afhankelijk van factoren als:

- de bodemkwaliteit (voornamelijk het ijzergehalte),
- de duur van de inundatie,
- de frequentie van de inundatie,
- en de periode (zomer/winter) van de inundatie.

Zo is bijvoorbeeld een inundatie in de winter voor enkele dagen niet bezwaarlijk terwijl een inundatie voor een langere periode (>10 dagen) met name in de zomer grote problemen kan opleveren.

De stof die voornamelijk problemen oplevert is fosfaat. Het fosfaat dat in de bodem terecht komt, zal zich binden met het aanwezige ijzer (Fe^{3+}). Wanneer de grond wordt geïnundeerd, ontstaan er anaërobe omstandigheden in de bodem waarbij ijzerreductie plaatsvindt. Hierbij wordt Fe^{3+} omgezet in Fe^{2+} . Het gebonden fosfaat komt weer vrij en zal oplossen in het water met als gevolg dat het water voedselrijker wordt.

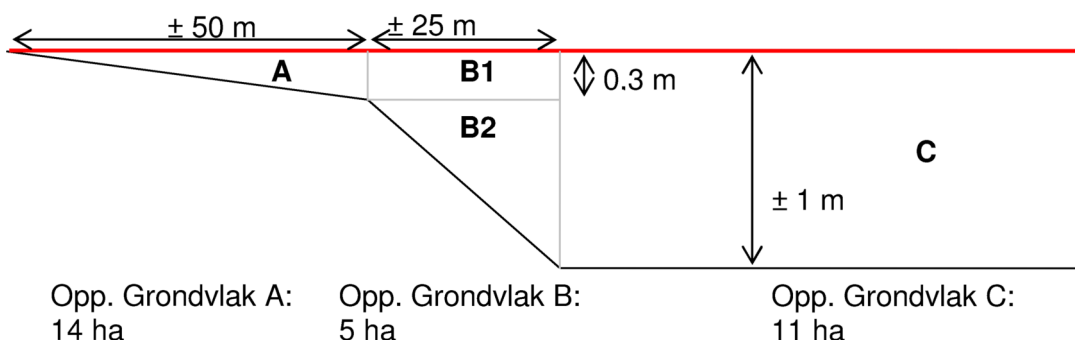
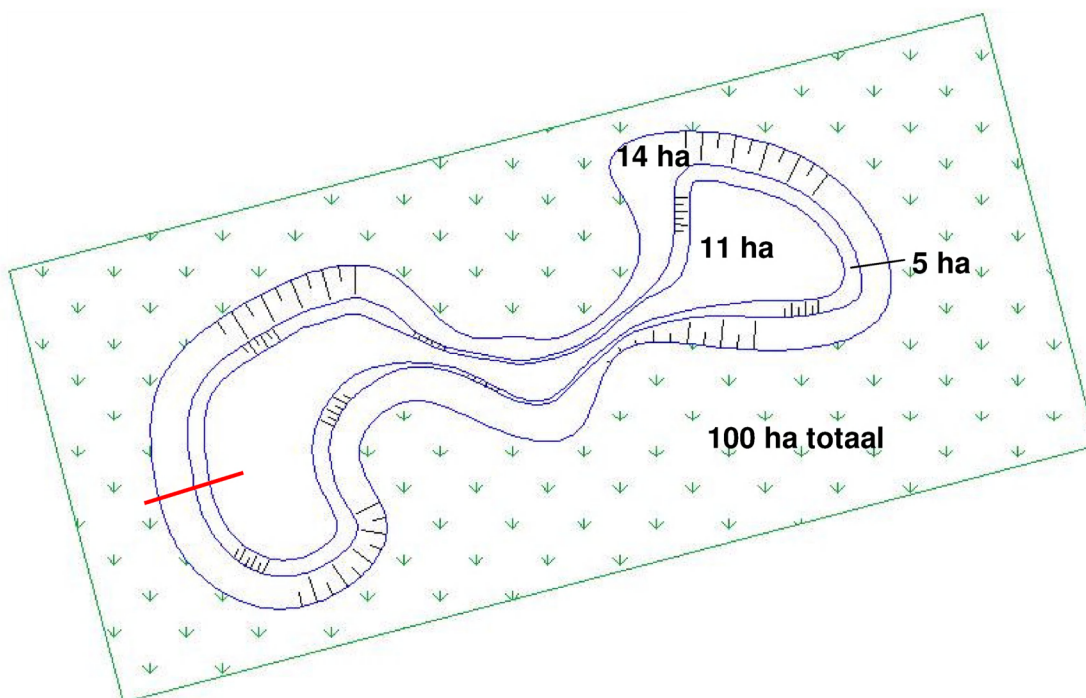
Omdat fosfaat vooral vrijkomt wanneer er tijdens inundatie ijzerreductie optreedt is het vrijkomen van fosfaat niet afhankelijk van het feit of het water zoet of zout is. Er zijn echter aanwijzingen dat onder invloed van zout water de redoxpotentiaal in de bodem hoger blijft en er minder ijzerreductie optreedt.

Om een goede uitspraak te kunnen doen over de te verwachten effecten bij inundatie van de akkerbouwgronden in de Breskenspolder zullen eerst meer gegevens bekend moeten zijn over de bodemkwaliteit van de akkers. Als blijkt dat er problemen komen met de hoeveelheid fosfaat dat vrijkomt, kunnen er voorzorgsmaatregelen genomen worden zoals het afgraven van de bouwvoor of het aanpassen van de inundatieperiode op de situatie.^{20, 21}

²⁰ Bron: Drs. T. van den Broek

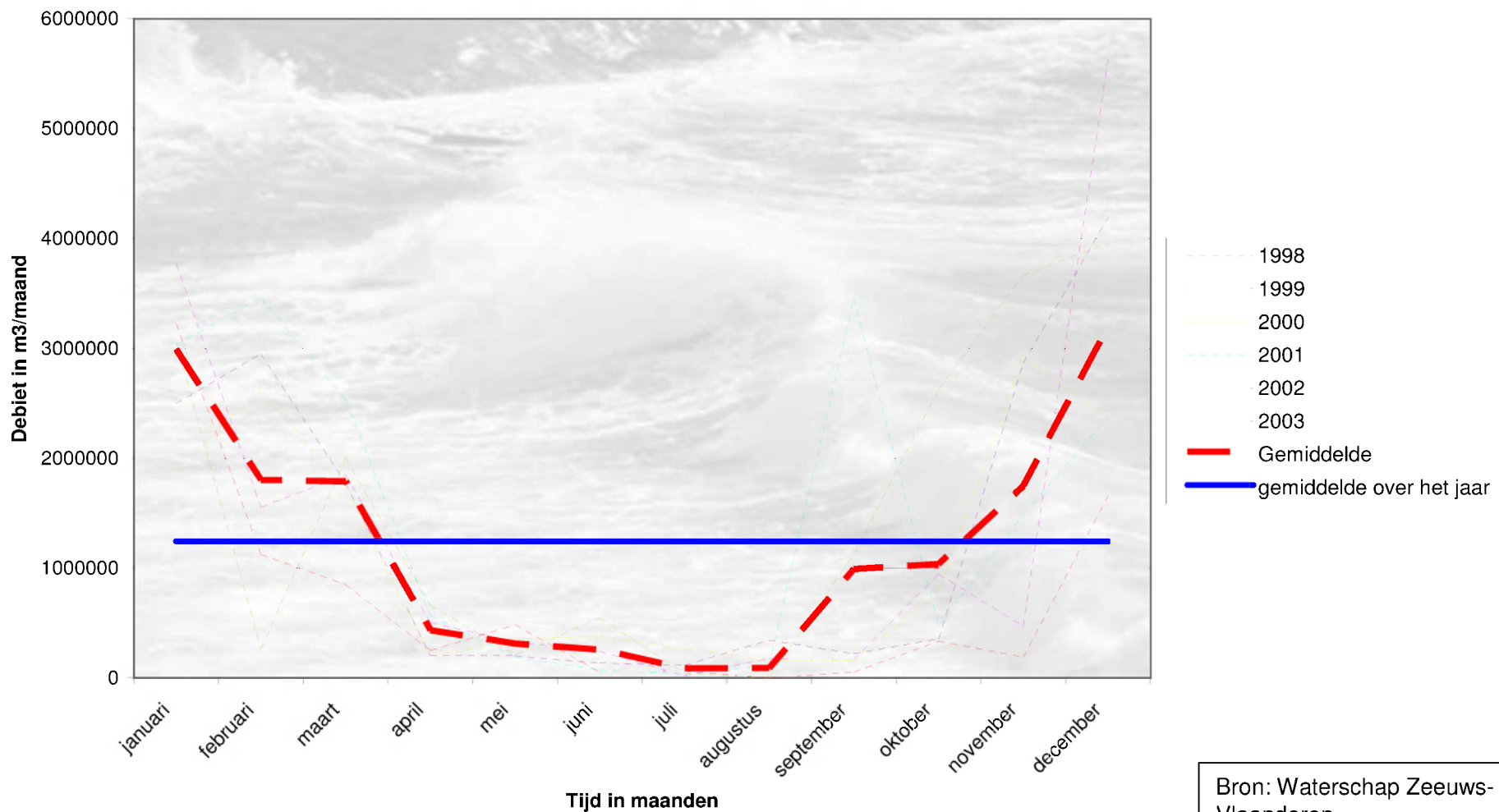
²¹ Bron: Moerasvogels op peil, J.D.M Belgers, pagina 27

BIJLAGE 10: DIMENTIES VAN DE STAGNANTE WATERPARTIJ



Inhoud A: $\frac{1}{2} \cdot \text{grondvlak} \cdot \text{hoogte}$	$\frac{1}{2} \cdot 140000 \cdot 0,3$	21000 m ³
Inhoud B1: grondvlak*hoogte	50000*0,3	15000 m ³
Inhoud B2: $\frac{1}{2} \cdot \text{grondvlak} \cdot \text{hoogte}$	$\frac{1}{2} \cdot 50000 \cdot 0,7$	17500 m ³
Inhoud B1: grondvlak*hoogte	110000*1	110000 m ³
Totale inhoud: A+B1+B2+C		163500 m³

Debiet van het gemaal NS



Bron: Waterschap Zeeuws-Vlaanderen

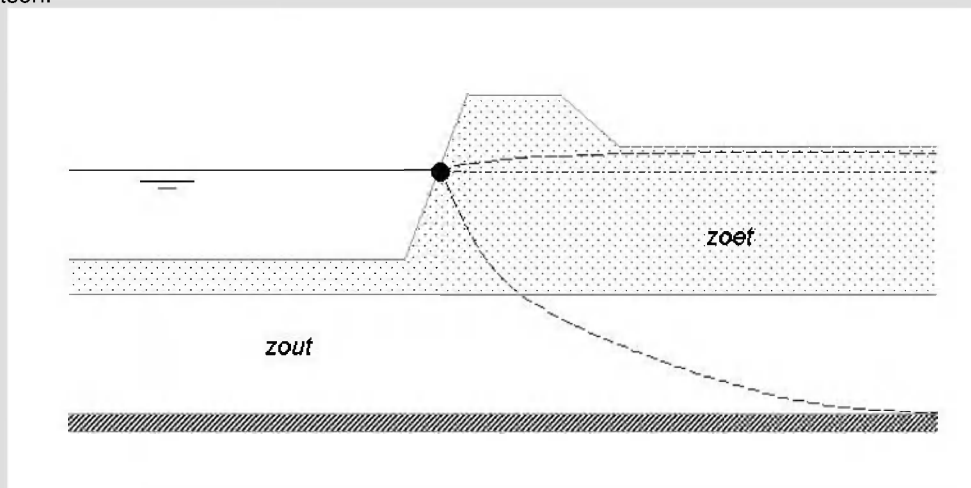
Maximaal aantal draaiuren

Als naar de dataset wordt gekeken van de draaiuren van het gemaal van Nieuwe Sluis in de periode van 1998 – 2003 is het maximale aantal draaiuren 537 uur/maand. Dit is in december 1999 behaald als totaal van de twee pompen. Het gaat dan om 37% van de tijd dat het gemaal draait. Er is dus duidelijk een overcapaciteit bij dit gemaal aanwezig. Hierdoor bestaat de mogelijkheid om bij de stagnante wateren gebruik te maken van de afwaterende functie van dit gemaal. Echter hierbij moet wel gelet worden op het afwateringsbeleid voor het water van de landbouwgebieden. Het bergend vermogen in de landbouwgebieden is veel minder dan in een natuurgebied. Daarvoor zal het water van de landbouwgebieden vóór moeten gaan ten opzichte van het water van het natuurgebied.

BIJLAGE 12: SLUIS AAN ZEE

Intermezzo: zout 'bezwaar' als gevolg van 'Sluis aan Zee!'

In principe kan in het geval langdurig het water in het afwateringskanaal volledig zout is (wat een conservatieve aanname is) een stationaire berekening worden gemaakt, waarbij de zogenaamde intrusielengte van het zoute oppervlaktewater in de grond wordt berekend, afhankelijk van de doorlatendheid van die ondergrond en het peilverschil tussen grondwater en oppervlaktewaterpeil. In principe stelt zich een evenwicht in tussen zout grondwater in het watervoerend pakket en zoet ondiep grondwater. Het zoute water komt onder het zoete water te liggen. In principe is dit als volgt te schetsen.



De benadering om via de intrusielengte mogelijke verziltingseffecten voor landbouw te berekenen is conservatief, omdat het kanaal niet volledig zout wordt en er in werkelijkheid onvoldoende tijd is voor het instellen van het zoet-zout grensvlak. Bovendien is het de vraag of de grondwaterstand wel of niet gelijk of langer is dan het oppervlaktewaterpeil, waardoor werkelijk intrusie optreedt. Een benadering van de intrusielengte heeft opgeleverd dat voor het ondiepe grondwater (tot 3 m) niet of nauwelijks effect wordt verwacht. De zone waarover zich mogelijke effecten kunnen verspreiden bedraagt maximaal 3 m.

In werkelijkheid wordt echter berekend, dat het oppervlaktewater niet volledig zout wordt en dat de grondwaterstand /stijghoogte altijd ruim boven het peil van het oppervlaktewater ligt, waardoor het effect nihil is. Er is zelfs berekend, dat in het geval dat het oppervlaktewaterpeil hoger ligt dan de omliggende grondwaterstanden (0,2 m) en gedurende 2 maanden voor infiltratie zorgt over een afstand van slechts 2,6 m. Het zoute water zal niet onder het talud doorkomen. Dit komt overeen met de worst-case benadering hierboven.

Bron: Intermezzo uit het rapport van Milieueffectrapport 'Sluis aan Zee', pagina 76

BIJLAGE 13: BEREKENINGEN GEMAAL NIEUWE SLUIS

Berekeningen debiet

Het debiet dat met deze mogelijkheid per jaar kan worden ingelaten is als volgt berekend:

$$Q = A \times \mu \times \sqrt{2 \times g \times \Delta h}$$

Waarin:

Q debiet [m^3/s]

A natte oppervlak [m^2]

μ in- en uitstroomweerstand

g versnelling van de zwaartekracht [m/s^2] = 9,81 m/s^2 in Nederland

Δh hoogteverschil in waterniveau tussen de Westerschelde en de uitstroomopening [m]

Uitgaande van:

- een diameter van de aftakking van 300 mm. Dit geeft een nat oppervlak van 0,070 m^2 ($1/4 \times \pi \times D^2$)
- een gemiddelde weerstand van 0,7 (gebaseerd op ervaring Ir. P.W. van de Kreeke)
- en een gemiddeld hoogteverschil van 0,75 m (uitstroomopening op 0,5m + NAP en een gemiddelde getijdengolf met een maximale hoogte van 2m + NAP)

Bij deze aannamen zal het volgende debiet worden verkregen:

$$Q = 0,07 \times 0,7 \times \sqrt{2 \times 9,81 \times 0,75}$$

$$Q = 0,19 \text{ m}^3 / s$$

De gemiddelde getijdengolf komt 17400 seconden boven de 0,5m + NAP. Dit betekent per getij een debiet van:

$$Q = 0,19 \times 17400$$

$$Q = 3306 \text{ m}^3 / \text{getijdenbeweging}$$

Bij een inhoud van 163500 m^3 van de waterpartij en een verversing van twee keer per jaar (= 327000 m^3) zal het inlaten van water minimaal 100 keer per jaar moeten plaatsvinden. Ter vergelijking; er zijn ongeveer 700 getijdengolven in een jaar. Dat lijkt dus geen probleem.

Een verandering in de prestatie van deze methode is gemakkelijk te bereiken door een dikkere buis als aftakking te nemen, zie tabel 1. Ook een groter hoogteverschil tussen het peil van de Westerschelde en de uitstroomopening zal een groter debiet tot gevolg hebben, maar de uitstroomopening is al op het laagst mogelijke punt gedimensioneerd.

Tabel 2: Resultaten bij verandering van de diameter van de aftakking

Dikte buis	Q in m^3 /getijdenbeweging	peilstijging per getij	Aantal maal inlaten per jaar
300 mm	3306	1,1 cm	100
400 mm	5871	2,0 cm	56
500 mm	9172	3,1 cm	36
600 mm	13210	4,4 cm	25

Met deze methode kan met gemak een verversing van 2 maal per jaar worden behaald.

Berekeningen van de kosten

Het grondverzet is een van de grootste kostenposten binnen het creëren van het natuurgebied. Per m³ die binnen het terrein van Waterdunen wordt verplaatst wordt een prijs van €7 gerekend. Met dit bedrag zal rekening worden gehouden bij de berekeningen van de kosten. Echter als er een overschot aan grond is en deze afgevoerd zal moeten worden, stijgt de prijs naar €12/m³. Dit wordt niet verwacht aangezien naast het aanleggen van reliëf in de recreatienatuur er ook nog grond kan worden gebruikt als kern voor de nieuw aan te leggen duinen.

Het grondverzet zal voornamelijk bestaan uit het uitgraven van de waterpartij. Daarnaast zal er nog een aan- en afvoersloot gegraven moeten worden. De locatie en lengte van deze sloten is nog niet bekend. Tevens is de hoeveelheid grond die hierbij vrijkomt verwaarloosbaar ten opzichte van die van de waterpartij. De kosten van het grondverzet zijn dan ook alleen gebaseerd op de kosten van de waterpartij. Het gaat dan om 163.500 m³ grond à €7 = €1.144.500.

Het is niet duidelijk hoeveel extra energie het gemaal van Nieuwe sluis zal gaan verbruiken. Er wordt uitgegaan van 5% van het huidige verbruik van de oostelijke pomp. Het zal gaan om ongeveer 4000 kwh op jaarbasis.

Verder zal het Vopo-gemaaltje energie verbruiken

$$P_o = \frac{Q \times H \times g}{\eta}$$

$$P_o = \frac{(30/60) \times 0,6 \times 9,81}{0,7}$$

$$P_o = 4,2 \text{ kW}$$

Dit geeft een verbruik per jaar van:

$$4,2 \times 181 = 660 \text{ kWh}$$

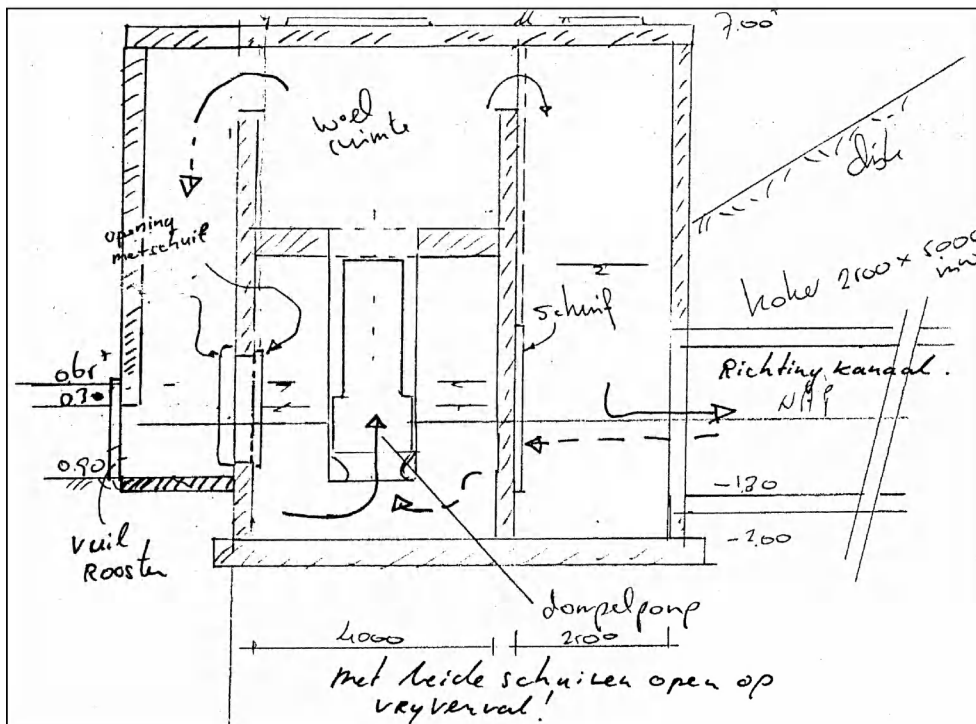
Ervan uitgaand dat 1 kwh €0,25 kost geeft dit op jaarbasis:

$$660 + 4000 = 4660 \times 0,25 = €1165,-$$

Voor 10 jaar is dat €11.650,-

BIJLAGE 14: UITWERKING VAN EEN NIEUW GEMAAL HARINGVLIET

Alternatief 2: inlaat duiker in combinatie met een pomp



Figuur 1: schetsontwerp van een inlaatduiker in combinatie met een pomp

In dit alternatief wordt er gebruik gemaakt van één pomp die geplaatst wordt in een pompput aan de zijde van het Haringvliet.

Wanneer inlaten op vrij verval mogelijk is staan de schuiven open en stroomt het water vrij naar binnen. Daalt de waterstand op het Haringvliet dan gaat de schuif dicht en wordt het water m.b.v. van de pomp omhoog gepompt naar de woelruimte. Via een overstort stroomt het water via een koker naar het toevoerkanal.

Wanneer het gewenst is om het water in de andere richting te pompen worden de elektrische schuiven aan de Haringvliet zijde gesloten en wordt het water via de koker van de andere zijde ingelaten. Via de woelruimte stroomt het via een overstort naar het Haringvliet (overstort richting Haringvliet niet op tekening weergegeven)

De pomp die in Figuur is afgebeeld is een dompelpomp die door het waterschap beschikbaar is gesteld. Bij het schrijven van deze notitie is nog niet duidelijk wat de pompkarakteristieken van deze pomp zijn. Er is uitgegaan van een standaard dompelpomp met de opgegeven capaciteit van 250 m³/min.

De volgende onderdelen moeten in het vervolg nog nader ontworpen worden:

- fundering van de pompputten
- instroomvoorziening, moet er water van bovenaf worden ingenomen of kan er water van onderaf worden ingelaten? Dit hangt van de gelaagdheid van de zoutconcentratie voor de inlaat.
- vormgeving van de inlaat zodanig vormgeven dat verliezen zijn geminimaliseerd en de pomp optimaal functioneert. Het is bijvoorbeeld mogelijk om de pomp flexibel op te stellen in plaats van zoals in bovenstaande voorbeeld.
- bodemverdediging bij inlaat en uitlaat
- nadere detaillering pomput op basis van gegevens van de pomp

Uit te voeren werkzaamheden

De volgende werkzaamheden moeten worden uitgevoerd om de inlaatconstructie te realiseren:

- opbreken weg en steenzetting op waterkering;
- maken van een bouwkuipen voor pompput en plaatsen van de koker.
- aanleg van de pompput
- plaatsen koker
- aanleg in en uitstroomvoorzieningen (vleugelwanden)
- aanvullen waterkering en trekken damwanden van pompput en koker
- aanbrengen bodemverdediging
- plaatsen van de pomp
- plaatsen trafo en elektrische voorzieningen

Globale kosten inschatting

De aanlegkosten van het inlaatwerk worden geraamd op circa 5,7 miljoen euro. Indien de put slecht in de richting van het aanvoerkanaal hoeft aan te voeren, en geen overstort richting het Haringvliet nodig is, dan zijn de aanlegkosten circa 4,8 miljoen euro.

In het vervolg van het onderzoek zal een gedetailleerde en naar onderdelen uitgesplitste raming worden gemaakt.

Voordelen en nadelen van dit alternatief

Voordelen	Nadelen
+ inlaten is zowel mogelijk op vrij verval als met een pomp. Hierdoor zullen de beheers- en onderhoudskosten relatief beperkt zijn.	- aanlegkosten zijn relatief hoog
+ kan in twee richtingen water transporteren zonder dat een pomp verplaatst hoeft te worden	- de waterkering wordt doorsneden

Bron: rapport, zoetwatervoorziening en natuurontwikkeling Noordrand Goeree-Overflakkee, achtergronddocument, Royal Haskoning, 2003.

BIJLAGE 15: BEREKENINGEN NIEUW GEMAAL

Berekeningen debiet

Om een indruk te krijgen van de benodigde capaciteit van het nieuwe gemaal, wordt gekeken wat het debiet moet zijn als de gewenste hoeveelheid water in 3 maanden moet worden ingelaten. Hierbij is rekening gehouden met een verversingstijd van 2 keer per jaar.

$$Q = \frac{\text{inhoud plas} \times 2}{\text{dagen} \times \text{uren} \times \text{minuten}}$$

$$Q = \frac{163500 \times 2}{91 \times 24 \times 60} = 2,5 \text{ m}^3 / \text{min}$$

Berekeningen van de kosten

Het grondverzet is een van de grootste kostenposten binnen het creëren van het natuurgebied. Per m^3 die binnen het terrein van Waterdunen wordt verplaatst wordt een prijs van €7 gerekend. Met dit bedrag zal rekening worden gehouden bij de berekeningen van de kosten. Echter als er een overschot aan grond is en deze afgevoerd zal moeten worden, stijgt de prijs naar €12/ m^3 . Dit wordt niet verwacht aangezien naast het aanleggen van reliëf in de recreatienatuur er ook nog grond kan worden gebruikt als kern voor de nieuw aan te leggen duinen.

Het grondverzet zal voornamelijk bestaan uit het uitgraven van de waterpartij. Daarnaast zal er nog een aan- en afvoersloot gegraven moeten worden. De locatie en lengte van deze sloten is nog niet bekend. Tevens is de hoeveelheid grond die hierbij vrijkomt verwaarloosbaar ten opzichte van die van de waterpartij. De kosten van het grondverzet zijn dan ook alleen gebaseerd op de kosten van de waterpartij. Het gaat dan om 163.500 m^3 grond à €7 = €1.144.500.

Om te bekijken hoeveel de pomp verbruikt wordt een berekening gemaakt met onderstaande formule:

$$P_o = \frac{Q \times H \times g}{\eta}$$

Hierin is:

P_o opgenomen vermogen [kW]

Q debiet [m^3/sec]

H opvoerhoogte

g versnelling van de zwaartekracht [m/s^2] = 9,81 m/s^2 in Nederland

η rendement van de onderdelen

De dijk ten oosten van het gemaal van Nieuwe Sluis is gemiddeld 11 m NAP. Bij een gemiddelde getijdeweg is gedurende 8,5 uur een waterstand hoger dan -1 m NAP. Uitgaande van een opvoerhoogte van 12 meter en een gemiddeld rendement van 0,7 kan het volgende vermogen worden berekend:

$$P_o = \frac{(2,5/60) \times 12 \times 9,81}{0,7}$$

$$P_o = 7,1 \text{ kW}$$

Dit geeft een verbruik per jaar van:

$$7,1 \times (91 \times 24) = 15506 \text{ kWh}$$

$$15506 \times €0,25 = €3876$$

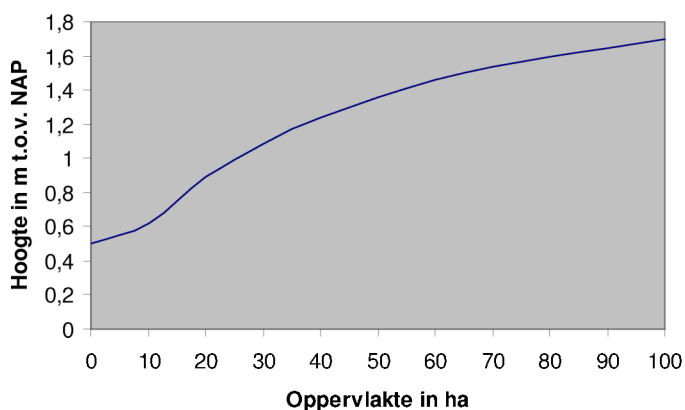
Voor 10 jaar is dat € 38760.

BIJLAGE 16: BEREKENINGEN VAN DE DUIKER

Voor het doorrekenen van de duiker is gebruik gemaakt van het model 'Getijduiker' van het Rijksinstituut voor Intergraal Zoetwaterbeheer en Afvalwaterberging (RIZA). Het model is bedoeld om een eerste verkenning te doen naar de benodigde afmetingen van de duiker en de te creëren getijdengolf. In het model moeten verschillende gegevens ingevoerd worden. In onderstaand tabel is hier een overzicht van gegeven met daarbij de ingevulde gegevens. Deze gegevens zijn voornamelijk gebaseerd op 'trail and error'

Getijdenkromme <i>De getijdenkromme bij het inlaatpunt</i>	<i>Hiervan zijn gegevens verkregen via www.getij.nl</i>
Doorlaatmiddel <i>Het aantal duikers</i>	2
<i>Lengte duiker</i>	100 m (bij een optimale ligging aan de westzijde waar het strand steiler afloopt)
<i>Breedte duiker</i>	2 m
<i>Hoogte duiker</i>	1 m
<i>Onderkant van de duiker</i>	1,0 m NAP
<i>Of de in- en uitstroomopening gestroomlijnd is of niet</i>	niet
Wetland <i>Totale oppervlakte van het wetland</i>	100 ha
<i>Het startpeil van het water in het wetland</i>	+1,10 m NAP
<i>Gewenst minimumpeil</i>	0,8 m NAP
<i>Gewenst maximumpeil</i>	1,75 m NAP
<i>Het profiel van het wetland</i> <ul style="list-style-type: none"> • Hoogte (in m t.o.v. NAP) • Oppervlakte (ha) 	<i>Hierbij is een schatting gemaakt aan de hand van de gegevens van de standaard waterpartij voor de getijdenwateren. Voor een schets van het gebruikte profiel, zie figuur 1</i>

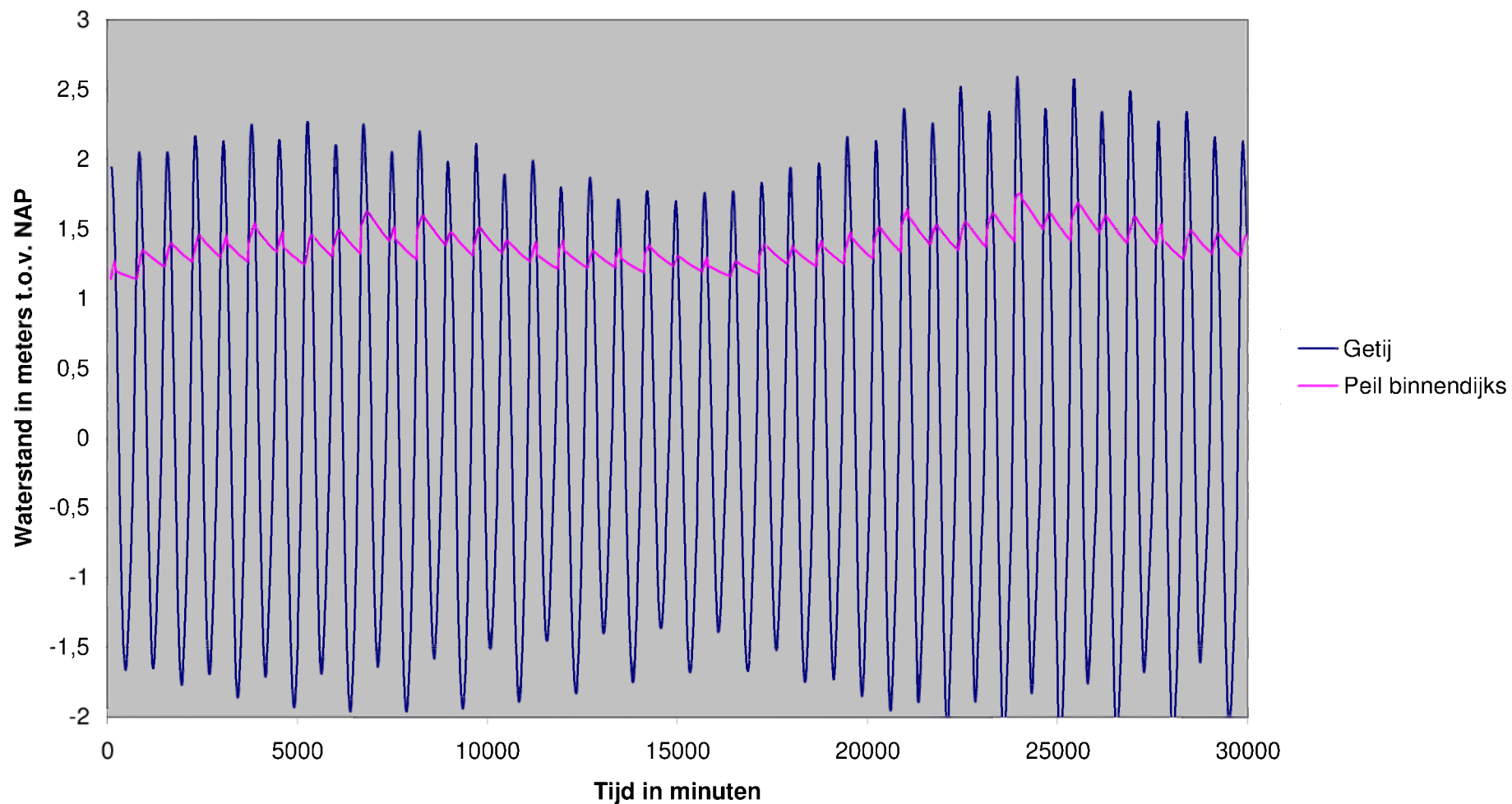
Profiel voor invoer model getijduiker



Figuur 1: Vorm van het profiel dat is ingevoerd in het model

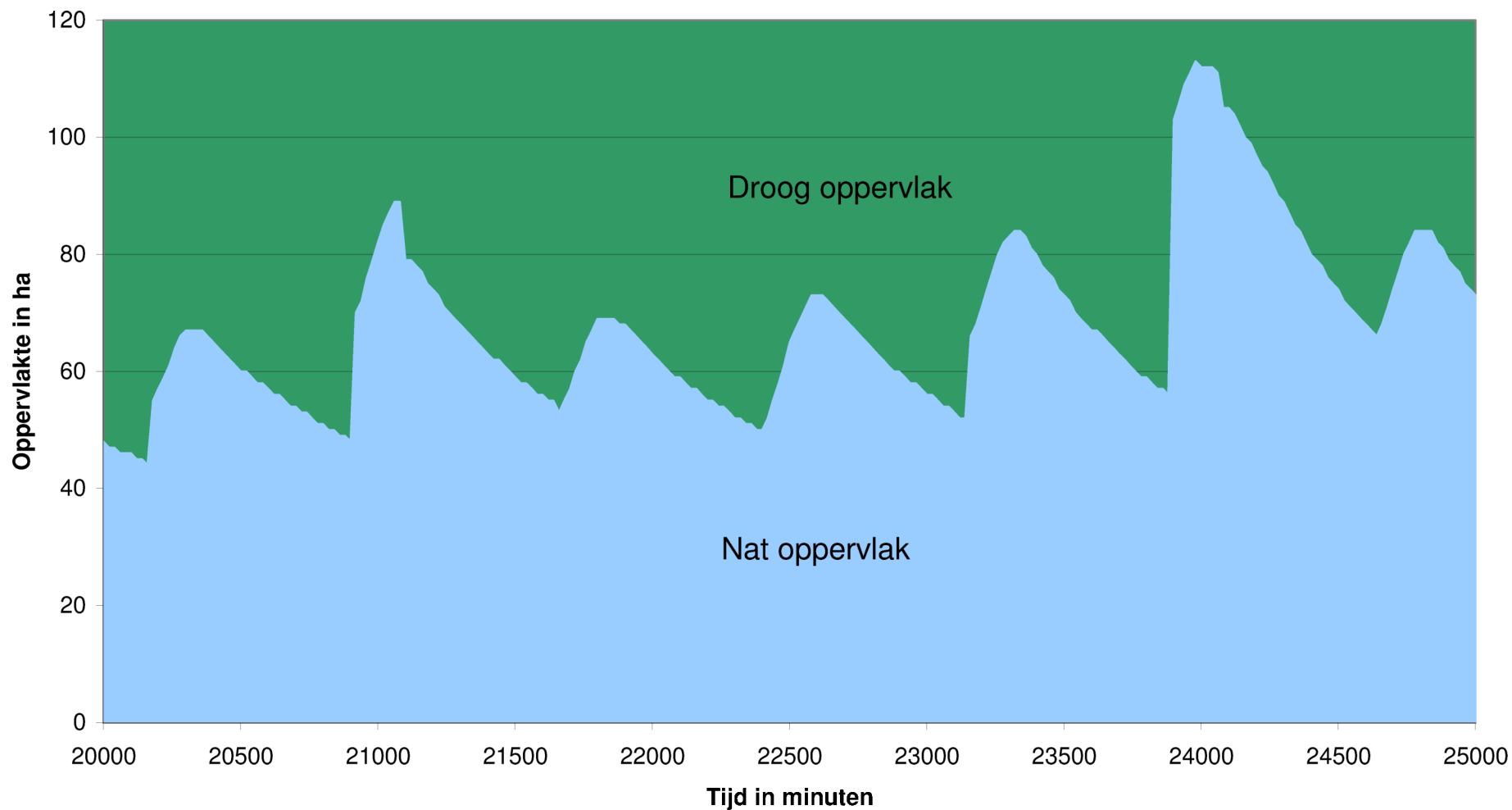
Op de volgende twee pagina's zijn de resultaten van het model in grafieken weergegeven.

Peilfluctuatie binnen- en buitendijks



Te zien is dat de fluctuatie van het waterniveau binnendijks meebeweegt met het spring- en doottij. Per getijdenbeweging is er een fluctuatie van ongeveer 25 cm. Het minimale waterniveau is $\pm 1,20$ m NAP en een maximum van 1,75 m NAP. Deze gegevens kunnen echter nog een beetje veranderen doordat het model zich in de startfase bevindt.

Nat en droog oppervlak binnendijks



Te zien is dat gemiddeld zo'n 50 ha onder water staat. De hoogste piek is de waterstand bij springtij, het gehele gebied zal dan geheel onder water komen te staan. Mochten deze getallen te extreem zijn dan kan gedacht worden aan het verkleinen van de duiker of het verlagen van de onderkant van de buis. Hier is verder niet op ingegaan in dit rapport omdat dit meer in een gevorderd stadium van het proces thuishoort.

BIJLAGE 17: BEREKENINGEN VAN KWEL DOOR AFGRAVING

Om te bekijken of met behulp van deze optie voldoende verversing kan worden gegenereerd zal met de wet van Darcy, die hieronder is weergegeven, worden berekend.

$$q_v = k \times A \times \frac{\Delta H}{l}$$

Waarin:

- q_v = het debiet [m^3/sec]
- k = de doorlaatbaarheidcoëfficiënt [m/s]
- A = oppervlakte van het grondmonster [m^2]
- ΔH = het niveauverschil tussen de waterhoogtes
- l = lengte van het grondmonster [m]

Om deze formule toe te passen op de situatie in de Breskenspolder zal voor de 'A' de oppervlakte van de bodem van de waterpartij worden genomen (30 ha) en voor de 'l' de dikte van de deklaag die overblijft na afgraving van de waterpartij van 1 meter diep bij een maaiveldhoogte van 1,1 m NAP. De doorlaatbaarheidcoëfficiënt van de deklaag is weergegeven in hoofdstuk 5.3 en komt uit op een gemiddelde k-waarde van $3,86 \cdot 10^{-7} m/s$. De ΔH is het verschil in hoogte van het waterniveau tussen de Westerschelde en de waterpartij. De gemiddelde waterhoogte van de Westerschelde is 0,20 NAP (Zie bijlage 17). Naar verwachting zal een waterpartij met een waterniveau boven deze gemiddelde buitenwaterstand zeer weinig kwel meer ontvangen omdat het potentiaalverschil (ΔH) nihil is. Er zal dus eerste een stuk afgegraven moeten worden van minimaal 0,9 m ($1,1 - 0,2 = 0,9$). Bij de berekeningen is uitgegaan van een veranderende ΔH welke bij 0 begint. Bij een grotere $\Delta H \rightarrow$ diepere afgraving \rightarrow dunnere deklaag \rightarrow des te minder weerstand \rightarrow groter debiet.

Bij de berekeningen wordt op een gegeven moment de deklaag, uitgaande van 2,5 meter dik, doorbroken (oranje lijn in de tabel) en komt de bodem van de waterpartij in het watervoerend pakket terecht welke een veel betere doorlatendheid heeft. In de berekeningen is de doorlaatbaarheidcoëfficiënt veranderd en ook de dikte van de laag, de 'l', verandert. Omdat wordt aangenomen dat het water uit het watervoerend-pakket niet de volle weerstand van het 30 meter dikke watervoerendpakket krijgt. Er is vanuit gegaan dat het hier om een laag van 3 meter gaat.

Tabel 1: uitkomsten van de berekeningen

waterniveau t.o.v. NAP	dikte deklaag	ΔH	q_v in m^3/sec	m^3 per dag	$m^3/jaar$	verversing per jaar
0,2	0,6	0	0,00	0	0	0
0,1	0,5	0,1	0,02	2001	512.000	1,6
0	0,4	0,2	0,06	5003	1.281.000	4
-0,1	0,3	0,3	0,12	10005	2.561.000	8
-0,2	0,2	0,4	0,23	20010	5.123.000	16
-0,3	0,1	0,5	0,58	50026	12.807.000	39
-0,4	3	0,6	3,14	271642	69.540.000	213
-0,5	3	0,7	3,67	316915	81.130.000	248
-0,6	3	0,8	4,19	362189	92.720.000	284
-0,7	3	0,9	4,72	407462	104.310.000	319
-0,8	3	1	5,24	452736	115.900.000	354
-0,9	3	1,1	5,76	498010	127.490.000	390
-1	3	1,2	6,29	543283	139.080.000	425

Te zien is dat de eerste twee mogelijkheden te weinig debiet opleveren om de verversingssnelheid van 2 maal per jaar te halen. Maar ook bij een te diepe afgraving

ontstaan er problemen. Zo kan bij een waterstand van -0,6 m NAP zomers geen water meer op natuurlijke wijze worden afgevoerd naar het afwateringskanaal omdat het waterpeil in het waterkanaal dan op -0,6 m NAP staat.

Van de overgebleven afgravingsopties is bekeken wat de kosten voor het afgraven waren:

ΔH	Grond standaard waterpartij	Extra afgraving voor verdieping waterpartij #	Indicatie totaal afgraven	Kostprijs afgraving
0,2	163500	330000	493500	€ 3.454.500
0,3	163500	360000	523500	€ 3.664.500
0,4	163500	390000	553500	€ 3.874.500
0,5	163500	420000	583500	€ 4.084.500
0,6	163500	450000	613500	€ 4.294.500
0,7	163500	480000	643500	€ 4.504.500

De volgende opmerkingen worden bij deze tabel geplaatst:

- # Hierbij is alleen rekening gehouden met een rechte 'put' boven de waterpartij van 30 ha oppervlakte en een diepte die afhankelijk is van het waterniveau. Echter naast de afgraving voor de diepte zal er ook rekening moeten worden gehouden met landschappelijke inpassing van de waterpartij. Het graven van een put met steile wanden is ondenkbaar. Er zal een flauw talud moeten worden aangelegd om de plas een goede uitgangssituatie te geven voor natuurontwikkeling. Hoe dieper de plas wordt des te meer grond zal er verzet moeten worden. Deze hoeveelheden zijn nog niet in de berekeningen opgenomen maar zij zullen de kosten van het grondverzet alleen maar verder verhogen. De mogelijkheid om deze extra grond te gebruiken bij bijvoorbeeld de aanleg van de duinen maakt de afgraving financieel weer aantrekkelijker. De kostenbesparing die hiermee wordt gedaan is nu nog lastig te bepalen. Daarom is dit item verder niet meegenomen in de berekeningen.

BIJLAGE 18: DE GEMIDDELDE WATERHOOGTE IN DE WESTERSCHELDE BIJ BRESKENS

Voor sommige berekeningen van de toevoeropties zijn gegevens nodig voor wat betreft de waterstanden in de Westerschelde. Bij de berekeningen zal worden uitgegaan van een gemiddelde getijdengolf en een gemiddelde waterstand in de Westerschelde. Maar is het gemiddelde van een reeks data wel representatief?

Als dataset is gebruik gemaakt van de website www.getij.nl van het ministerie van verkeer en waterstaat. Op deze website zijn de astronomische waterstandenⁱ van de getijdengebieden binnen Nederland te downloaden. Daarnaast is het ook mogelijk om een overzicht te krijgen van de hoog- en laagwaterstanden op verschillende locaties. Om een indruk te krijgen van het verschil tussen het astronomische getij en het werkelijke getij kan via de site www.waterbase.nl de werkelijke waterstanden op verschillende locaties in Nederland verkregen worden. Een van de meetpunten die op beide websites is weergegeven is 'Breskens'. Deze locatie wordt als representatief geacht voor het projectgebied. Om een goede indruk te krijgen van de waterstanden is er gekeken over een heel jaar (2004) en voor de werkelijke waterstanden het meest recente bestand dat via 'waterbase' beschikbaar was: 1986.

In de tabel hieronder zijn de resultaten weergegeven van twee methoden die zijn gebruikt om een indruk te geven van de 'gemiddelde' waterstanden. Het gaat om de methoden 'rekenkundig gemiddelde' en 'mediaan'.

Tabel 12-3: Overzicht van de verkregen resultaten van de twee methoden

Dataset * \ Methode	Rekenkundig gemiddelde [in m t.o.v. NAP]	Mediaan [in m t.o.v. NAP]
Metingen om de 10 min. '04	-2	-21
Metingen om de 20 min. '04	-2	-20
Metingen om de 30 min. '04	-2	-21
Metingen om de 60 min. '04	-2	-20
Metingen om de 60 min. '86	-0,4	-18
Laag water '04	-173	-174
Hoog water '04	201	204

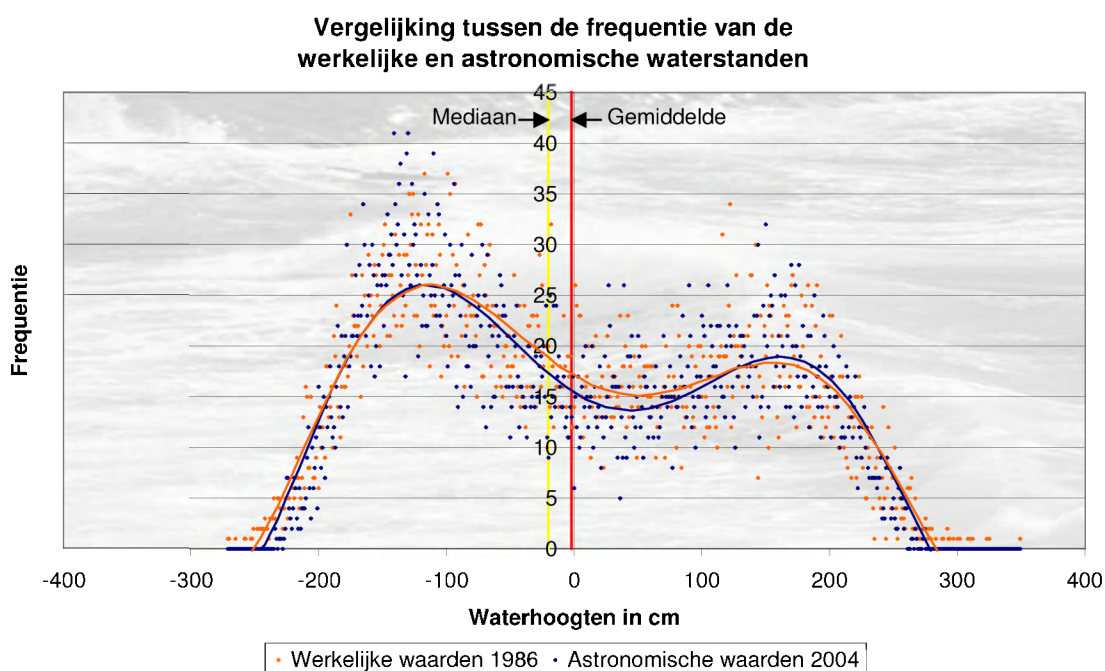
*De datasets zijn afkomstig van www.waterbase.nl (Metingen om de 60 min. '86) en www.getij.nl (overige).

In bovenstaande tabel is te zien dat er weinig tot geen verschil zit in de uitkomsten per methode over de verschillende datasets. Er is echter wel goed een verschil te zien tussen de twee methoden. De uitkomst van het nemen van het gemiddelde van een dataset komt hoger uit dan de uitkomst van het nemen van de mediaan van een dataset. Dit is te verklaren door het feit dat bij het nemen van een gemiddelde de extreme waarden worden meegenomen, zoals tijdens springtij (bij de astronomische waarden) en tijdens zware weersomstandigheden (werkelijke waarden). Bij de mediaan worden alle waarden op volgorde van groot naar klein gezet. Het middelste getal in die reeks is de mediaan. Deze wordt veel minder beïnvloed door de extremen dan bij het rekenkundige gemiddelde, omdat de extremen aan het uiteinden van de reeks liggen.

ⁱ Astronomische waterstanden zijn de voorspelde waterstanden welke gelden bij gemiddelde meteorologische omstandigheden en waterafvoer. Deze werkelijk waarden wijken af door bijvoorbeeld opstuwung van de wind.

Om een indruk te krijgen van het verschil tussen de werkelijke waarden en de astronomische waarden is in de onderstaande grafiek de spreiding van de frequenties te zien van de werkelijke waarden van 1968 en de astronomische waarden van 2004. De trendlijnen in de grafiek lopen vrijwel gelijk, maar de werkelijke waarden liggen iets hoger. Dit wordt veroorzaakt door de wind die opstuwing die in de Westerschelde veroorzaakt. Zeeland heeft overwegend een zuidwestelijke windrichting, een wind die de monding van de Westerschelde inblaast. Deze winden geven een weerstand aan het uitstromende water waardoor er opstuwing plaatsvindt. Met dit verschijnsel wordt geen rekening gehouden bij de astronomische waterstanden.

Verder is te zien dat de uiteinden van de trendlijn verder naar buiten lopen. Dit wordt veroorzaakt door de extreme waterstanden die soms voorkomen.



Conclusie

In de tabel en de grafiek is te zien dat er geen enorme verschillen zitten tussen de werkelijke- en de astronomische waterstanden. Hierdoor is er gekozen voor de meest recente dataset van 2004. Het verschil tussen de datasets met verschillende meetfrequentie is zo klein dat wordt uitgegaan van metingen om de 20 minuten.

De methode waarvoor gekozen is om de gemiddelde waterstand te berekenen is de 'mediaan' methode, omdat bij deze methode de extreme waarden grotendeels worden vermeden.

Voor de gemiddelde hoog- en laagwaterstand is de 'mediaanmethode' toegepast op de dataset van 2004.

Hoogwater	204	cm t.o.v. NAP
Gemiddeld	20	cm t.o.v. NAP
Laagwater	-174	cm t.o.v. NAP

BIJLAGE 19: BEREKENINGEN VAN DE KWELBUIZEN

Berekening van het kweldebiet

Het plaatsen van kwelbuizen is een nieuwe manier voor het verhogen van de hoeveelheid kwel in een gebied. De methode wordt in Zeeland onder andere gebruikt in de. Door de grote hoeveelheid neerslag in de winter en de verdamping in de zomer hadden deze ondiepe inlagen te kampen met grote fluctuatie in zoutgehalte. Een constante stroom van zoute kwel in de inlagen vlak de grote fluctuatie in zoutgehalte af en de waterkwaliteit is daar aanzienlijk door verbeterd.

De hydrologische aspecten binnen dit project zijn uitgevoerd met de expertise die binnen de beschikbaar is. De berekeningen en aannamen van de kwelbuizen in dit rapport zijn voornamelijk gebaseerd op deze kennis en ervaring die binnen de Provincie Zeeland is opgedaan bij de kwelbuizen van de Flaauwers- en Weversinlagen. Bij het berekenen van het te verwachten debiet van de kwelbuizen is de volgende formule gebruikt, de Jacob-Lohman's methode^b:

$$Q = \frac{4\pi k D s_w}{2,30 \log(2,25 k D t / r_w^2)}$$

Waarin:

Q = Debiet [m³/dag]

kD = Doorlatendheid van het watervoerend pakket [m²/dag]

s_w = Drawdown

t = Tijd dat de kwelbuis stroomt [dagen]

r_w = Radius van de kwelbuis [m]

Het gaat om de volgende gemiddelde gegevens:

kD = 100 m²/dag

S_w = afhankelijk van de uitstroomopening (hierbij is uitgegaan van een getijdenwerking in het grondwater van 75% van de getijdenwerking in de Westerschelde)

De S_w is de tijd dat de getijdengolf boven de uitstroomopening van de kwelbuis komt. Deze tijd wordt vermenigvuldigd met 3/2 omdat binnen deze tijd het niveau van de getijdengolf niet even hoog is en dus de druk verandert.

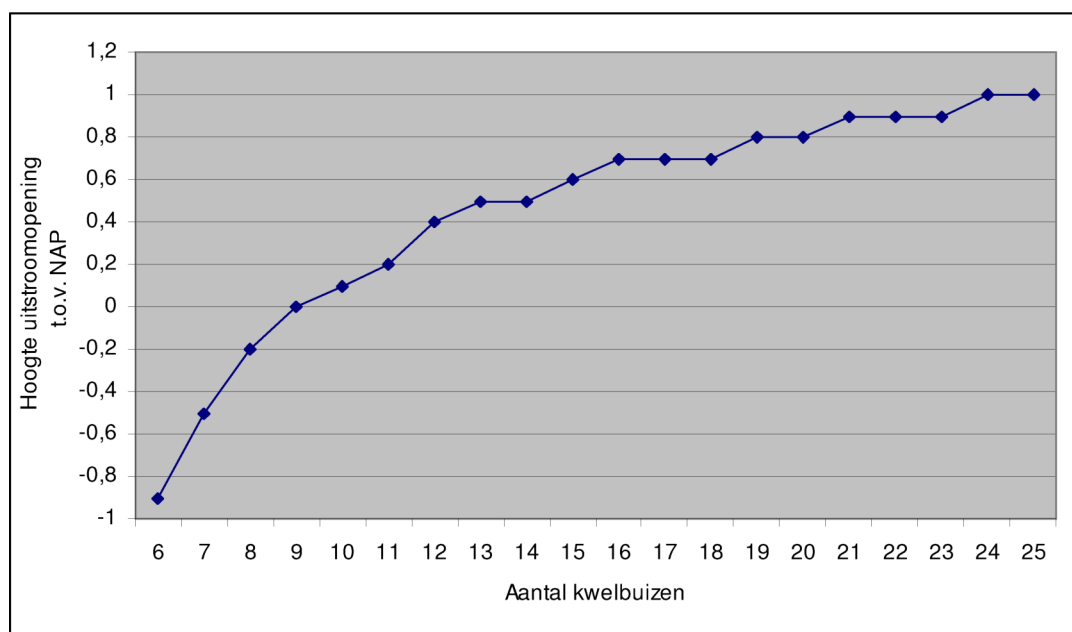
t = afhankelijk van de s_w

r_w = 0,1 m

In de grafiek en tabel op de volgende pagina wordt een indruk gegeven van de uitkomsten van de berekeningen.

^b Bron: Analysis and evaluation of pumping test data, pagina 173

aantal kwelbuizen	hoogte instroomopening	kosten afgraving	kosten buis	totaal
6	-0,9	5579843	60000	5.639.843
7	-0,5	4734861	70000	4.804.861
8	-0,2	4101175	80000	4.181.175
9	0	3678742	90000	3.768.742
10	0,1	3889956	100000	3.989.956
11	0,2	3256323	110000	3.366.323
12	0,4	2833925	120000	2.953.925
13	0,5	2622730	130000	2.752.730
14	0,5	2622730	140000	2.762.730
15	0,6	2411541	150000	2.561.541
16	0,7	2200357	160000	2.360.357
17	0,7	2200357	170000	2.370.357
18	0,7	2200357	180000	2.380.357
19	0,8	1989176	190000	2.179.176
20	0,8	1989176	200000	2.189.176
21	0,9	1778001	210000	1.988.001
22	0,9	1778001	220000	1.998.001
23	0,9	1778001	230000	2.008.001
24	1	1566830	240000	1.806.830
25	1	1566830	250000	1.816.830



BIJLAGE 20: BEREKENINGEN VAN 'GRONDWATER OPPOMPEN'

Om te bekijken hoeveel de pomp verbruikt wordt een berekening gemaakt met onderstaande formule:

$$P_o = \frac{Q \times H \times g}{\eta}$$

Hierin is:

- P_o opgenomen vermogen [kW]
- Q debiet [m³/sec]
- H opvoerhoogte
- g versnelling van de zwaartekracht [m/s²] = 9,81 m/s² in Nederland
- η rendement van de onderdelen

Voor het debiet is er vanuit gegaan dat de pompen 3 maanden in het jaar draaien om de benodigde hoeveelheid water te kunnen geven voor een verversing van 2 maal per jaar. Hier komt een Q uit van is 0,04 m³/sec. Als opvoer hoogte wordt een schatting gemaakt van het waterniveau dat in de put zal staan. Deze wordt geschat op 1m beneden de deklaag. Hierbij wordt de opvoerhoogte 3,5 m. Er is uitgegaan van een gemiddeld rendement van 0,7. Hiermee kan het volgende vermogen worden berekend:

$$P_o = \frac{0,04 \times 3,5 \times 9,81}{0,7}$$

$$P_o = 2,0 \text{ kW}$$

Dit geeft een verbruik per jaar van:

$$7,1 \times (91 \times 24) = 4285 \text{ kWh}$$

$$4285 \times \text{€}0,25 = \text{€}1071$$

Voor 10 jaar is dat € 10.710.

