



waddenacademie

Position paper Zoutwinning onder de Waddenzee





waddenacademie

Position paper **Zoutwinning onder** **de Waddenzee**

Colophon

Tekst

Suzanne Hulscher; Patrick Meire; Gerlof Rienstra; Janos Urai

Grafisch ontwerp

BW H ontwerpers

Fotografie

Saskia Boelsums, Sjon de Haan en Jan Huneman

ISBN

978-94-90289-38-6

Position paper 2016-04

Gepubliceerd door Waddenacademie

© Waddenacademie juli 2016

Contactpersoon

Klaas Deen

Secretaris

T 058 233 90 31

E klaas.deen@waddenacademie.nl

www.waddenacademie.nl

De basisfinanciering van de Waddenacademie
is afkomstig van het Waddenfonds.

INHOUDSOPGAVE

VOORWOORD	4
1 GEOMECHANISCHE EN TECHNOLOGISCHE ASPECTEN VAN ZOUTWINNING ONDER DE WADDENZEE	8
1.1 Inleiding	9
1.2 Oplosmijnbouw en bodemdaling	9
1.3 Prognose, monitoring en beheersing van de bodemdaling	9
1.3.1 Conclusie, Engineering	11
1.3.2 Aardbevingen	11
1.4 Wetenschappelijke vragen en mogelijkheden tot verbetering van de betrouwbaarheid van de voorspellingen	11
1.4.1 Abandonnering van de cavernes	11
1.4.2 Zout rheologie	11
1.4.3 Geologisch model	12
2 MORFODYNAMISCHE ASPECTEN VAN ZOUTWINNING ONDER DE WADDENZEE	14
2.1 Inleiding	15
2.2 Directe (lokale) morfologische veranderingen als gevolg van de voorspelde bodemdalingsschotel	16
2.2.1 Evaluatie uitgevoerde studies	17
2.2.2 Conclusie en aanbevelingen	18
2.3 Patroonvorming of patroonveranderingen als gevolg van de zoutwinning	19
2.4 Indirecte morfologische veranderingen op de schaal van het getijbekken t.g.v. de voorspelde bodemdalingsschotel	19
2.4.1 Evaluatie uitgevoerde studies	19
2.4.2 Conclusies en aanbevelingen	21
2.5 Monitoringsplannen	21
2.5.1 Evaluatie voorgestelde monitoring	21
2.5.2 Conclusies en aanbevelingen	23
2.6 Conclusies	23
3 ECOLOGISCHE ASPECTEN VAN ZOUTWINNING ONDER DE WADDENZEE	26
3.1 Inleiding	28
3.2 Documentoverzicht	28
3.3 Expertstandpunt	28
3.3.1 Morfodynamische respons	28
3.3.2 Scenario zeespiegelstijging	29
3.3.3 Meegroeivermogen	30
3.3.4 Tijdelijke effecten	31
3.3.5 Monitoringplan	32
4 ECONOMISCHE ASPECTEN VAN ZOUTWINNING ONDER DE WADDENZEE	34
4.1 Samenvatting: position paper in trefwoorden	35
4.2 Aanleiding voor position paper economie	36
4.3 Waarom voortzetting zoutwinning in Noordwest-Fryslân?	37
4.4 Bedrijfseconomische aspecten	38
4.5 Methodiek en resultaten economische effectenanalyse	39
BIBLIOGRAFIE	43

VOORWOORD

Het kader

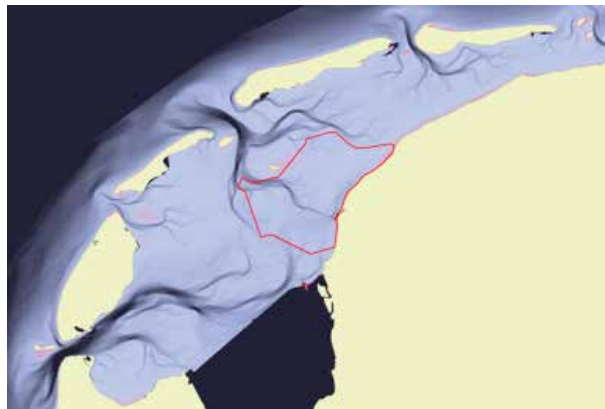
Frisia Zout in Harlingen, een dochteronderneming van European Salt Company, produceert door middel van oplosmijnbouw op ongeveer 2800 m diepte onder het vasteland nabij Harlingen, hoogwaardig vacuümzout (primair NaCl). Bij de productie ontstaan cavernes: holruimtes in de ondergrond waar het zout door oplossing met water is gewonnen en die gevuld zijn met zout water.

De winningsconcessies voor de bestaande cavernes op het vasteland zijn goeddeels geproduceerd en vanwege de veroorzaakte bodemdaling worden voor het vasteland geen nieuwe concessies afgegeven. Frisia Zout wil ook in de toekomst (na 2018) zout produceren nabij Harlingen en heeft daarom een vergunning aangevraagd bij het Ministerie van Economische Zaken voor winningsconcessies onder de Waddenzee. In het kader van de vergunningsaanvraag zijn diverse onderzoeken uitgevoerd (door m.n. Frisia Zout en Arcadis) en vervolgens beoordeeld door Staatstoezicht op de Mijnen, met adviezen door TNO en de Mijnraad; zie figuur 1 voor lokatie primaire onderzoeksgebied.

Het Ministerie van Economische Zaken heeft in 2014 vergunning verleend voor het realiseren van een eerste caverne onder de Waddenzee: de 'Havenmond'. De boring voor deze caverne vindt plaats vanaf de productielocatie van Frisia Zout in Harlingen over een lengte van ca 6 km onder de Waddenzee met als doel de caverne te realiseren op een diepte van ongeveer 3 km, op ca. 4 km ten noorden van de productielocatie van Frisia Zout in Harlingen. Boven de door oplosmijnbouw te vormen caverne ligt, in de Waddenzee, de Ballastplaat.

Vanwege mogelijke risico's van de zoutwinning voor het Wadden ecosysteem heeft de Tweede Kamer in December 2014 een motie aangenomen, waarin is vastgelegd dat de monitoring van de zoutwinning onder de Waddenzee 'minstens zo goed zal zijn als de monitoring van de gaswinning in het Waddengebied'.

De Waddenvereniging heeft, samen met Natuurmonumenten en Vogelbescherming, bezwaar gemaakt tegen de vergunning voor het winnen van zout onder de Waddenzee. De rechtszaak vindt naar verwachting plaats in de tweede helft van 2016. Een principiële reden voor het bezwaar is dat de Waddenzee sedert 2009 een UNESCO Wereld Erfgoed is, en (nieuwe) industriële activiteiten niet behoren plaats te vinden in een natuurgebied van



Figuur 1: Westelijke Nederlandse Waddenzee met het studiegebied rondom Ballastplaat

wereldklasse. Een meer praktische reden voor het bezwaar is dat de zoutwinning gepaard gaat met bodemdaling. Deze zal plaatsvinden in de Waddenzee, onder meer bij de Ballastplaat. De bodemdaling zal de erosie, het transport en de sedimentatie van zand en slib in de Waddenzee beïnvloeden. Als door bodemdaling minder wadplaat droog valt, hebben wadvogels minder tijd en ruimte om te foerageren, zo luidt het bezwaar.

De vraagstelling van de Waddenacademie

Uit bovengeschetst kader blijkt dat er wat betreft de voorgenomen zoutwinning onder de Waddenzee een maatschappelijke discussie plaats vindt, waarbij men het feitelijk niet eens is over drie aspecten:

1. De waarschijnlijkheid van het optreden van bodemdaling bij de voorgenomen zoutwinning;
2. de gevolgen van het optreden van bodemdaling gerelateerd aan de voorgenomen zoutwinning voor het ecosysteem (zowel morfodynamisch als ecologisch) en
3. de economische betekenis van de voorgenomen zoutwinning voor de regio.

De Waddenacademie heeft in de afgelopen maanden gewerkt aan een position paper waarin de wetenschappelijke en technologische data, informatie en kennis van de voorgenomen zoutwinning onder de

Waddenzee is geanalyseerd teneinde een antwoord te krijgen op genoemde drie aspecten.

Gedane analyse

De analyse omvatte vier deelvragen:

- a) De technologische aspecten en risico's van de productie van hoogwaardig vacuümzout door middel van oplosmijnbouw vanaf een productielocatie in Harlingen onder de Waddenzee in relatie tot de geomechanische aspecten (m.n. de berekening van de gevolgen van zoutwinning, zowel van de 'diepe' bodemdaling en van de vorming en ontwikkeling in de tijd van de bodemdalingsschotel aan het oppervlak/Waddenzee bodem), alsook de geodetische aspecten (m.n. de betrouwbare monitoring van de bodemdalingsschotel in een intertijdegebied tijdens en na de zoutwinning).
- b) De morfodynamische aspecten van de bodemdalingsschotel (m.n. de doorwerking van de schotelvorming op de erosie, het transport en de sedimentatie van zand en slib in het kombergingsgebied/getijddebekken, waar de bodemdalingsschotel gevormd wordt en de wijze van monitoring van de morfodynamische aspecten.
- c) De ecologische aspecten van de ontwikkeling van de Ballastplaat gedurende en aansluitend aan de concessieperiode van zoutwinning, met in ieder geval aandacht voor de gevolgen van mogelijke bodemdaling voor het fourageren van wadvogels.
- d) De bedrijfseconomische aspecten voor Frisia Zout en toeleveranciers van zoutwinning onder de Waddenzee in relatie tot de sociaal-economische aspecten en regionaal economische betekenis voor de Gemeente Harlingen en omgeving (en de rest van Nederland), met name in termen van directe en indirecte werkgelegenheid (liefst naar opleiding en/of inkomen) en inclusief de vraag van de maatschappelijk noodzaak van zoutwinning in dit gebied (kan hetzelfde soort zout niet net zo goed ergens anders gewonnen worden?).

De analyses ten aanzien van bovenstaande vier deelvragen werden – in opdracht van en gefinancierd door de Waddenacademie – uitgevoerd door onder-

staande vier wetenschappers, die tot dusverre geen van allen betrokkenheid hebben gehad bij het dossier 'Zoutwinning in de Waddenzee':

- a) Prof. Dr. Janos Urai (professor of Structural Geology, Tectonics and Geomechanics at RWTH Aachen University), met bijdragen van dr. Roland F. Bekendam: geomechanische en technologische aspecten;
- b) Prof. Dr. Suzanne Hulscher (professor of Water Engineering and Management, University of Twente), met bijdragen van dr. Kathelijne M. Wijnberg en ir. Lianne van der Weerd: morfologische aspecten;
- c) Prof. Dr. Patrick Meire (professor of Ecosystem Management, Antwerpen University), met bijdragen van dr. Tom Cox: ecologische aspecten;
- d) Mr. Drs. Gerlof Rienstra (directeur Rienstra Beleidsonderzoek en Beleidsadvies): economische aspecten.

De Waddenacademie wil genoemde auteurs van harte danken voor hun bijdragen aan de totstandkoming van deze position paper.

Beantwoording van de vragen

1. Wat is de waarschijnlijkheid van het optreden van bodemdaling bij de voorgenomen zoutwinning?

Uit het rapport van Urai blijkt dat het geen twijfel leidt dat zoutwinning met oplosmijnbouwtechniek leidt tot bodemdaling.

Wat betreft de technologische aspecten en risico's van de productie van hoogwaardig vacuümzout door middel van oplosmijnbouw onder de Waddenzee is de kwaliteit van de engineering beoordeeld en vergeleken met de huidige stand der techniek en zijn de onzekerheden in de (bodemdalings)prognoses besproken. Ook is in de analyse een verdere vergroting van het inzicht in het ontstaan van bodemdaling door zoutwinning en de monitoring ervan opgenomen. De Waddenacademie constateert dat de technologie die Frisia Zout BV wil inzetten voor de productie van zout uit een caveau onder de Waddenzee ('de havenmond') 'state of the art' is en dat de (bodemdalings)prognoses reëel berekend zijn met de best beschikbare modellen.

Voor nadere informatie hierover wordt verwezen naar onder meer het advise inzake het ‘Winningsplan Havenmond’, opgesteld door Staatstoezicht op de Mijnen en TNO d.d. 29 juni 2013.

2. Wat zijn de gevolgen van bodemdaling gerelateerd aan de voorgenomen zoutwinning voor het ecosysteem (zowel morfodynamisch als ecologisch)?

Wat betreft de morfodynamische aspecten van de bodemdalingsschotel is beoordeeld in hoeverre kan worden voorspeld wat de ontwikkeling van het gebied zal zijn zonder zoutwinning (de som van natuurlijk dynamische ontwikkeling en respons op andere menselijke activiteiten in het gebied, zoals het bevaarbaar houden van geulen) en met zoutwinning onder de Waddenzee. Ook de monitoring van de morfodynamiek is onderdeel van de analyse, evenals vergroting van het inzicht in (aspecten van) de morfologische ontwikkeling. De bodemdalingsschotel in het scenario van de nu aangevraagde vergunning heeft naar verwachting een lichte ellipsvorm, met assen van 6 en 7,5 km. De jaarlijkse bodemdaling in het centrum wordt berekend op ca. 5-7 cm/j. Dit komt neer op een bodemdalingsvolume (netto “sedimentverlies”) van ongeveer 1 miljoen kubieke meter per jaar.

Er wordt geen gas gewonnen in het gebied waar de bodemdalingsschotel van de zoutwinning zich zal ontwikkelen. Wel geldt – net als overal elders in de Waddenzee – dat de ‘normale’ zeespiegelstijging in de toekomst versneld zal worden door klimaatverandering. De beoogde zoutwinning onder de Waddenzee, in combinatie met de voorspelde versnelde zeespiegelstijging, zal de zogenoemde ‘sedimenthonger’ van de Waddenzee vergroten.

Of aan de tijdelijke zandhonger ten gevolge van bodemdaling door zoutwinning kan worden voldaan, en zo ja, binnen welke tijdshorizon, is volgens de Waddenacademie met de huidige kennis niet goed vast te stellen. Ook kan met de beschikbare modellen niet goed worden voorspeld hoe geul-plaatssystemen binnen een kombergingsgebied zich de komende decennia zullen ontwikkelen (noch met, noch zonder lokale bodemdaling door zoutwinning).

Wat betreft de biotisch-ecologische aspecten van de ontwikkeling van Ballastplaat gedurende en aansluitend aan de concessieperiode van zoutwinning, is beoordeeld in hoeverre de ecologische gevolgen van de bodemdaling kunnen worden voorspeld. Ook is geanalyseerd of en hoe er – via monitoring – onderscheid kan worden gemaakt tussen natuurlijke variabiliteit in populaties in tijd en plaats en veranderingen in ecologie die het gevolg zijn van zoutwinning. Vastgesteld is dat indien (zie ook hierboven) door

de zoutwinning, in combinatie met een versnelde zeespiegelstijging, het areaal van platen en ondiepten in oppervlakte afneemt, dit gepaard zal gaan met ecologische verarming.

3. Wat is de economische betekenis van de voorgenomen zoutwinning voor de regio?

Uit het rapport van Rienstra blijkt dat de zoutwinning belangrijk is voor de werkgelegenheid in de regio en in de haven van Harlingen. Het transport van zout en zoutproducten levert ongeveer 30 % op van de jaarlijkse havengelden. Op het gebied van directe en indirecte werkgelegenheid gaat het bij de zoutwinning en verwerking om ongeveer 300 structurele arbeidsplaatsen in Friesland die verdwijnen als de zoutwinning stopt. Daarnaast zorgen de nieuwe investeringen om de zoutwinning onder de Waddenzee mogelijk te maken eenmalig ook nog voor ca. 300 arbeidsplaatsen.

Enkele slotopmerkingen

Op 21 juli jl. is het rapport van het Waddenhuisbeeraad aangeboden aan het Ministerie van I&M. In het Waddenhuisrapport is door 25 wetenschappelijke experts aangegeven hoe menselijke activiteiten inwerken op het ecosysteem van de Waddenzee. Zoutwinning staat in kwadrant 1, met relatief weinig schade en ook een beperkte economische betekenis. De experts plaatsen het risico van zoutwinning op de 11e plaats op een lijst van 37 potentiële risico’s. Visserij is erger, Zeespiegelstijging en Militaire activiteiten hebben een vergelijkbaar risico. Gaswinning scoort een lager potentieel risico.

Vanuit het principe dat uiterst voorzichtig om moet worden gegaan met het waddensysteem en zo weinig mogelijk moet worden ingegrepen in de natuurlijke dynamiek van het gebied zou de conclusie kunnen worden getrokken dat het onwenselijk is om zoutwinning toe te staan. Er is geen schaarste aan zout, dit zou ook elders gewonnen kunnen worden. Aan de andere kant zorgt de zoutwinning wel voor 300 arbeidsplaatsen in een regio die het economisch niet gemakkelijk heeft.

Al met al komen we tot de conclusie dat er alleen voor wat betreft de ecologische aspecten er een moeilijk in te schatten risico wordt genomen met de voorgenomen zoutwinning. Mocht worden besloten om tot zoutwinning over te gaan, dan is een wetenschappelijk verantwoorde invulling van het verplichte monitoringsprogramma met het ‘hand op de kraan’ principe essentieel.



1. GEOMECHANISCHE EN TECHNOLOGISCHE ASPECTEN VAN ZOUTWINNING ONDER DE WADDENZEE

**Prof. Dr. Janos L. Urai
and Dr. Roland F. Bekendam**

Prof. Dr. Janos L. Urai,
Geostructures, Consultancy for Structural
Geology and Geomechanics,
Hunnenweg 9, 6224 JN Maastricht,
T +31 43 363 6072, M +31 6 542 66565,
E janos.urai@geostructures.nl

Dr. Roland F. Bekendam,
GeoControl,
Meidoorn 93, 6226 WG Maastricht,
T +31 43 3628523, M +31 6 46335857,
E info@geocontrol.nl

Management summary

De engineering waar de voorspellingen voor bodemdaling boven de zoutcavernes van Frisia onder de Waddenzee op zijn gebaseerd, steunt op lange ervaring met *squeeze mining* in cavernes met vergelijkbare geologie in de omgeving. De kwaliteit van de engineering is vergelijkbaar met “*best practice*”, getoetst door presentaties op internationale vakbijeenkomsten.

De bodemdalingsprognoses zijn redelijk. Met het voorgestelde meet- en regelprotocol, het “hand op de kraan”-beleid, en met voldoende meetpalen is bodemdaling in de Waddenzee ook goed te beheersen. Of er voldoende meetpalen in de Waddenzee zijn opgenomen in de huidige plannen is niet geheel duidelijk. Wetenschappelijk gezien zijn er nog wel een aantal vragen, en er zijn mogelijkheden om het ontwerp en de kwaliteit van de voorspellingen te verbeteren. Deze verbeteringen zouden betrekking hebben op het geologische model van het gebied, zout rheologie, bodemdalingsmetingen, processen tijdens abandonnering, en de doorlaatbaarheid van het zout. Het is echter moeilijk om precies aan te geven wat de toename in betrouwbaarheid zou zijn, en hoeveel deze verbeteringen zouden kosten.

Een probleem bij het opstellen van dit rapport was de beschikbaarheid van data: omdat een aantal rapporten waar de gebruikte papers naar verwijzen niet gepubliceerd zijn, was het moeilijk om de resultaten volledig na te gaan.

1.1 Inleiding

In deze bijdrage tot een position paper van de Waddenacademie over zoutwinning onder de Waddenzee wordt de beschikbare literatuur betreffende de zoutwinning in het Havenmondgebied geanalyseerd, met nadruk op de bodemdaling, de risico's die daarmee gepaard zijn, en de gerelateerde metingen. Deze analyse heeft als doel om (I) de kwaliteit van de engineering te beoordelen en deze te vergelijken met de huidige stand der techniek en om de onzekerheden in de prognoses te bespreken; (II) om resultaten uit de wetenschappelijke literatuur naar voren te halen die het inzicht in het ontstaan van de bodemdaling in het Havenmondgebied kunnen vergroten.

De bestudeerde literatuur betreft: de relevante gedeeltes van MER-rapport 2150, de op nlog.nl beschikbare documenten betreffende de besluitneming Havenmond, een aantal door de Waddenacademie verkregen interne rapporten van Frisia, en enkele relevante publicaties uit de wetenschappelijke en toegepaste literatuur. Helaas zijn een aantal van de rapporten

waarop de conclusies in de geraadpleegde literatuur (deels) gebaseerd zijn niet gepubliceerd, waardoor ze dus niet geraadpleegd konden worden. Hierdoor was een volledige review niet mogelijk.

Janos L. Urai is een expert in de structurele geologie, de (toegepaste) geomechanica, en op het gebied van het mechanisch gedrag van zout. Roland Bekendam heeft veel ervaring op het gebied van bodemdaling, met name boven zoutcavernes en oude mijnen, en in de (toegepaste) geomechanica. Beiden zijn vertrouwd met de principes van oplosmijnbouw, hoewel geen van beiden operationele ervaring heeft op dit gebied.

1.2 Oplosmijnbouw en bodemdaling

Frisia wint sinds 1995 steenzout in het Barradeelgebied door middel van oplosmijnbouw. Het bedrijf is van plan deze activiteit via een gedeveerde boorput uit te breiden naar het Havenmondgebied onder de Waddenzee. Het gaat daarbij om vier nieuwe cavernes. Bij een boring wordt de pekeldruk in de caveerne onder de lithostatische druk in het zoutgesteente gehouden. Door dit drukverschil vloeit het zout naar de caveerne. In de reeds bestaande cavernes is gebleken dat er na twee tot drie jaar een dynamisch evenwicht ontstaat tussen cavernevergroting door oplossing en caverneverkleining door convergentie (zoutkruip). Het volume en de vorm van de caveerne blijven dan min of meer constant. Door deze methode, die bekend staat als *squeeze mining*, is het mogelijk om grote volumes zout te winnen vanuit een caveerne die beperkt van omvang blijft. De convergentie rondom de caveerne leidt tot elastische vervorming van de gesteentelagen boven de caveerne, met komvormige bodemdaling aan het maaiveld als gevolg. De geometrie van de bestaande bodemdalingskommen in het Barradeelgebied blijkt goed te kunnen worden beschreven met een klassieke Gausscurve.

1.3 Prognose, monitoring en beheersing van de bodemdaling

Het proces wordt beheerst aan de hand van de volgende metingen:

1. Meting van het volume van het geïnjecteerde water, het volume van de geproduceerde pekeldruk, en de concentratie van de pekeldruk. Middels een massabalans is het dan mogelijk om redelijk nauwkeurig het geproduceerde volume zout te bepalen. Onzekerheden kunnen ontstaan

door meetfouten van de debietmeters en door verstoorde waterbalansen tijdens de aanloopfase van een nieuwe caverne.

2. Periodieke meting, door middel van sonar, van de vorm en het volume van de met pekel gevulde caverne. Deze meettechniek is zeer nauwkeurig wanneer de gehele cavernewand bereikbaar is voor de echosonde, hetgeen niet altijd het geval is. Frisia hanteert een onnauwkeurigheid van ca. 5%. Onzekerheden met betrekking tot de totale hoeveelheid pekel worden veroorzaakt door dilatatie-geïnduceerde porositeit in het zout rondom de caverne en door het niet kunnen meten van het volume van de pekel in het onoplosbare, poreuze materiaal op de bodem van de caverne ('sump').
3. Continue nauwkeurige meting van de pekel-druk in de caverne.
4. Meting van de diepte en de vorm van de bodemdaling. Op basis hiervan kan het volume van de kom worden berekend. Deze metingen zijn zeer nauwkeurig op het land, waar een groot aantal peilmerken worden gebruikt. In de Waddenzee zullen minder meetstations beschikbaar zijn.

Door middel van een massabalans is het mogelijk uit de productiegegevens (1) het volume van de caverne te bepalen. Met behulp van de sonarmetingen (2) kan de massabalans periodiek worden gecontroleerd en, indien nodig, worden bijgesteld.

De bodemdaling neemt evenredig toe met het convergentievolume van de caverne. Het convergentievolume is af te leiden uit de resultaten van de hierboven genoemde metingen en is gelijk aan de som van het volume van het geproduceerde zout en het zoutvolume in de cavernepkel, minus het volume van de caverne (inclusief een kleine hoeveelheid in de 'sump' gebonden pekel).

De doorsnee van bodemdalingen kan met een Gaussfunctie worden beschreven. Voor ieder punt in de bodemdaling kan de relatie tussen bodemdaling en convergentievolume worden beschreven middels een evenredigheidsconstante en een exponentiële functie. Deze functie bevat twee andere parameters die de vorm van de bodemdaling vastleggen.

De Gaussfunctie komt goed overeen met de gemeten bodemdaling. De evenredigheidsconstante, die de verhouding tussen de bodemdaling in het diepste punt van de kom en het convergentievolume van de caverne beschrijft, blijkt redelijk constant te zijn,

en de verhouding tussen de volumes van de bodemdaling en de caverneconvergentie is ca. 95%. Ook de twee andere parameters die de vorm van de kom beschrijven hebben een vrij constante waarde. Het convergentievolume van de toekomstige cavernes in het Havenmondgebied kan worden geschat aan de hand van de productieplanning en een schatting van het volume van de caverne. Hierbij zijn verschillende varianten gehanteerd, met als worst case scenario de variant waarin er geen openstaand cavernevolume ontstaat. Een prognose over de bodemdaling kan worden gegeven door dezelfde waarden voor de drie parameters te hanteren die voor de bestaande cavernes in het Barradeelgebied zijn vastgesteld. Er is voor een conservatie prognose gekozen door het volume van de bodemdaling gelijk te stellen aan dat van de caverneconvergentie.

De cavernes in het Havenmondgebied liggen ca. 300 m dieper dan die in het Barradeelgebied. Dit betekent dat bij eenzelfde convergentievolume een bodemdaling in het Havenmondgebied iets minder diep en steil zal zijn, en iets uitgestrekter, dan in het Barradeelgebied. Wanneer de twee parameters worden gebruikt die de vorm van bodemdalingen in het Barradeelgebied beschrijven, zal de werkelijke vorm van een bodemdaling in het Havenmond dus licht afwijken van de voorspelde geometrie.

De bodemdaling zal worden gemeten middels in het Pleistoceen gefundeerde diepe pijlmerken, waarvan er twee, vlak boven de cavernes, continu worden gemeten (ter detectie van afwijkende bodemdalingssnelheden) en circa zes, verspreid over de bodemdaling, jaarlijks worden gemeten (ter controle van de vorm van de bodemdaling en de daarbij horende parameters). Dit ontwerp lijkt redelijk, hoewel het niet duidelijk is of dit het optimale ontwerp is, en wat de voor- en nadelen van een groter aantal meetpalen en meetmomenten zijn.

De productieplanning is zo opgesteld dat de snelheid van de bodemdaling in de kombergingsgebieden Vlie en Marsdiep binnen de 'gebruiksruimte' blijft. De 'gebruiksruimte' is het meegroeivermogen door sedimentatie, verminderd met de relatieve zeespiegelrijzing en de natuurlijke bodemdaling. Wanneer de bodemdalingssnelheid zodanig is dat de 'gebruiksruimte' dreigt te worden overschreden, wordt het "hand op de kraan"-beleid toegepast. Dit wil zeggen dat de zoutproductie wordt verminderd. Het al dan niet overschrijden van de 'gebruiksruimte' is een generiek criterium dat voor het gehele bodemdalinggebied in het kombergingsgebied wordt toegepast. Daarom sluiten wij ons aan bij de aanbeveling van de MER-commissie om het monitoringsprogramma aan te vullen met Lidar-metingen of vergelijkbare

remote-sensing technieken, die beduidend minder nauwkeurig zijn dan GPS, maar de ruimtelijke verdeling van de morfologie van bodembewegingen in veel meer detail weergeven.

1.3.1 Conclusie, Engineering

Samengevat kan gesteld worden dat de engineering waar de voorspellingen voor bodemdaling boven de zoutcavernes van Frisia onder de Waddenzee op zijn gebaseerd steunt op lange ervaring met *squeeze mining* in cavernes met vergelijkbare geologie in de omgeving. De kwaliteit van de engineering is die van “best practice”, getoetst door presentaties op internationale vakbijeenkomsten. De bodemdalingsprognoses zijn redelijk, en met het voorgestelde meet- en regelprotocol, het “hand op de kraan”-beleid en voldoende meetpalen in de Waddenzee is de bodemdaling ook goed te beheersen. Of er voldoende meetpalen in de Waddenzee zijn opgenomen in de huidige plannen is niet geheel duidelijk.

1.3.2 Aardbevingen

Metingen met gevoelige seismometers boven de cavernes van Frisia in de omgeving van Barradeel laten zien dat de oplosmijnbouw niet tot bodemtrillingen heeft geleid.

1.4 Wetenschappelijke vragen en mogelijkheden tot verbetering van de betrouwbaarheid van de voorspellingen

1.4.1 Abandonnering van de cavernes

Aan het einde van de zoutwinning zullen de cavernes worden ingesloten. Praktijktesten in het Barradeelgebied hebben aangetoond, in overeenstemming met theorie, dat de bodemdaling dan snel vertraagt. Door (I) zoutkruip, die wordt veroorzaakt door het verschil tussen de kleinste hoofdspansing in het zout en de pekeldruk, en (II) opwarming van de pekkel, zal de pekeldruk boven in de cavernes toenemen tot de kleinste hoofdspansing in het zout (aannemende dat de gecementeerde verbuizing van voldoende kwaliteit is). Hierdoor wordt het zout een beetje poreus en zal pekkel langs korrelgrenzen weglekken (“permeatie”) terwijl de cavernes zich langzaam door kruip sluiten. In de insluitingstests tot nu toe is, enigszins verrassend, de druk in de caveerne lager gebleven dan voorspeld. Dit zou kunnen wijzen op een hogere doorlaatbaarheid van het zout op grote diepte, zoals in recente publicaties wordt voorgesteld. Dit kan niet leiden tot verlies van integriteit van de zich langzaam door kruip

en permeatie sluitende caveerne. Het proces is dus een langzame maar niet controleerbare convergentie en permeatie.

Het sluiten van de cavernes zal gepaard gaan met na-ijlende bodemdaling, waarbij het volume van de bodemdalingskom maximaal 100% van het dichtgedrukte volume bedraagt. Mogelijk treedt er ook een ander effect op, de zogenaamde “rebound”, waarbij de bodem door zoutkruip en elastische effecten licht stijgt. Bij praktijktesten in het Barradeelgebied is tot nu toe geen rebound waargenomen. Over de voor- en tegenargumenten m.bt. rebound is in een aantal publicaties en rapporten gediscussieerd. Naar onze mening zouden de voorspellingen hierover verbeterd kunnen worden door meer onderzoek (zie hieronder) en door gedetailleerdere analyse van bodemdalingsdata te vergelijken met numerieke simulaties.

De prognoses voor de processen bij abandonnering zijn gebaseerd op modellering van cavernes in het Barradeelgebied, aangepast aan de cavernes in het Havenmondgebied. Een deel van de rapporten die hiervoor zijn gebruikt is, zoals gezegd, niet gepubliceerd en kon niet voor deze review worden gebruikt. Hierbij kan opgemerkt worden (zeker gezien de complicaties tijdens de langzame permeatie, zoals de reactie van de zoutpekkel met de carnallietlaag in het zoutdak) dat de schattingen voor de snelheid van permeatie en migratie, en van de geometrie van de migratiepaden, niet gebaseerd zijn op experimenteel geverifieerde microfysische basis. Het is duidelijk dat deze processen zeer langzaam zullen zijn, maar een betrouwbare voorspelling van de werkelijke snelheden (voor zover nodig) vereist meer materiaalkundig en gesteentemchanisch onderzoek.

1.4.2 Zout rheologie

De reden voor het gebruik van van *squeeze mining* is het kruipgedrag van steenzout, dat bij de in de ondergrond heersende temperatuur van rond 90°C onder invloed van verschilspanningen langzaam vloeit (“kruipt”). Modellen van kruipgedrag worden ook gebruikt in geomechanische berekeningen van *squeeze mining* en de daarmee geassocieerde bodemdaling. Een aantal analyses stelt voor dat kruip van steenzout in de omgeving van de cavernes door twee microfysische mechanismes wordt veroorzaakt: *dislocation creep* en *solution-precipitation creep*. Het tweede mechanisme veroorzaakt kruip die bij lage verschilspanningen veel sneller is dan *dislocation creep* (lineaire kruip), en leidt tot snellere convergentie er mogelijk *rebound*. *Solution-precipitation creep* vindt plaats in fijnkorrelig zout, waarin de korrelgrenzen dunne pekelfilms bevatten. In een aantal rapporten wordt gesproken over de korrelgrootte van het zout en over kruipmetingen van

Barradeels zout, die geen aanwijzingen voor lineaire kruip zouden geven. Details over deze metingen waren voor deze review niet beschikbaar. Wij denken dat moderne materiaalkundige analyses van het kruipgedrag van Barradeels steenzout de betrouwbaarheid van deze analyses sterk zouden verbeteren, en daarmee betere langetermijnvoorspellingen van bodembewegingen mogelijk zouden maken.

1.4.3 Geologisch model

In de rapporten die voor deze review zijn gebruikt wordt een geologisch model voor de diepte van de lagen in het Havenmond gebruikt. Wellicht is dit model voldoende voor dit doel (en de juiste diepte van de lagen wordt tijdens de boring ook vastgesteld), maar wij merken wel op dat een gedetailleerder geologisch model (gebaseerd op 3D seismiek) de onzekerheden bij de boring zou kunnen verkleinen. Met name de continuïteit en structuur van de ZIII anhydrietlaag zouden kunnen verschillen van het gebruikte model.





2. MORFODYNAMISCHE ASPECTEN VAN ZOUTWINNING ONDER DE WADDENZEE

**Suzanne J.M. H Hulscher,
Kathelijne M. Wijnberg,
Lianne van der Weerd**

Water Engineering & Management,
Universiteit Twente.

2.1 Inleiding

Kader:

- Review in opdracht van de Waddenacademie
- De vraag die is voorgelegd heeft betrekking op: “De morfodynamische aspecten van de bodemdalingsschotel; m.n. de doorwerking van de schotelvorming op de erosie, het transport en de sedimentatie van zand en slib in het kombergingsgebied/getijdebekken, waar de bodemdalingsschotel gevormd wordt en de wijze van monitoring van de morfodynamische aspecten.”
- Hierbij tekenen wij aan dat het deelaspect ‘waar de bodemdalingsschotel gevormd wordt’ in zoverre dit geotechnisch van aard is (d.w.z. daling van de ondergrond) niet zal worden behandeld, omdat dit niet onze expertise is. Waar het de expressie betreft van de daling van de ondergrond aan het oppervlak zullen wij dit wel meenemen (d.w.z. in welke mate natuurlijke sedimentatie/erosie processen deze bodemdaling zullen gaan ‘maskeren’/uitwissen dan wel juist zullen versterken)

Aanleiding:

- EZ heeft eind 2014 vergunning verleend aan Frisia Zout voor realiseren van een eerste caveerne voor zoutwinning onder de Waddenzee nabij Harlingen (bron: opdrachtbrief Waddenacademie)
- Hiervoor studies naar mogelijke effecten op omgeving, waaronder impact op morfologische ontwikkeling van het gebied, die potentieel invloed kan hebben op o.a. vogels
- Er zijn studies uitgevoerd door meerdere partijen in opdracht van verschillende partijen en er bestaat blijkbaar twijfel bij bepaalde partijen over de juistheid en/of betrouwbaarheid (?) van de resultaten van deze studies
- Vanuit Waddenacademie heeft men m.b.t. de studies die gaan over voorspelde morfologische effecten van bodemdalingsschotel door zoutwinning, de UT gevraagd (een partij die niet betrokken is geweest bij deze eerdere studies) een analyse te maken van de wetenschappelijke en technologische kennis die hiervoor gebruikt is).

Probleemstelling:

- Er zijn studies m.b.t. morfologische impact uitgevoerd door Arcadis in opdracht van Frisia Zout BV. Deze zijn gereviewed door experts van Deltares, en door Prof dr. L.C. van Rijn (2015). Door de laatste zijn ook nieuwe berekeningen uitgevoerd.
- Bij natuurbeschermers bestaat twijfel of de uitkomsten van deze studies voldoende betrouwbaar zijn. (bron: opdrachtdocument Waddenacademie)
- De hamvraag is feitelijk: hoe goed zijn we in staat om met huidig beschikbare kennis, modelinstrumentarium en metingen, te beoordelen of, en zo ja hoe, de ontwikkeling van de bodemligging in het beoogde zoutwinningsgebied en omgeving gaat veranderen in de komende decennia ten gevolge van verwachte daling in de ondergrond door de zoutwinning? Met daaraan gekoppeld, nadat er begonnen is met winnen Hoe stellen we vast dat er morfologische effecten zijn als gevolg van de zoutwinning?
- Uit bovenstaande volgt dat we moeten kunnen voorspellen wat de ontwikkeling van het gebied zal zijn zonder zoutwinning (natuurlijke dynamiek + respons op andere menselijke activiteiten in het gebied) en met zoutwinning. Waarbij we zowel zouden kunnen kijken naar ‘near field’ en ‘far field’ effecten, waarbij ‘near field’ het directe bodemdalingsgebied is en ‘far field’ het morfologische beïnvloedingsgebied (voorbeeld: als bodemdalingsschotel direct wordt ingevuld met sediment door de dagelijkse transportprocessen, betekent dit dat er ergens anders in het systeem minder sediment aanwezig zal zijn dan zonder de zoutwinning. Deze delen van het systeem duiden we aan met het morfologische beïnvloedingsgebied. (Te denken valt aan nabijgelegen platen of geulen, maar ook de Noordzeekust van de waddeneilanden kan de uiteindelijke bron vormen.)

Doelstelling/vraagstelling voor dit document

In deze review gaan we beoordelen:

1. Hoe* men de ontwikkeling *zonder* zoutwinning in kaart heeft gebracht en welke onzekerheden hierbij zijn aangegeven

2. Hoe* men de ontwikkeling *met* zoutwinning in kaart heeft gebracht en welke onzekerheden hierbij zijn aangegeven
3. Mogelijkheden om met monitoring mogelijk morfologische effecten van zoutwinning te detecteren

*'Hoe' heeft hier betrekking op gebruikte model-instrumentarium en invoer, onderliggende aannames, analyse onzekerheden

Het beoordelen bestaat hier uit het vormen van een oordeel over zaken als wetenschappelijk verantwoorde argumentatie voor keuze van ingezette modelinstrumentarium (procesmodel, gedragsmodel met evenwichtsrelaties) en argumentatie voor aannames. Wat doet men met onzekerheden? Hoe is de verankering in wetenschappelijke literatuur?

Aanpak

Aan de basis van deze review m.b.t. de morfodynamische respons van een waddensysteem op een bodemdalingsschotel t.g.v. zoutwinning, liggen de volgende drie rapporten:

- Kater, B. Cleveringa, J., Snoek, R., Grasmeyer, B., (2010). Tijdelijke effecten van zoutwinning op de ecologische waarden in de Waddenzee. Arcadis rapport A2062R.2r3 (Opdrachtgever Frisia Zout BV, juli 2010)
- Cleveringa, J. en Grasmeyer, B., (2010). Meegroeivermogen en de gebruikruimte in de getjebekkens Vlie en Marsdiep Waddenzee. Arcadis Rapport A2062R.3r5. (Opdrachtgever Frisia Zout BV, Juli 2010)
- Van Rijn, L.C., (2015) Bodemdaling Wadden door Zoutwinning. Beoordeling eerder uitgevoerd onderzoek. (In opdracht van Waddenvereniging, Natuurmonumenten, Vogelbescherming, juli 2015.)

Daarnaast zijn verschillende onderliggende documenten bestudeerd en zijn anderszins gerelateerde documenten en wetenschappelijke literatuur geraadpleegd. Voor zover deze uiteindelijk gebruikt zijn in deze review staan betreffende documenten vermeld in de bronvermelding.

We hebben bekeken welke aannames, modellen gebruikt zijn en hoe deze in wetenschappelijke literatuur verankerd zijn, hoe de invoer verantwoord is en hoe is omgegaan met onzekerheden (invoer data, model, uitvoer).

M.b.t. monitoringsplan hebben we bekeken welke voorstellen er liggen en in hoeverre deze zijn onderbouwd m.b.t. beschouwingen over benodigde nauwkeurigheid en frequentie, en welke hypothesen getoetst zouden moeten worden om aan te tonen dat veranderingen in het gebied ook te wijten zijn aan de bodemdaling door zoutwinning.

2.2 Directe (lokale) morfologische veranderingen als gevolg van de voorspelde bodemdalingsschotel

De bodemdalingsschotel die ten gevolge van de zoutwinning in de diepe ondergrond gevormd zal gaan worden, zal geleidelijk ontstaan over een periode van 20-30 jaar (Van Rijn, 2015). De uiteindelijke bodemdalingsschotel heeft naar verwachting een lichte ellipsvorm, die in Hartsuiker (2010, Fig 6.1) wordt geschematiseerd met doorsnedes van ca. 6 km en ca. 7.5 km langs respectievelijk de korte en lange as van de ellips, met een maximale diepte in het centrum van 1,4 m. Dit betekent dat de gemiddelde jaarlijkse bodemdaling in het centrum ca. 5-7 cm/j. bedraagt. Van Rijn (2015) spreekt overigens over een bodemdalingsschotel met een diameter van ca. 5 km en een maximale diepte van 1 m. Vanwege de geleidelijkheid in de bodemdaling kunnen de dagelijkse processen hier meteen op reageren en wordt het systeem dus niet geconfronteerd met een vrij plotselinge aanwezige verdieping zoals bijvoorbeeld ontstaat bij zandwinning. Kater et al. (2010) schatten af dat per getijperiode de maximale bodemdaling in het diepste deel van de bodemdalingsschotel slechts 0.07 mm zal bedragen, vergelijkbaar met ongeveer de helft van een zandkorrel diameter. Bij deze afschatting lijken zij ook te zijn uitgegaan van een maximale diepte van ongeveer 1 m.

De morfodynamische respons op de geleidelijke lokale verdieping kan in theorie bestaan uit:

- Damping van de verstoring (=opvulling)
- Versterking van de verstoring (= extra verdieping, c.q. veranderingen eromheen)

In het geval van damping van de verstoring is de vraag waar dit sediment voor opvulling dan vandaan komt en hoe dit zich ontwikkelt in de tijd. Hiervoor moet een groter gebied beschouwd worden dan dat van het directe bodemdalinggebied, en kan ook de vraag gesteld worden of er voldoende sediment beschikbaar is, c.q. aangevoerd kan worden, in het systeem om in

deze opvulling te voorzien. In de uitgevoerde studies wordt hiervoor het begrip ‘meegroeivermogen’ gehanteerd. Dit laatste aspect is een vraag die zich op een hoger schaalniveau afspeelt (namelijk het hele getijbekken, en mogelijk zelfs een invloed op de flux in en uit vanuit de Waddenzee / Noordzee) dan dat van de lokale verdieping door zoutwinning. In het geval van versterking van de verstoring zal er sediment elders in het systeem terecht komen en zal dus ook een groter gebied beschouwd moeten worden wanneer men wil weten waar dit sediment dan terecht komt, d.w.z. waar andere platen dan gaan aangroeien (in hoogte en/of areaal) of aanpassingen in het geulen- en prielen systeem gaan optreden.

In het hierna volgende stuk zullen wij bespreken hoe modelkeuzes en aannames m.b.t. de lokale respons zijn verantwoord. In sectie 2.3 zal geëvalueerd worden hoe modelkeuzes en aannames m.b.t. het bepalen van het meegroeivermogen zijn verantwoord.

2.2.1 Evaluatie uitgevoerde studies

Voor het evalueren van het lokale effect van bodemdaling blijkt in de uitgevoerde morfodynamische studies, zowel door Arcadis (Kater et al., 2010) en Van Rijn (2015), alleen het eerste type respons (opvulling) te zijn uitgewerkt.

In hoofdstuk 6 van Kater et al. (2010) worden de verwachte tijdelijke effecten van geleidelijke bodemdaling beschreven. Hierbij zijn geen numerieke simulaties gebruikt, omdat bij hele kleine veranderingen in bodemligging, geen onderscheidende uitkomsten van de beschikbare numerieke modellen worden verwacht. In plaats daarvan wordt een beschouwing gegeven gebaseerd op expert knowledge van de auteurs (‘de verwachte ontwikkeling is gebaseerd op kennis van de morfodynamiek van de Waddenzee’, p. 95), waarbij men potentiële bodemdalingseffecten ook afzet tegen natuurlijke fluctuaties en trends in het gebied. In de daarna gevolgde redenering wordt de mogelijkheid van verdieping niet genoemd, en wordt alleen uitgaan van optreden van opvulling (‘Ieder getij wordt de zeer kleine bodemdaling die het gevolg is van zoutwinning uitgevlakt’, p. 96).

In paragraaf 6.4 ‘Autonome veranderingen’ in Kater et al. (2010) (p. 105 e.v.) wordt vervolgens wel aangegeven dat er veel natuurlijke dynamiek bestaat binnen het waddensysteem waarbij ‘Geulen en geultjes ontstaan, verplaatsen en verdwijnen. Sommige platen en plaatdelen worden hoger en andere platen en plaatdelen worden lager. [...] De overall morfologische kenmerken van de Waddenzee veranderen niet door deze dynamiek, hoewel lokaal grote veranderingen plaats kunnen vinden’ (p. 105). De auteurs erkennen dus dat er veel morfodynamische terugkoppelingen in

het systeem zitten waarbij verhoging en verlaging van plaatdelen in het gebied samengaan. Op basis van deze constatering zou het logisch zijn om ook de mogelijkheid te beschouwen dat lokale verlaging van een plaat (door lokale bodemdaling) potentieel een morfodynamische terugkoppeling in gang zou kunnen zetten waarbij lokaal verdere verlaging optreedt en elders verhoging van een plaat. Volgens Kirby (2000) in: De Swart and Zimmerman (2009), p. 220) verkeren wadplaten bijna altijd in overgangsstadia (eroderend of aangroeiend). Hoe gevoelig de richting van deze ontwikkelingstrends is voor verstoringen zoals bodemdaling op de schaal van enkele kilometers is onbekend. In paragraaf 6.1.3 (p. 99-100) wordt via vrij globale afschattingen beschreven dat het lokale meegroeivermogen van een wadplaat die lokaal extra daalt door zoutwinning voldoende zou moeten zijn. Zoals auteurs aangeven bestaan er in de literatuur geen waarden voor lokaal meegroeivermogen in de Waddenzee. De basis voor de afschattingen wordt gevormd door een empirisch formule uit Oost et al. (1998) (in: Kater et al., 2010) die de opvulsnelheid van zandwinputten beschrijft. In het rapport wordt onvoldoende onderbouwd dat de zandwinputten (m.b.t. locatie en omvang) waaruit de empirische formule is afgeleid voldoende vergelijkbaar zijn met de situatie van de Ballastplaat. De betrouwbaarheid van de afschatting is daarmee niet duidelijk.

Verder geeft Van Rijn (2015, p. 63) m.b.t. bovenstaande afschatting aan, dat Kater et al. (2010) de formule niet correct hebben toegepast, omdat er in Oost et al. (1998) een onduidelijkheid stond in de toelichting op de formule (op moment van schrijven van dit stuk hadden wij geen toegang tot bedoelde studie van Oost et al. (1998) om dit na te gaan). Bij correcte toepassing blijkt volgens Van Rijn (2015) dat de opvultijd veel langzamer verloopt en nog ca. 25% van de ‘put’ niet is ingevuld na 1 jaar i.p.v. de 5% genoemd in Kater et al. (2010).

Van Rijn (2015) heeft vervolgens m.b.v. eenvoudig SEDPIT model (Excel model) aanvullende berekeningen gemaakt m.b.t. opvulling van de bodemdalingssput (p. 64 e.v.). Het model, dat meer fysische processen meeneemt dan Oost et al. (1998) is gekalibreerd op twee zandwinputten in het Vliebekken, die echter qua afmetingen (b l d: 215 m 215 m 6 m aan de plaatrand (Griend) en 450 m 450 m 2.75 m in ondiepe geul nabij Oosterbierum) niet vergelijkbaar zijn met afmetingen van een bodemdalingsschotel onder de Ballastplaat. In de afschatting van Kater et al. (2010) is gewerkt met een cirkelvormige put met een doorsnede van ca. 4,3 km en een diepte van 0,05 m. Zonder verdere toelichting stelt Van Rijn (2015) niettemin dat het gekalibreerde model (waarvan onnauwkeurigheid na kalibra-

tie op 30% wordt geschat) voldoende betrouwbaar is voor toepassing op de Ballastplaat situatie. In hoofdstuk 5 van Kater et al. (2010) is gerekend met een numeriek hydrodynamisch model (Delft3D) aan de theoretische situatie van een bodemdalingsschotel die zich aan het oppervlak zou kunnen voordoen aan het eind van de winningsperiode in het volgens eerder berekeningen meest ongunstigste geval.

(‘In de modelbodem is steeds dezelfde theoretische bodemdalingsschotel aangebracht, die bestaat uit de gemodelleerde bodemdaling, die gedeeltelijk gevuld is met sediment (figuur 5.2). Het sedimentvolume in schotel is afgeleid uit de uitkomsten van de ASMITA berekeningen naar de lange termijn ontwikkeling van de kombergingsgebieden (Cleveringa and Grasmeyer, 2010). Uit deze berekeningen volgt, dat in het meest ongunstige scenario, 45% van de sedimentafname door de bodemdaling van de platen kan worden aangevuld aan het einde van de winningperiode. Het plaatvolume in het kombergingsgebied neemt dan af met 55% van het totale bodemdalingsschotelvolume. Deze afname van het plaatvolume wordt in de modelsimulaties geheel opgelegd in de bodemdalingsschotel. Dit is, zoals eerder gezegd, een puur theoretische situatie, omdat in werkelijkheid de afname van de sedimentvoorraad van de platen overeen veel groter gebied wordt ‘uitgesmeerd’. (Kater et al., 2010).

In deze berekeningen is gekeken naar lokale effecten op residuele stroming en bodemschuifspanning van een bodemdalingsschotel wanneer deze slechts deels zou worden opgevuld. Deze berekeningen worden als indicatie gebruikt voor veranderingen in transport patronen gebruikt, maar er zijn geen bijbehorende erosie/sedimentatie patronen uitgerekend. Zoals auteurs aangeven zijn dit puur theoretisch exercities, omdat in werkelijkheid een dergelijke grote daling aan het oppervlak onrealistisch is.

2.2.2 Conclusie en aanbevelingen

De lokale morfologische respons van de Ballastplaat op het geleidelijk ontwikkelen van een lokale bodemdalingsschotel in de ondergrond is gebaseerd op kwalitatieve expert knowledge van Arcadis gecombineerd met globale afschattingen van lokaal meegroeivermogen m.b.v. empirische formules voor opvulsnelheid van zandwinputten in de Waddenzee. Aan het voorspellen van de ontwikkeling van de Ballastplaat in de komende 20–30 jaar zonder zoutwinning wordt weinig aandacht besteed. Er wordt aangenomen dat de aangroeiende trend van de Ballastplaat zich zal blijven voortzetten, omdat het geacht wordt onderdeel uit te maken van de nog steeds voortgaande aanpassing op de aanleg van de Afsluitdijk. Daarnaast zijn nog een aantal puur theoretische bodemdalingsschotel scenario’s hydrodynamisch doorgerekend (dieptegemiddeld, alleen getij, geen wind en golven) maar geen bijbeho-

rende (initiële) erosie-sedimentatie patronen.

Van Rijn (2015) heeft met een eigen eenvoudig Excel model voor de opvulsnelheid van zandwinputten gerekend aan de opvulsnelheid van een bodemdalingsschotel. Het is ons niet bekend of dit model ook toegepast is in studies anders dan voor de adviespraktijk. Het zandwinput model is gekalibreerd aan de hand van de opvulling van twee zandwinputten met onvergelykbare dimensies qua oppervlakte en diepte vergeleken met de situatie van de geleidelijke dalende bodem onder de Ballastplaat.

Op basis van bovenstaande constatering blijkt dat de voorspelling van de lokale respons op de lokale geleidelijke bodemdaling dus op vrij kwalitatieve beschouwingen en afschattende berekeningen berust waarbij de nauwkeurigheid van de uitkomsten moeilijk hard te maken valt. Dit betekent overigens niet dat de uitkomsten onjuist hoeven te zijn. De vraag is echter: had het beter/nauwkeuriger gekund met de huidige stand van zaken qua kennis en beschikbaarheid van gevalideerde modellen en data?

Van Rijn (2015) geeft aan (p. 39) dat er in 2013 een offerte is gemaakt door Deltares aan de Waddenvereniging om met proces-gebaseerde modellering van sediment transporten (Delft3D) naar de invloed van lokale bodemdaling onder de Ballastplaat te gaan kijken (offerte tekst niet in ons bezit), waarbij aan bodemontwikkeling met en zonder zoutwinning zal worden gerekend. Bij ons is niet bekend of deze studie inmiddels wordt/is uitgevoerd. Potentieel zou een dergelijke proces-gebaseerde modelstudie een goede toevoeging kunnen zijn, mede omdat ook wordt genoemd dat er naar modelgevoeligheid zal worden gekeken en naar een bandbreedte van morfologische voorspellingen. Opgemerkt kan worden dat ook een model als FINEL2D voor dergelijke toepassingen geschikt lijkt o.a. vanwege het veel flexibeler grid (bijv. Dam et al., 2015).

Hierbij tekenen we verder aan dat het nauwkeurig voorspellen van bodemontwikkelingen in een ongestoord wadsysteem op een tijdschaal van 20–30 jaar of langer (de zgn. ongestoorde ‘referentie’ ontwikkeling) bij de huidige stand van zaken in de wetenschap op zich al een enorme uitdaging is (Wang et al., 2012). Het valt dan ook nog te bezien of de eventuele effecten van een bodemdalingsschotel op de bodemligging van het wad groter zullen zijn dan de nauwkeurigheid van de modeluitkomsten m.b.t. de te verwachten bodemontwikkeling zonder zoutwinning. Een belangrijke toegevoegde waarde van een dergelijke studie is dat expliciet gemaakt zal worden hoe goed we op dit moment, met de huidige kennis en modellen, in staat zijn om iets over de toekomstige ontwikkelingen in het gebied van de Ballastplaat te zeggen.

Verder lijkt de mogelijkheid van lokale versterking van de verdieping door bodemdaling, samengaan met verhoging elders, niet onderzocht, terwijl natuurlijke dynamiek laat zien dat wadplaten continu aan het veranderen zijn qua hoogte en in areaal. In de volgende paragraaf wordt verder ingegaan op het aspect van versterking van verdieping i.p.v. uitdemping.

2.3 Patroonvorming of patroonveranderingen als gevolg van de zoutwinning

Diepe zoutwinning veroorzaakt een schotelachtige verzakking aan de bodem, een fysisch proces dat vergelijkbaar is met gaswinning.

Fluit and Hulscher (2002) onderzoeken het morfologische gedrag van de offshore zeebodem als gevolg van gaswinning. Zij gebruiken een schotelvormig bodemdalingsmodel wat geijkt is met bodemdalingsgegevens op Ameland (Eysink et al., 1995), waaruit een Gaussische schotel een constante diameter (afstand tussen de buigpunten) heeft van ca 6 km en een daling van 2 cm/j. Deze wordt geïmplementeerd in een 2-dimensionaal dieptegemiddeld morfodynamisch model, gedreven door een M2-getij, bodemtransport en een volumeverlies van sediment als gevolg van de bodemschotel. Uit Roos and Hulscher (2002) blijkt dat de bodemdaling de generatie van een patroon, in dit geval zandbanken, versneld in gang kan zetten. Deze ruimtelijke uitbreidingsnelheid (hier 160 m/j.) blijkt onafhankelijk te zijn van de maten van de ruimtelijke maten van de schotel, wel is deze afhankelijk van de grootte van het sedimenttransport en getijsnelheid. In het algemeen wordt gesteld dat hoe meer de verstoring in tijd en ruimte schalen lijkt op de eigenfrequenties van het systeem (dus de typische ruimtelijke schalen van de platen en geulen), des te sterker het te verwachten effect is (vgl. resonantie).

Nu is de Waddenzee een ander systeem dan de Noordzee. Naast getijden zijn ook golven belangrijk, en naast bodemtransport speelt hier ook suspensietransport een grote rol. Beide systemen hebben wel de overeenkomst dat er duidelijk sprake is van regelmatige patronen (Schuttelaars and de Swart, 2000; Prooijen and Wang, 2013), die een eigenfrequentie van het systeem laten zien. Door nu de Waddenzee te forceren met een bodemschotel als gevolg van zoutwinning, zou het patroon hierop kunnen reageren. Voor zover ons bekend is een dergelijk effect nog niet meegenomen in de bestaande studies, omdat er geen model beschikbaar is waarmee dit zou kunnen. Vooralsnog kunnen we een effect als dit dus niet op voorhand uitsluiten. Ons

advies is dan ook om het aspect patroonverandering ofwel in een geschikt model te gaan onderzoeken (d.w.z. een model dat het ontstaan van patronen in de Waddenzee kan beschrijven) ofwel in de monitoring mee te nemen en dus niet alleen lokaal te monitoren, maar ook ruim eromheen. Hiervoor zal een halfjaarlijkse monitoring van een aantal malen de schotelschaal zelf noodzakelijk zijn (dan zit je eigenlijk op een meting in het hele bekken), met hoge ruimtelijke resolutie waarin ook ontwikkelingen van geulsystemen te volgen zijn).

2.4 Indirecte morfologische veranderingen op de schaal van het getijbekken t.g.v. de voorspelde bodemdalingsschotel

In deze paragraaf zullen we ingaan op de studies naar de mogelijke effecten van zoutwinning op de ontwikkeling van het getijbekken als geheel. Dit heeft te maken met de vraag waar het sediment vandaan zal komen, in geval van min-of-meer instantane opvulling van de geleidelijk vormende bodemdalingsschotel, en of dit mogelijk (blijvend) negatieve effecten heeft voor de ontwikkeling van wadplaten elders in het getijbekken of, uiteindelijk, voor aangrenzende kust van de Waddeneilanden.

2.4.1 Evaluatie uitgevoerde studies

Om vragen zoals hierboven genoemd te beantwoorden, is door Cleveringa and Grasmeijer (2010) het ASMITA model gebruikt. De keuze voor dit model wordt niet expliciet verantwoord maar lijkt ingegeven door het feit dat het model al eerder is toegepast in het Wadden gebied en de getijbekkens van het Vlie en Marsdiep in het bijzonder (Van Geer, 2007). ASMITA is een zogenaamd gedragsmodel waarbij fysisch inzicht in de relatie tussen morfologische elementen van een kustsysteem centraal staat. Sediment transport in dit model is een impliciet proces dat de uitwisseling van sediment tussen de morfologische elementen verzorgt (geulen, wadplaten, buitendelta), zonder dat de waterbeweging expliciet wordt berekend. De fysica van het kustsysteem is vertaald naar modelformuleeringen waarbij wordt uitgegaan van het bestaan van evenwichtsrelaties voor verschillende onderdelen van het kustsysteem. Onderlinge koppeling van deze elementen geeft dan een representatie van de morfodynamiek van het kustsysteem. Het is een modeltype dat met name gericht is op het onderzoeken van lange termijn morfologische ontwikkelingen op een geaggregeerd niveau. Individuele platen en geulen worden niet beschouwd, waardoor er als er bijvoorbeeld afna-

me in plaat areaal wordt voorspeld, niet kan worden aangegeven waar in het gebied deze afname dan zal plaatsvinden en of dit overal even sterk zal zijn. Het model wordt toegepast in de adviespraktijk en in wetenschappelijk onderzoek, waarbij het onderzoek in peer-reviewed wetenschappelijke tijdschriften wordt gepubliceerd (bijv. Van Goor et al., 2003; Kragtwijk et al., 2004).

Het ASMITA model heeft 9 coëfficiënten die voor een gegeven getijbekken empirisch moeten worden afgeregeld op basis van gemeten volumes van de buitendelta, de geulen en de platen. Een belangrijk onderliggende aanname is dat er een morfologische evenwichtstoestand bestaat en dat deze sterk gerelateerd is aan het getij prisma. Deze aanname is gebaseerd op empirische data van vele getijbekkens, waarbij wel de nodige spreiding bestaat gerelateerd aan variatie in sedimentkarakteristieken en verschillen in golf/getij dominantie. Een recente studie door Ridderinkhof et al. (2014) liet zien dat ook de geometrie (lengte) van het getijbekken een rol speelt bij de omvang van de buitendelta en dus ook een bijdrage geeft aan de spreiding rond deze evenwichtsrelatie.

De onzekerheden in de vrije modelparameters en de randvoorwaarden op de berekende kritische zeespiegelstijging worden door Cleveringa and Grasmeyer (2010) beschouwd als het ware een gevoeligheidsanalyse (p. 57 e.v.). Hieruit blijkt dat de met name onzekerheden in het plaatoppervlak en de evenwichtsconcentratie van de buitenwereld de kritische zeespiegel het meest beïnvloeden. Met deze geconstateerde onzekerheid in het model wordt omgegaan door een conservatieve schatting (= relatief lage waarde) te gebruiken van de kritische waarde van de zeespiegelstijging waarvoor de platen nog net kunnen meegroeien.

Met betrekking tot modelonzekerheden constateerde Van Rijn (2015, p. 25) dat zijns inziens het modelresultaat dat voor alle scenario's met bodemdaling door zoutwinning de kritische zeespiegel iets hoger uitviel dan voor de situatie zonder zoutwinning, twijfelachtig is. Hij vond dat dit modelgedrag afbreuk doet aan

het vertrouwen in de modelresultaten. Wij sluiten ons hier niet bij aan. Cleveringa and Grasmeyer (2010, p. 56) lichten dit, in eerste instantie inderdaad tegen-intuitive, resultaat helder toe en geven een plausibele verklaring voor deze tijdelijk hogere waarde van de kritische zeespiegelstijging¹. Op lange termijn, wanneer alle effecten van de bodemdaling verdwenen zijn is dit tijdelijke effect op de kritische zeespiegelstijging verdwenen. De gevolgtrekking door Van Rijn (2015, p25) '[...] dan zou de Waddenzee dus baat hebben bij een grote zandwinning (baggeren)', lijkt voorbij te gaan aan het feit dat bij blijvend grote zandwinning kunstmatig een toestand met minder plaatvolume in stand wordt gehouden (wanneer zandwinning aan plaatranden of op de plaat plaatsvindt), die dan inderdaad bij een hogere zeespiegelstijgingsnelheid in stand kan blijven. Het is de vraag of dit gezien kan worden als een situatie waar de Waddenzee baat bij heeft. Van Rijn (2015) heeft zelf aanvullende berekeningen gedaan met het door hem ontwikkelde SEDBOX model, een ASMITA-achtig gedragsmodel. Van Rijn beschrijft als grootste verschil (p. 53): 'In tegenstelling tot het ASMITA-model maakt het SEDBOX-model geen gebruik van de evenwichtsrelaties voor de platen en geulen gerelateerd aan het getijprisma. Verder is het netto transport door de keel (getijgeul) constant verondersteld in de tijd. De netto zandtransporten op de randen (keel) van de zeegaten Marsdiep en Vlie zijn afzonderlijk bepaald zonder ijking met behulp van de plaat- en geulvolumes in de binnengebieden. Het SEDBOX-model is afgeregeld [...] met behulp van een uitwisselingscoëfficiënt voor de platen en geulen op basis van de waargenomen volumes van de platen en geulen in het Marsdiepbekken en het Vliebekken in de periode van 1933 tot 2000.'

De aanname van een min of meer constante import door de keel van het zeegat beperkt de tijdshorizon waarop dit model kan worden toegepast tot ca. 30 jaar in het geval van aanzienlijke zoutwinning/baggeractiviteit in het (landwaartse) einde van het bekken (Van Rijn, 2015, p. 113). Het model kan alleen worden gebruikt voor voorspellingen wanneer is aangetoond

1 Cleveringa and Grasmeyer (2010), p. 56: 'Dat volgens de ASMITA-berekeningen de zeespiegelstijging die de platen kunnen volgen in alle gevallen hoger is mét zoutwinning dan zónder zoutwinning is een logisch gevolg van de respons van het model op de verstoring. Bodemdaling door zoutwinning helpt volgens de berekeningen het meegroeivermogen van de platen en dit is het gevolg van de evenwichtsrelatie tussen het getijprisma en het geulvolume (vergelijking 10). We lichten dit mechanisme puntsgewijs toe: 1. Door de bodemdaling door zoutwinning vertraagt tijdelijk de groei van het plaatvolume. 2. Volgens vergelijking (6) neemt hierdoor het getijprisma iets meer toe dan in de situatie zonder zoutwinning. 3. Volgens vergelijking (10) neemt hierdoor het watervolume van de geul iets meer toe dan in de situatie zonder zoutwinning. 4. Zodat extra sediment overblijft uit de geul, dat gedeeltelijk ten goede komt aan groei van de platen. De verhoging van de kritische grens als gevolg van de zoutwinning onder de platen is dus een logisch effect van de invloed op het getijdeprisma. Op de lange termijn na 2100, nadat ook de laatste (<1%) effecten van de bodemdaling door zoutwinning volledig zijn verdwenen, is geen sprake van een verhoogde kritische grens als gevolg van de zoutwinning.'

dat de volume veranderingen in het verleden zijn samengegaan met een constante import van sediment door het zeegat en deze zelfde netto import waarde ook in de toekomst blijft bestaan (Van Rijn, 2015, p. 116). Het SEDBOX model is ontwikkeld door Van Rijn, en wordt toegepast in de adviespraktijk. Het is ons op dit moment niet bekend of het model ook in wetenschappelijke publicaties is gebruikt. Het bepalen van een juiste waarde voor deze netto import lijkt geen triviale zaak voor de situatie van het Vlie en Marsdiep bekken. Duran-Matute and Ger-kema (2015) beschrijven een vergelijkbaar probleem voor het bepalen van residuele stroming door de zeegaten van de Westelijke Waddenzee, en geven aan dat ze verwachten dat een vergelijkbaar probleem zal spelen bij het bepalen van netto import/export van suspended sediment transport. Het is moeilijk te beoordelen hoe correct in dat opzicht de door Van Rijn opgelegde waarde voor de netto import door het zeegat is.

Van Rijn (2015) komt uit op lagere waarden voor de kritische zeespiegelstijging dan Cleveringa and Grasmeyer (2010). Dit komt voort uit het feit dat in het ASMITA model geen vaste waarde voor netto sediment import door het zeegat is opgelegd en er dus meer sediment geïmporteerd kan worden dan in de simulaties met het SEDBOX model. Hoe correct de variërende waarden van netto import van sediment door het zeegat zijn uit het ASMITA model is ook moeilijk vast te stellen, omdat er nog veel onduidelijkheid bestaat over wat hier in werkelijkheid de juiste waarden voor zijn (Wang et al., 2012). Het is voortsnog met huidige kennis dus lastig vast te stellen welke waarden realistischer zijn.

2.4.2 Conclusies en aanbevelingen

- Met huidige kennis en modellen zal het moeilijk worden aantoonbaar betere afschattingen te maken van het grootschalige en lange termijn effect van lokale bodemdaling door zoutwinning. Het is wel zaak steeds de laatste stand van de kennis te in de gaten te houden, dit kennisveld is namelijk in ontwikkeling. Ook kunnen, n.a.v. 'Vragen vanuit de Ecologie' (Bijlag A), aanvullende berekeningen worden gedaan met hogere zeespiegelstijging.

Naar aanleiding van vragen gesteld door K Philippart (zie Bijlage A 'Vragen vanuit de ecologie', te vinden aan het einde van dit hoofdstuk)

- Verantwoording van de keuze van constante waarde 1,7 mm/j. door Cleveringa and Grasmeyer (2010) had wel wat uitgebreider gekund,

zeker gezien adviezen m.b.t. het gebruik van bepaalde zeespiegelstijgings scenarios die door TNO zijn uitgebracht (K. Philippart, pers. comm.).

- Het verdient wellicht aanbeveling om meer te benadrukken dat het begrip 'kritische zeespiegelstijging' in de uitgevoerde simulaties betrekking heeft op de lange termijn ontwikkeling van de platen (100 jaar). Wanneer men beneden deze waarde zit betekent dat niet dat instantaan op elk moment alle platen volledig meegroeien met de zeespiegel.

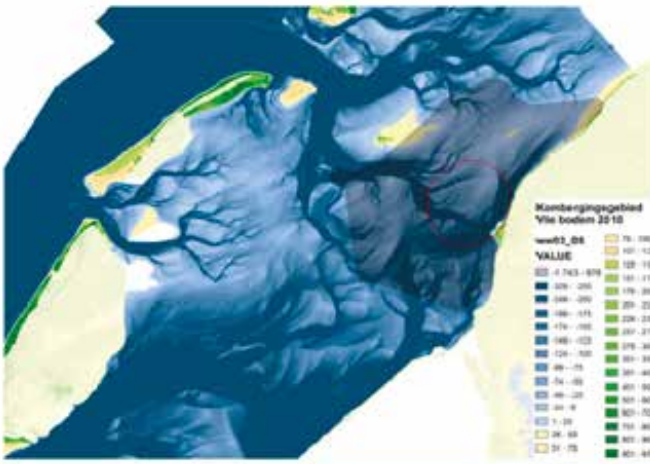
2.5 Monitoringsplannen

M.b.t. monitoringsplan hebben we bekeken welke voorstellen er liggen en in hoeverre deze zijn onderbouwd m.b.t. beschouwingen over benodigde nauwkeurigheid en frequentie, en welke hypothesen getoetst zouden moeten worden om aan te tonen dat veranderingen in het gebied ook te wijten zijn aan de bodemdaling door zoutwinning. Uitgangspunt is Arcadis rapport van Cleveringa (2013), Monitoringsplan havenmond.

2.5.1 Evaluatie voorgestelde monitoring

In Cleveringa (2013) wordt gesteld dat relatie tussen zoutwinning en bodemdaling een grote samenhang bestaat, maar dat 1e orde afgeleide effect op bodemligging (sediment volume, plaatareaal) al moeilijker te bepalen zal zijn omdat ook groot aantal andere factoren hier invloed op hebben. In de monitoring wil men zich gaan richten op trends waarbij afwijkingen van die trends worden gezien als teken om nadere analyse uit te voeren [of er een verband is met zoutwinning]. Voor de ecologie kiest men verder voor vergelijking van meetgebieden binnen en buiten invloedgebied. Donkere gebied rond bodemdalingsschotel (rode cirkel) is veronderstelde invloedgebied (Figuur 2.1). Een goed onderbouwde keuze van het referentie gebied is hierbij van groot belang (Ik kan niet beoordelen of voorgestelde referentie gebieden vanuit ecologie goed gekozen zijn). Opvallend genoeg wordt de morfologische ontwikkeling in de referentie gebieden niet gevolgd (terwijl morfologie daar ook kan variëren door natuurlijke processen en daarmee invloed heeft op de ecologie).

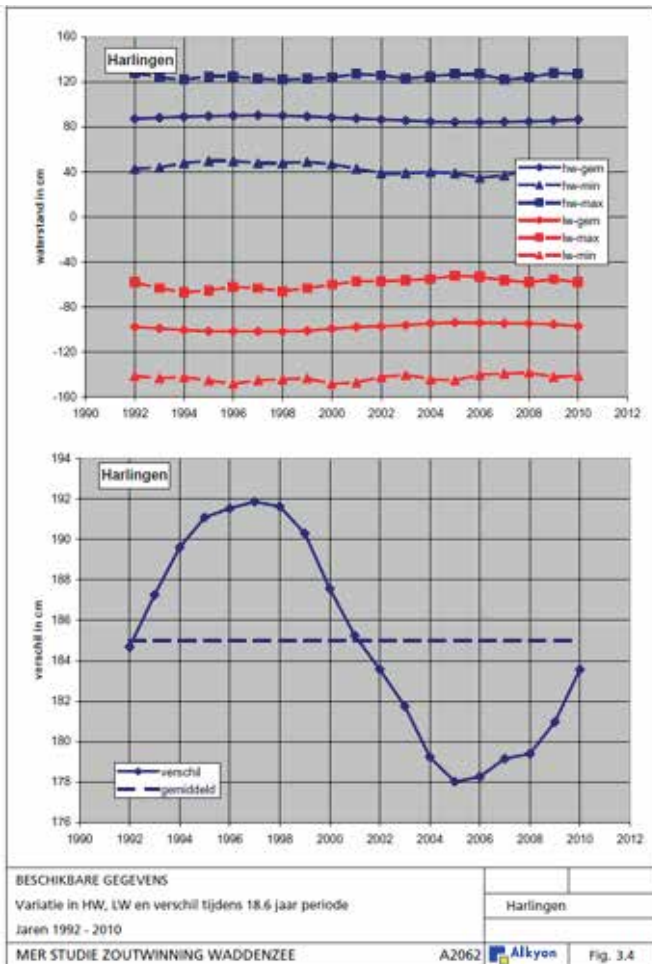
Te denken valt bijvoorbeeld aan de 18,6 jarige cyclus in getij amplitude. Volgens Hartsuiker (2010) was maximale getij range van 18,6 jarige cyclus in Harlingen in 1997. Hieruit volgt dat in 2015/2016 weer een maximum wordt bereikt. Dit betekent afnemende



Samenhang in metingen centraal

De metingen die zijn opgenomen in het monitoringsplan worden uitgevoerd om de verwachte en onverwachte ontwikkelingen in het invloedsgebied te kunnen vaststellen. Zoals is geleerd bij de monitoring van de diepe delfstoffenwinning onder de Waddenzee, wordt de analyse uitgevoerd op de trends in de ontwikkelingen, waarbij de samenhang tussen de indicatoren centraal staat. Beschouwingen van één individuele parameter worden weinig zinvol geacht.

Figuur 2.1: Bodemdalingsschotel (rode cirkel) en beïnvloed gebied (donkere vlak). Bron: Cleveringa (2013), p. 6.



Figuur 2.2: Figuur 5.2: amplitude variatie HW, LW en getijrange. Bij Harlingen. Bron: Hartsuiker (2010)

getijde range in komende 8-9 jaar, dus sowieso een afnemende droogval areaal omdat LW stand minder laag wordt. (merk op dat springtij vs doortij getij range vele malen grotere variatie geeft).

Cleveringa (2013) verwacht geen impact van zoutwinning en er wordt gesteld dat monitoring er dus op gericht moet zijn om te kijken of er ontwikkelingen optreden die boven de meetfout uitkomen (ca. 10 cm) en die een afwijking van een langjarige trend geven. Door een externe audit commissie zal bepaald worden of de kans dat een waargenomen negatieve trendontwikkeling een gevolg is van de zoutwinning groter is dan 50%. Hoe de audit commissie dit gaat bepalen wordt overgelaten aan deze commissie.

Daar de methode van toetsing niet is uitgewerkt is het ook lastig te bepalen hoe groot de impact eigenlijk moet zijn voor deze met voorgestelde frequentie van metingen te identificeren is. Of hoe groot de kans is dat ten onrechte geen impact gedetecteerd wordt terwijl deze er wel is.

2.5.2 Conclusies en aanbevelingen

Monitoring moet gegevens leveren waarmee de morfologische veranderingen kunnen worden gevolgd, waaruit ten minste de gewenste indicatoren kunnen worden afgeleid (zoals bijvoorbeeld oppervlakte en hoogte inter-getijde areaal). Om te kunnen constateren of evt. negatief bevonden ontwikkelingen ook zijn toe te schrijven aan de zoutwinning vereist waarschijnlijk ook monitoring van andere factoren dan de bodemligging alleen. Immers, ook zonder zoutwinning zal dit gebied de komende decennia morfologisch veranderen. We hebben geen analyse gezien die iets zegt over hoeveel data, en welke data in theorie nodig zouden zijn om aantoonbaar de effecten van lokale bodemdaling door zoutwinning te onderscheiden van natuurlijke variatie in ontwikkelingstrends. Er bestaan geen voorspellingen (alleen ruwe schattingen) van de ontwikkeling van de Ballastplaat en omgeving zonder zoutwinning zodat ook moeilijk toetsbaar zou zijn of afwijkingen hiervan optreden, die dan ook nog eens zijn toe te schrijven zouden moeten aan de bodemdaling door zoutwinning.

Een mogelijke manier om bodempatroonveranderingen door bodemdaling (zie paragraaf 2.3) vast te stellen is Fourieranalyse of wavelet analyse. Op de Noordzee is dit toegepast in Knaapen et al. (2001) om verschillende bodemvormen te kunnen onderscheiden. Om dit met voldoende nauwkeurigheid te kunnen doen is een dicht net van metingen nodig over een grotere ruimtelijke oppervlakte dan de schotel zelf. Door dit jaarlijks te herhalen kunnen verschillen in spectra worden gesignaleerd en hierin trends worden gezocht. Indien

op de ruimtelijke schaal van de schotel zelf (ca 6 km) veranderingen worden gesignaleerd in het spectrum, kunnen deze waarschijnlijk worden toegeschreven aan de zoutwinning. Natuurlijk moet er dan wel ook een grondige analyse plaatsvinden of er uitgesloten kan worden dat er wellicht andere bronnen zijn die toevallig dezelfde ruimtelijke schaal hebben. Als dit kan worden uitgesloten, is dit een methode om invloed van de winning aan te tonen. We kunnen echter niet op voorhand zeker stellen dat dit zo is, hiervoor zou een studie mbv synthetische data kunnen worden uitgevoerd zodat er inzicht komt hoe groot de invloed van de zoutzakschotel moet zijn om hiermee aangetoond te kunnen worden.

Metingen zouden moeten aangeven op welk scenario de bodemligging het meeste lijkt. Dit veronderstelt dat de verschillen tussen beide simulaties (met en zonder bodemdaling) voldoende van elkaar verschillen in verhouding tot de nauwkeurigheid van de model uitvoer en in verhouding tot de nauwkeurigheid van de metingen. Aangezien dit soort simulaties niet zijn gedaan is nog niet te zeggen of deze route zinvol is. In het algemeen is de verwachting is dat het erg moeilijk zal worden om gemeten ontwikkelingen in het gebied te gebruiken om te bepalen of er morfologische ontwikkelingen plaatsvinden in het gebied die aantoonbaar het gevolg zijn van de geleidelijke bodemdaling door zoutwinning.

Een reden van geheel andere aard om deze monitoring desalnietemin te gaan doen is dat zij gebruikt kunnen worden voor de validatie en verbeteringen van het modelinstrumentarium om dit soort vraagstukken in de toekomst beter te kunnen beantwoorden.

2.6 Conclusies

Na bestudering van de verschillende studies zijn onze belangrijkste bevindingen m.b.t de manier waarop men de ontwikkeling *met* en *zonder* zoutwinning in kaart heeft gebracht, en welke onzekerheden hierbij zijn aangegeven, de volgende:

- De verwachting m.b.t. de lokale morfodynamische respons op bodemdalingsschotel door zoutwinning is gebaseerd op i) kwalitatieve beschouwingen vanuit expert knowledge door Arcadis over de dynamiek van waddensystemen, ii) afschattingen van opvulsnelheden a.h.v. invulling van zandwinputten in het Waddengebied (met gebruik empirische formule Oost et al. (1998); en SEDPIT model), en iii) enkele hydrodynamische berekeningen (waarbij het project gebied m.b.v. SIMONA pakket is gemodelleerd, alleen getij,

geen wind en golven) over puur theoretische bodemliggingen waarbij een bodemdalingsschotel is gesuperponeerd op een gemeten bodemligging. Voor morfodynamica relevante uitvoer van deze modellen: verandering in patronen van stroomsnelheden en bodemschuifspanning die een kwalitatief en globale indicatie geven van mogelijke veranderingen in sedimentatie/erosie patronen o.i.v. aangepaste getijstroming.

- De verwachting m.b.t. de morfodynamische respons van het hele getijbekken (Vlie, Marsdiep) op een bodemdalingsschotel is gebaseerd op toepassing van semi-empirische gedragsmodellen ASMITA en SEDBOX. Beide modellen moeten worden gekalibreerd voor het getijbekken waar ze op worden toegepast.
- Het triggeren van een patroon op de ruimtelijke schaal van de zoutzaksschotel is niet meegenomen in de huidige analyses

Hierbij zien we mogelijkheden voor aanvullende analyses:

Ad: Lokale effecten van bodemdalingsschotel:

- simuleren morfologische ontwikkeling m.b.v. een proces-gebaseerd model met kwantificeren van onzekerheden, bandbreedte mogelijke ontwikkeling. Hierbij wordt eenduidiger aangegeven hoe 'hard' voorspellingen zijn. Dit laat onverlet dat bij een dergelijke resultaat nog steeds onenigheid kan blijven bestaan tussen partijen of de aangegeven onzekerheden dan al of niet te groot zijn om een beslissing over toestaan van zoutwinning te nemen.

Ad: Effecten op toestand van het gehele getij bekken: meegroeiervormen

- Simulatie met snellere zeespiegelstijging
- Aanvullend onderzoek naar triggeren van bodempatronen/ c.q. versterking van verdieping door natuurlijke stromingspatronen op basis van geïdealiseerde modellering in navolging van de gaswinning offshore.

Onze belangrijkste bevindingen m.b.t. de mogelijkheden om met monitoring mogelijk morfologische effecten van zoutwinning te detecteren zijn de volgende:

- In het algemeen is de verwachting is dat het erg moeilijk zal worden om gemeten ontwikkelin-

gen in het gebied te gebruiken om te bepalen of er morfologische ontwikkelingen plaatsvinden in het gebied die aantoonbaar het gevolg zijn van de geleidelijke bodemdaling door zoutwinning.

- Meerwaarde van monitoring is dat het mogelijk geeft modelinstrumentarium voor dit soort vraagstukken te verbeteren voor toekomstig soortgelijke vraagstukken.

Mogelijkheden voor aanvullende studies:

- We hebben geen analyse gezien die iets zegt over hoeveel data, en welke data in theorie nodig zouden zijn om aantoonbaar de effecten van lokale bodemdaling door zoutwinning te onderscheiden van natuurlijke variatie in ontwikkelingstrends. Als benadering hiervoor zouden modelsimulatie van het gebied gemaakt kunnen worden met en zonder bodemdaling om op basis hiervan benodigde monitoringsfrequentie en dichtheid te bekijken en vast te stellen of deze in praktijk haalbaar is
- Verkennende studie op basis van bestaande bathymetische gegevens in de Westelijke Waddenzee naar karakteristieke natuurlijke lengteschalen in het waddensysteem (en de tijdschaal waarop deze evolueren) m.b.v. data analyse technieken zoals bijvoorbeeld spectraal analyse, wavelet analyse, of EOF analyse. Indien natuurlijke lengteschalen in de buurt liggen van de afmetingen van de bodemdalingsschotel zou het aanbeveling verdienen een meetplan op te stellen waarbij vooraf minimaal vereiste ruimtelijke resolutie en herhalingsfrequentie worden gespecificeerd om mogelijke versterking van de amplitude van bepaalde patronen te detecteren. Dit zal mede gestoeld moeten worden op de ervaringen die zijn opgedaan met de analyse van bestaande datasets.

Bijlage A: Vragen vanuit de ecologie

Volgens Katja Philippart mail: 1,7 mm/yr aangehouden in berekeningen

Klopt. 1,7 mm/j. wordt gebruikt omdat Cleveringa and Grasmeijer (2010) bij modelverificatie resultaten wil kunnen vergelijken met simulaties van Van Geer (2007) (afstudeer rapport). Zie Cleveringa and Grasmeijer (2010, p. 49/50). In de studie van Van Geer (2007) wordt de waarde van 1,7 mm/j. gebruikt onder verwijzing naar een concept studie van Rakhorst, H.D. (2000, p. 4/5), waarin gezegd wordt dat:

Many studies have been conducted regarding relative sea level rise. According to Rakhorst (2000), measurements of the mean sea level along the Dutch coast over the past 150 years reveal a fairly constant increase of 14 to 17 cm per century. The calibration of the exchange and equilibrium coefficients is done based on volume and area measurements of the past 70 years/ A sea level rise of 17 cm per century is therefore chosen for calibration of the models.

Vervolgens wordt vastgehouden aan deze geobserveerde waarde van 1,7 mm/j. (p. 52). Er vindt geen discussie plaats waarin deze waarde wordt afgezet tegen studies die andere waarden gebruiken, zoals de door Katja genoemde studie van TNO (die we niet hebben).

Uit mail van Katja Philippart:

‘Tot slot stellen we de volgende inconsistentie vast. Enerzijds wordt, onder meer uitgaande van de ASMITA simulaties, een “veilige” ondergrens van rZSS van 5 mm/j. berekend. Hieruit wordt het totale beschikbare volume afgeleid voor bodemdaling door zoutwinning die “voldoende groot is voor het accommoderen van de maximale bodemdaling”. Bovenste figuur vat dat samen: bodemdaling door zoutwinning zit in de veilige zone. Anderzijds blijkt uit simulaties met hetzelfde model dat zelfs bij een rZSS van 1,7 mm/j. het plaatvolume significant kan afnemen afhankelijk van de zone waarin het volume wordt weggenomen. M.a.w.: hoewel wordt gesteld dat er meer dan voldoende ruimte is voor de bodemdaling door zoutwinning om een rZSS van 5 mm/j. te kunnen volgen, blijkt in bodemdalingsscenario 1a, het plaatvolume wel degelijk te dalen tijdens de zoutwinning. De gebruiksruimte wordt dus tijdelijk overschreden, zelfs reeds bij een rZSS van 1,7 mm/j. Voor dat bodemdalingsscenario zijn de twee figuren hierboven dus in tegenspraak met mekaar. Hieruit volgt de laatste vraag: Klopt het dat in bodemdalingsscenario 1a de gebruiksruimte tijdelijk wordt overschreden, en dat figuur 7 van de PB dus niet opgaat voor dat bodemdalingsscenario?’

Ons antwoord:

We denken dat er hier sprake is van verwarring door de gebruikte definitie van ‘kritische zeespiegelstijging’ door Cleveringa and Grasmeijer (2010) (en daaraan gerelateerde begrip meegroeivermogen), die namelijk niet inhoudt dat op elke moment in de tijd de platen precies zullen meegroeien met de zeespiegel, maar alleen op lange termijn geldig is. De indicator voor kritische zeespiegelstijging die in de studie van Cleveringa and Grasmeijer (2010) is gebruikt, wordt door hen namelijk als volgt gedefinieerd (p. 41): ‘De indicator die we in de ASMITA modelsimulaties studie hanteren voor de kritische grens voor de lange termijn morfologische ontwikkeling is de groeisnelheid van het plaatvolume na een periode van 100 jaar. Deze groeisnelheid is afhankelijk van de stijgingssnelheid van de zeespiegel. Bij de kritische grens is de groeisnelheid van het daadwerkelijke plaatvolume gelijk aan de groeisnelheid van het evenwichtsvolume. Voor het getijdebekken van het Vlie is dat dus bij een snelheid van 5,9 mm/j., zoals zichtbaar in figuur 5.2. Voordat de kritische grens wordt bereikt, neemt het daadwerkelijke plaatvolume meer toe dan het evenwichtsvolume, zodat op (zeer) lange termijn het evenwichtsvolume kan worden bereikt. Wanneer de kritische grens wordt overschreden, neemt het daadwerkelijke plaatvolume minder snel toe dan het evenwichtsvolume.’ Verder wordt term ‘meegroeivermogen’ gedefinieerd als 1 waarde voor het hele bekken, om op lange termijn de rZSS bij te houden (zie onderstaande citaat). p. 31 Cleveringa and Grasmeijer (2010):

Het meegroeivermogen van de Waddenzee is gedefinieerd als: “Het natuurlijke vermogen van een kombergingsgebied, uitgedrukt in mm/j over het hele gebied, om de relatieve zeespiegelstijging (rZSS) op lange termijn bij te houden terwijl het geomorfologisch evenwicht en de sedimentbalans in stand blijven” (Ministerie van Economische Zaken, 2006). De gebruiksruimte van de Waddenzee is gedefinieerd als: “Het verschil tussen het meegroeivermogen van een kombergingsgebied en de relatieve Zeespiegelstijging (rZSS). Dit verschil is de ruimte die te gebruiken is (na middeling over 6 jaar; voortschrijdend gemiddeld, symmetrisch) voor menselijke activiteiten, die zandhonger genereren. Zoals bijvoorbeeld bodemdaling veroorzaakt door gaswinning” (Ministerie van Economische Zaken, 2006).

3. ECOLOGISCHE ASPECTEN VAN ZOUTWINNING ONDER DE WADDENZEE

Nota ECOBE 016-R189

Antwerpen Februari 2016

Colofon

Nota Ecosystem Management Research Group
ECOBE 015-R188

Tekst: Tom Cox, Patrick Meire

Dit rapport dient als volgt geciteerd te worden:
Cox, T.; Meire, P. (2016) Expertstandpunt over
ecologische gevolgen zoutwinning onder de
Waddenzee. Nota ECOBE 016-R189.

University of Antwerp “Campus Drie Eiken”
Prof. Dr. P. Meire
Department of Biology Ecosystem Management
Research Group
Universiteitsplein 1
BE-2610 Antwerpen (Wilrijk)
Tel.+32 3 265 22 64
e-mail: Patrick.Meire@uantwerpen.be
<http://www.uantwerpen.be/ecobe>

dr. ir. Tom Cox,
prof. dr. Patrick Meire

Korte samenvatting

1. Scenario relatieve zeespiegelstijging

- We stellen vast dat in geen enkele van de langdurige rekenscenario's (noch ASMITA noch SedBox) gerekend werd met dit scenario voor zeespiegelstijging. Alle berekeningen zijn gebeurd met een constant genomen zeespiegelstijging van 1,7 mm/j. Ook de ecologische doorvertaling is op deze simulaties gebaseerd. Deze keuze, die afwijkt van het TNO-rZSS scenario, wordt nergens gemotiveerd.
- Dit heeft volgens ons verregaande consequenties die verder onderzocht dienen te worden. Het lijkt ons sterk aanbevolen om de simulaties met het ASMITA model te herhalen, maar dan onder TNO-rZSS scenario's.

2. Meegroeivermogen

- De gebruikte geïdealiseerde morfodynamische modellen (ASMITA, Sedbox) maken abstractie van de geometrie, de hydrodynamica en de sedimentdynamica. Het vertrouwen in de modellen moet blijken uit de correcte inschatting van de grote trends in opgemeten evoluties in de afgelopen 80 jaar. Deze zijn grotendeels het gevolg van de afsluiting van de Zuiderzee. Uit de ons bezorgde documenten is niet duidelijk of er ook voldoende vertrouwen is dat de geïdealiseerde modellen correct de hoofdlijnen simuleren van de morfodynamische respons op antropogene morfologische ingrepen in het systeem. Dit is een wezenlijk andere ingreep dan de verandering van de hydrodynamische randvoorwaarden.
- Bovendien is dit soort modellen uitstekend geschikt om inzicht te verwerven in de mechanismen achter morfodynamische evoluties, om het relatieve belang van verschillende factoren te onderzoeken en grootte-orde af te schatten van gevolgen van ingrepen in dit systeem. Voor het vertrouwen dat men kan hebben in de effectieve, nominale resultaten van dit soort modellen blijven we afhankelijk van experts ter zake die niet alleen het model goed kennen maar ook een ruime achtergrondkennis hebben van het systeem. Dit is onder andere het geval voor de 'realistische ondergrens' aan het meegroeivermogen. Volgens de informatie die ons bezorgd werd zijn de verschillende experts het er niet over eens of 5 mm per jaar een veilige ondergrens is van het meegroeivermogen.

3. Tijdelijke effecten

- Voor het bepalen van tijdelijke effecten wordt gebruik gemaakt van het meest ongunstige doorgerekende bodemdalingsscenario. Dit is een resultaat van een sterk geïdealiseerde modelberekening (zie boven) en het wordt onvoldoende gemotiveerd dat deze nominale waarden ook realistisch zijn. De gevoeligheidsanalyse die gebeurd is met ASMITA is enkel gericht op de rZSS, niet op het maximale verlies aan plaatoppervlak tijdens de zoutwinning. Het wordt niet gemotiveerd dat de nominale waarde van $6,9 \times 10^6$ m³ robuust is onder variatie in ASMITA modelparameters. Deze nominale waarde aanhouden in het doorrekenen van ecologische effecten is volgens ons niet voorzichtig, niet worst-case.
- Bovendien dat dit getal afgeleid is uit simulaties die uitgaan van een zeespiegelstijging van 1,7 mm/j., en niet met het bovenvermeld scenario voor rZSS. Uit de berekeningen met SedBox voor het Vlie-bekken blijkt in ieder geval dat de afname in plaatvolume op het eind van de zoutwinning gevoelig is aan het niveau van rZSS (Fig 4.4.1 "Bodemdaling Wadden door Zoutwinning. Beoordeling eerder uitgevoerd onderzoek").
- De afname in areaal droogvallende platen wordt berekend op bekken-niveau (Vlie of Marsdiep) door het bovenvermeld volume te delen door de oppervlaktes van de respectievelijke bekkens. Dit is een ruwe berekening. Deze berekening gaat ervan uit dat de hele komberging van het Vlie of Marsdiep gelijkmatig wordt beïnvloed en sluit onder meer uit dat de morfologische aanpassing afneemt naarmate de afstand tot het invloedsgebied groter wordt.
- Gezien het ecologische belang van de Ballastplaat achten wij het noodzakelijk om een meer voorzichtige inschatting te maken van de afname van het droogvallende deel van de Ballastplaat, gelet op bovenstaande punten.
- Berekeningen met een gedetailleerd procesmodel zijn hiervoor onontbeerlijk

4. Monitoringplan

- In het voorgestelde monitoringplan gaapt ons inziens een kloof tussen de abiotiek en de ecologie. Het lijkt ons weinig waarschijnlijk dat de voorgestelde aanpak het onderscheid zal

kunnen maken tussen natuurlijke variabiliteit in populaties en veranderingen die het gevolg zijn van de zoutwinning.

- Het is aangewezen om die kloof te dichten met metingen die het mogelijk maken de link te leggen tussen de abiotiek en de ecologie.

3.1 Inleiding

Het Nederlandse Ministerie van Economische Zaken heeft in 2014 aan Frisia Zout BV een vergunning verleend voor de winning van vacuümzout (primaire NaCl) op een eerste locatie onder de Waddenzee: de 'Havenmond'. De winning van NaCl vindt plaats d.m.v. oplosmijnbouw op grote diepte (ca. 3 km); hierbij worden holtes (cavernes) gevormd die er toe leiden dat er een bodemdaling kan optreden aan het aardoppervlak. Aangezien deze mijnbouw zich onder het waardevol ecosysteem van de Waddenzee bevindt, dat o.m. in 2009 door UNESCO werd erkend als werelderfgoed, is er bezorgdheid om de ecologische gevolgen van deze mogelijke bodemdaling. Temeer omdat de eerste vergunde locatie zich bevindt onder de balastplaat, die onder meer van belang is voor fouragerende vogels. De Waddenvereniging heeft, samen met Natuurmonumenten en Vogelbescherming, bezwaar gemaakt tegen de vergunning. De rechtszaak vindt plaats in de tweede helft van 2015. In het licht van de maatschappelijke discussie die hierover heerst, heeft de Waddenacademie beslist om het dossier 'Zoutwinning onder de Waddenzee' nader te analyseren. Ze heeft ervoor gekozen een document op te (doen) stellen waarin alle wetenschappelijke en technologische kennis van de voorgenomen zoutwinning onder de Waddenzee worden geanalyseerd m.b.t. (1) de waarschijnlijkheid van het optreden van bodemdaling en (2) de gevolgen daarvan voor het ecosysteem en (3) van de economische betekenis voor de regio. De analyse is verder uitgesplitst in 4 deelvragen. De analyses worden uitgevoerd door vier wetenschappers die tot dusverre geen betrokkenheid hebben gehad bij het dossier 'Zoutwinning in de Waddenzee'.

Vra(a)g(en) die aan ons werd gesteld

Prof. Patrick Meire, hoofd van de onderzoeksgroep ecosysteembeheer van de Universiteit Antwerpen is gevraagd voor deelvraag c) met name een analyse van "De ecologische aspecten van de ontwikkeling van de Ballastplaat gedurende en aansluitend aan de concessieperiode van zoutwinning, met in ieder geval aandacht voor de gevolgen van mogelijke bodemdaling voor het fourageren van wadvogels".

3.2 Documentoverzicht

De volgende teksten werden ons ter beschikking gesteld voor de analyse:

Meegroeivermogen en gebruiksruimte in de getijdebekkens Vlie en Marsdiep Grootchalige morfologische ontwikkelingen westelijke Waddenzee. Alkyon in opdracht van Frisia BV, juli 2010, 156pp

Passende beoordeling zoutwinning onder de Waddenzee. Arcadis in opdracht van Frisia BV, oktober 2013. 120pp

Tijdelijke effecten van zoutwinning op de ecologische waarden in de Waddenzee. Alkyon in opdracht van Frisia BV, juli 2010, 182pp

Monitoringplan Havenmond, Arcadis in opdracht van Frisia BV, januari 2013. 38pp Milieueffecten continuering van de zoutwinning in Noord-West Fryslan. Frisia Zout BV. Onge-dateerd. 30pp

Kennisgeving instemmingsbesluit. Ministerie van Economische Zaken,

Inhoudelijke overwegingen Zoutwinning onder de Waddenzee, Ministerie van Economische Zaken. 32pp

Advies Ministerie van Economische Zaken, Staatstoezicht op de Mijnen. 27 juni 2013

Brief van de Staatssecretaris van economische zaken aan de voorzitter van de Tweede Kamer der Staten-Generaal 2 september 2014

Bodemdaling Wadden door zoutwinning.

Beoordeling eerder uitgevoerd onderzoek, Leo Van Rijn in opdracht van Waddenvereniging, Natuurmonumenten, Vogelbescherming, juli 2015, 131pp.

Het belang van de Balastplaat voor wadvogels in de westelijke Waddenzee, NIOZ in opdracht van Natuurmonumenten en de Waddenvereniging, augustus 2013, 49pp

Het meegroeivermogen van de Westelijke Waddenzee. Advies aan het ministerie van Economische Zaken. Deltares, augustus 2010. 6pp

Opzet monitoring zoutwinning Frisia, havenmond Harlingen. Advies 2013 van de audit-commissie. 4 februari 2014, 16pp

Analyse Waddenacademie inzake Zoutwinning onder de Waddenzee, Waddenacademie, onge-dateerd.

3.3 Expertstandpunt

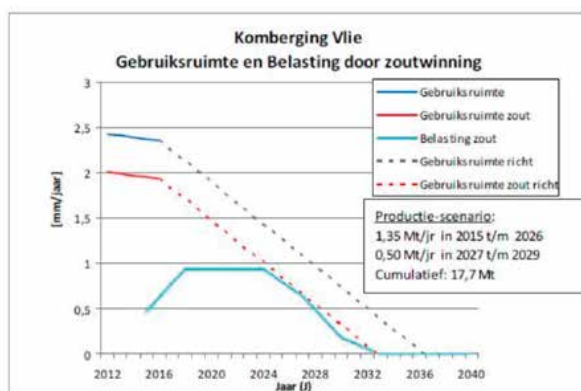
3.3.1 Morfodynamische respons

De discussie over de mogelijke impact op de ecologie van de Wadden draait rond de mogelijke ecologische gevolgen van de morfodynamische respons van het

Waddensysteem op de bodemdaling. De ecologische impact tijdens de aanlegfase en de impact van de aanwezigheid van verlichte infrastructuur staat niet zozeer ter discussie. Een directe impact op het ecosysteem van de zoutwinning wordt niet verwacht aangezien deze op grote diepte zal plaatsvinden. Over het risico op en de mogelijke gevolgen van het eventueel optreden van een breuk in leidingen nabij de waterbodem bestaat blijkbaar geen discussie, hoewel we daarover geen informatie terugvonden in de ons toegeleverde documenten, enkel over calamiteiten op de boorinstallatie. We concentreren ons in wat volgt dan ook op de ecologische gevolgen van de morfodynamische respons van het Waddensysteem op de bodemdaling, met focus op de Ballastplaat.

3.3.2 Scenario zeespiegelstijging

In de berekeningen rond de morfodynamische respons is het vooropgestelde scenario voor relatieve zeespiegelstijging (rZSS) van cruciaal belang. In de MER (2010) is nog gebruik gemaakt van een oud scenario voor rZSS. Voor de passende beoordeling is gebruikt gemaakt van een ge-updated scenario. In verschillende documenten wordt verwezen naar verschillende TNO adviezen, nl. ref. AGE 11-10.044 en ref. AGE 13-10.015. Het scenario in AGE 11-10.044 gaat uit van een versnelling in de zeespiegelstijging van 0.018 mm/j.2 tot 2016, en 0.116 mm/j.2 vanaf 2016. De zeespiegelstijging in 2007 wordt op 2.484 mm/j. gelegd. Bij een maximale gebruikruimte van 5 mm/j. komt dit overeen met figuur 7. van de PB (zie Fig 3.1).



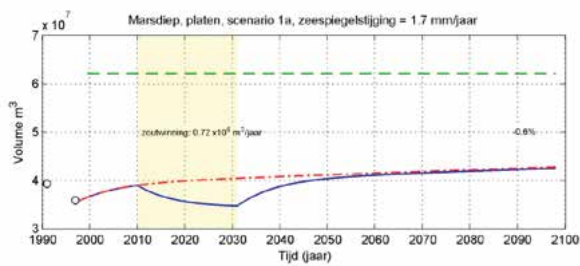
Figuur 3.1: Evolutie gebruikruimte onder TNO-scenario voor relatieve zeespiegelstijging (rZSS), voorgesteld in Figuur 7 van de PB

We stellen vast dat in geen enkele van de langdurige rekenscenario's (noch ASMITA noch SedBox) gerekend werd met dit scenario voor zeespiegelstijging. Alle berekeningen zijn gebeurd met een constant genomen zeespiegelstijging van 1,7 mm/j. Ook de ecologische doorvertaling is op deze simulaties gebaseerd. Deze keuze, die afwijkt van het TNO-rZSS scenario, wordt nergens gemotiveerd.

Dit heeft volgens ons verregaande consequenties die verder onderzocht dienen te worden. Het lijkt ons sterk aanbevolen om de simulaties met het ASMITA model te herhalen, maar dan onder TNO-rZSS scenario's. Hoewel de morfodynamiek van het Waddensysteem complex terrein is, hebben we getracht om in kort tijdsbestek de consequenties op kwalitatieve wijze door te denken.

Het niet in rekening brengen van het TNO-rZSS scenario zorgt ten eerste voor een rooskleurige voorstelling van de feiten. Alle gepresenteerde berekeningen met het ASMITA model (zoals bv. figuur 3.2 hieronder) geven immers de indruk dat de autonome evolutie van het plaatvolume een toename inhoudt tot na 2100. Dit is niet in overeenstemming met de verwachting onder het TNO-rZSS scenario. Onder dat scenario wordt de rZSS reeds in 2036 groter dan de kritische waarde van 5 mm/j (2032 indien rekening wordt gehouden met gaswinning). Hieruit volgt dat de verwachte autonome evolutie van het areaal droogvallende platen een piek laat zien in 2036 (2032) en daarna afneemt.

Ook de gevolgen van de zoutwinning worden op die manier rooskleurig voorgesteld als een "vertraging" van de plaatgroei. Nemen we het als "worst-case" voorgestelde bodemdalingsscenario 1a (alle bodemdaling vindt plaats onder de platen van het Marsdiep) dan zien we in figuur B10 dat het ASMITA model een onmiddellijke daling van het plaatvolume simuleert vanaf de start van de zoutwinning die zich doorzet tot het einde ervan. Bij het zeespiegelstijgingsscenario zoals boven (waarop de gebruikruimte is berekend), zal tegen het eind van de zoutwinning de zeespiegelstijging 5 mm/j bedragen, en vanaf dan verder toenemen. De platen zullen dus in zoutwinnings-scenario 1a ook na het einde van de zoutwinning blijven afnemen.



Figuur 3.2: ASMITA – simulatie voor het bodemdalingsscenario 1a, overgenomen uit “Meegroeivermogen en gebruiksruimte Vlie en Marsdiep”, bijlage B, figuur B10

Dat wil zeggen dat onder bovenvermeld scenario voor zeespiegelstijging, het worst-case zoutwinningscenario 1a als resultaat heeft dat het plaatvolume begint te dalen vanaf het begin van de zoutwinning en ook nooit meer herstelt. Daar waar het plaatvolume in de autonome evolutie begint af te nemen ergens rond 2030-2040, begint het plaatvolume af te nemen vanaf het begin van de zoutwinning.

In de inleidende uitleg bij tabel 27a in de PB, wordt verwezen naar de studie “Meegroeivermogen en gebruiksruimte Vlie en Marsdiep”. We vermoeden dus dat ook tabel 27a is opgesteld met de simulaties met een zeespiegelstijging van 1,7 mm/j. De zeggende langjarige trends in arealen zoals in deze tabel voorgesteld zijn dus onrealistisch. In werkelijkheid verwachten we, in het vooropgestelde scenario voor zeespiegelstijging, een afname van de arealen vanaf 2036. Zoutwinning zorgt voor een vervroeging van het moment dat het plaatareaal begint af te nemen, waarbij de mate van vervroeging afhankelijk is van het bodemdalingsscenario.

Het is ons niet bekend of er plannen bestaan om de Wadden klimaatbestendig te maken. Indien de Nederlandse samenleving de waarden van de Waddenzee en dus het areaal droogvallende platen wil bewaren is er, onder het TNO-rZSS scenario nog ongeveer 10 jaar tijd (tussen nu en 2032-2036). Als men het huidige areaal droogvallende platen als doelstelling naar voor zou schuiven is er nog wat meer tijd. Tussen nu en 2032-2036 zal het plaatvolume onder de autonome evolutie immers nog toenemen, waardoor ze daarna nog even kan afnemen om dan terug op de waarde van vandaag te vallen. Als de samenleving ook zoutwinning wil toelaten, wordt de tijd die beschikbaar is om maatregelen uit te denken en effectief toe te passen drastisch ingekort, en moet men eigenlijk vandaag al weten hoe men de Wadden duurzaam zal maken. Het is ons niet bekend of zulke plannen bestaan. Indien ze al bestaan lijkt uit de ons toegestuurde documenten alvast dat de plannen voor zoutwinning niet zijn getoetst aan zo'n eventueel plan.

3.3.3 Meegroeivermogen

We stellen vast dat er discussie bestaat over bepaalde aspecten van die morfodynamische respons. Dat er een zeker 'meegroeivermogen' bestaat, staat niet ter discussie. Hiermee wordt bedoeld dat de sedimentdynamiek in het Vlie en het Marsdiep dusdanig is dat de droogvallende platen, die ecologisch zeer waardevol zijn, een bepaalde snelheid van zeespiegelstijging kunnen volgen: ze hogen even snel (of sneller) op, waardoor het beschikbare areaal niet afneemt. Er bestaat blijkbaar discussie over de maximale snelheid van zeespiegelstijging die de platen kunnen volgen. Uit berekeningen met het ASMITA-model werd een waarde van 5 mm per jaar afgeleid. Dit wordt gezien als een veilige grenswaarde omdat uit de ontwikkeling van het sedimentvolume en uit een sedimentbalans een hogere waarde wordt berekend. Uit berekeningen met het SedBox model echter volgt een maximale waarde van 3.5 mm per jaar. Deze waarde is van belang omdat de zogenaamde 'gebruiksruimte' wordt vastgesteld als het verschil tussen de maximale zeespiegelstijging die de platen kunnen volgen en de effectieve (of voorspelde) zeespiegelstijging.

We merken op dat beide modellen (ASMITA en SedBox) sterk geïdealiseerde morfodynamische modellen zijn, waarbij zowel een heel sterke abstractie wordt gemaakt van de geometrie van het systeem als van de hydrodynamica en de sedimentdynamica, en rusten op vele aannames. Het vertrouwen in de modellen moet blijken uit de correcte inschatting van de grote trends in opgemeten evoluties in de afgelopen 80 jaar. Zoals uit verschillende documenten blijkt, zijn deze evoluties grotendeels het gevolg van de afsluiting van de Zuiderzee. M.a.w. de geïdealiseerde morfodynamische modellen zijn blijkbaar in staat om in hoofdlijnen de morfodynamische respons van het Waddensysteem te simuleren als gevolg van een aanpassing in de hydrodynamische randvoorwaarden van het systeem.

We hebben hierbij twee bemerkingen: 1. uit de ons bezorgde documenten is niet duidelijk of er ook voldoende vertrouwen is dat de geïdealiseerde modellen correct de hoofdlijnen simuleren van de morfo-

dynamische respons op antropogene morfologische ingrepen in het systeem. Dit is een wezenlijk andere ingreep dan de verandering van de hydrodynamische randvoorwaarden. 2. Dit soort modellen is uitstekend geschikt om inzicht te verwerven in de mechanismen achter morfodynamische evoluties, om het relatieve belang van verschillende factoren te onderzoeken en grootte-orde af te schatten van gevolgen van ingrepen in dit systeem. Voor het vertrouwen dat men kan hebben in de effectieve, nominale resultaten van dit soort modellen blijven we afhankelijk van experts ter zake die niet alleen het model goed kennen maar ook een ruime achtergrondkennis hebben van het systeem. Dit is onder andere het geval voor de 'realistische ondergrens' aan het meegroeivermogen. Deze werd gelijkgesteld aan de met ASMITA gesimuleerde ondergrens. Volgens de informatie die ons bezorgd werd zijn de verschillende experts het er niet over eens of 5 mm per jaar een veilige ondergrens is van het meegroeivermogen.

3.3.4 Tijdelijke effecten

a. Maximale afname plaatvolume

Het rapport "Tijdelijke effecten van zoutwinning op de ecologische waarden in de Waddenzee" bouwt voort op de resultaten van de langetermijn simulaties gepresenteerd in "meegroeivermogen en gebruiksruimte Vlie en Marsdiep". Hierbij is gebruik gemaakt van het meest ongunstige doorgerekende bodemdalingsscenario, dit is scenario 1a waarin de volledige bodemdaling onder de platen van het Marsdiep plaatsvindt (m.a.w. diegene voorgesteld in figuur 3.2 hierboven). In deze simulatie is de "grootste berekende afname van het plaatvolume van 6,9 106 m³" (p. 98 "Tijdelijke effecten"). Uit figuur 3.2 boven is niet af te leiden of dit gaat over een afname t.o.v. het begin van de zoutwinning, dan wel om het verschil met het gesimuleerde plaatvolume zonder zoutwinning op het einde van de periode waarin zoutwinning zou plaatsvinden. Overigens is ook in het NIOZ-rapport "Belang van de Ballastplaat voor wadvogels in de westelijke Waddenzee" gebruik gemaakt van dit getal.

Zoals boven gesteld zijn sterk geïdealiseerde modellen zoals ASMITA uitstekend geschikt om inzicht te verwerven en grootte-ordes af te schatten, maar moet voorzichtig worden omgegaan met nominale waarden van simulatieresultaten. Dat we voldoende vertrouwen kunnen hebben in dit getal om dit zonder meer te gebruiken als basis om de ecologische impact door te rekenen wordt nergens onderbouwd. Er wordt nergens onderzocht in welke mate de werkelijke afname van plaatvolume onder dit bodemdalingsscenario kan afwijken. De gevoeligheidsanalyse die gebeurd is met

ASMITA is enkel gericht op de kritische zeespiegelstijging die de platen kunnen volgen in 2100, niet op het maximale verlies aan plaatoppervlak dat tijdens de zoutwinning ontstaat. M.a.w. er is geen idee van hoe gevoelig de 6,9 106 m³ is voor variatie in ASMITA modelparameters. Deze nominale waarde aanhouden in het doorrekenen van ecologische effecten is volgens ons dan ook niet voorzichtig, niet worst-case. Een voorzichtige aanpak zou een sensitiviteitsanalyse inhouden van deze waarden naar modelparameters, mogelijk gecombineerd met een veiligheidsfactor. Weerom merken we op dat dit getal afgeleid is uit simulaties die uitgaan van een zeespiegelstijging van 1,7 mm/j. Uit de berekeningen met SedBox voor het Vlie-bekken blijkt in ieder geval dat de afname in plaatvolume op het eind van de zoutwinning gevoelig is aan het niveau van rZSS (Fig 4.4.1 "Bodemdaling Wadden door Zoutwinning. Beoordeling eerder uitgevoerd onderzoek"). Het lijkt er dan ook op dat onder het TNO-rZSS scenario, de afname van plaatvolume in bodemdalingsscenario 1a groter zal zijn dan 6,9 106 m³.

b. Worst-case invloedszone

De afname in areaal droogvallende platen wordt berekend op bekken-niveau (Vlie of Marsdiep) door het bovenvermeld volume te delen door de oppervlaktes van de respectievelijke bekkens. Dit is een ruwe berekening. Dit is bijvoorbeeld het geval bij de berekening van de afname in areaal droogvallende platen. Deze berekening gaat ervan uit dat de hele komberg van het Vlie of Marsdiep gelijkmatig wordt beïnvloed. Dit sluit uit dat de morfologische aanpassing afneemt naarmate de afstand tot het invloedsgebied groter wordt. Zoals eerder in de MER aangehaald: "Het is een proces van uitwisseling van fijn sediment met de platen en geulen in de Waddenzee. Het fijne sediment dat daar vandaan wordt getransporteerd, wordt weer aangevuld met fijn sediment uit de waterkolom, dat uit de Noordzee afkomstig is." In het licht van het ecologische belang van de Ballastplaat, is het worst-case scenario dat het sediment dat de bodemdalingssput opvult volledig afkomstig zou zijn van de Ballastplaat. Gecombineerd besluiten we uit punt a. en b. dat voor het doorrekenen van ecologische effecten rekening moet worden gehouden met 1. een voorzichtige omgang met de nominale waarden uit het ASMITA model 2. het TNO-rZSS scenario en 3. een worst-case herkomst van het sediment dat de bodemdalingssput opvult. Een voorzichtige inschatting van de afname van het droogvallende deel van de Ballastplaat hoger zal dan ook hoger liggen dan 191-247 ha. Overeenkomstig zal de invloed op bodemdieren en vogels ook groter zijn.

Wat betreft punt 3. zijn we van mening dat berekeningen met een gedetailleerd procesmodel absoluut noodzakelijk zijn om te bevestigen dat de bodemdaling effectief over een heel bekken uitgesmeerd zal worden en uit te sluiten dat de Ballastplaat meer dan proportioneel te lijden zal hebben onder de bodemdaling omwille van het feit dat deze plaat het dichtste bij (namelijk bovenop) de bodemdalingsput ligt.

3.3.5 Monitoringplan

In het voorgestelde monitoringplan gaapt ons inziens een kloof tussen de abiotiek en de ecologie. Het is ons niet duidelijk of het met de voorgestelde aanpak mogelijk zal zijn om het verschil te maken tussen natuurlijke variabiliteit in populaties en veranderingen die het gevolg zijn van de zoutwinning.

Het lijkt ons daarom aangewezen om die kloof te dichten en de monitoring uit te breiden met metingen die het mogelijk maken de link te leggen tussen de abiotiek en de ecologie. Enkele voorbeelden: aangezien de overstromingsduur een van de sturende parameters is voor het voorkomen van bentische organismen, lijkt het logisch om op enkele cruciale punten continue waterhoogtemetingen te doen.

Hieruit kunnen dan overstromingsduur, overstromingsfrequentie, overstromingshoogte bepaald worden. Verder kan het gat tussen abiotiek en ecologie deels gedicht worden met behulp van een (of meerdere) continue meetstation, waar naast waterhoogte ook continue O, turbiditeit, temperatuur, saliniteit wordt gemeten. Tot slot zou ook primaire productie als tussenliggende ecologische schakel rechtsreeks opgevolgd kunnen worden.



4. ECONOMISCHE ASPECTEN VAN ZOUTWINNING ONDER DE WADDENZEE

Gerlof Rienstra

Position paper

Eindrapport, 11 september 2015

Op verzoek van de Waddenacademie

Rienstra Beleidsonderzoek en Beleidsadvies BV

Veursestraatweg 30

2265 CD LEIDSCHENDAM

tel. 06-51207198

email: gerlof.rienstra@outlook.com

blog: gerlofrienstra.wordpress.com

Bezoekadres:

Bedrijfsverzamelgebouw De Compagnie

Geestbrugkade 32

2281 CX RIJSWIJK

4.1 Samenvatting: position paper in trefwoorden

Rienstra Beleidsonderzoek en Beleidsadvies voldoet met dit position paper graag aan uw verzoek rapport uit te brengen over de economische effecten van de zoutwinning onder de Waddenzee.

Met mijn jarenlange ervaring met economische effecten van investeringsprojecten en gebiedsontwikkeling denk ik de door de Waddenacademie geformuleerde onderzoeksvragen met kennis van zaken te kunnen beantwoorden.

In dit position paper staat de deelvraag over de economische betekenis voor de regio centraal. Het gaat daarbij in het bijzonder om de volgende aspecten in de analyse:

De bedrijfseconomische aspecten voor Frisia Zout en toeleveranciers van zoutwinning onder de Waddenzee in relatie tot de sociaal-economische aspecten en regionaal economische betekenis voor de Gemeente Harlingen en omgeving (en de rest van Nederland), met name in termen van directe en indirecte werkgelegenheid (lieft naar opleiding en/of inkomen) en inclusief de vraag van de maatschappelijk noodzaak van zoutwinning in dit gebied (kan hetzelfde soort zout niet net zo goed ergens gewonnen worden?).

Ik kan het antwoord op de gestelde vragen als volgt in trefwoorden samenvatten:

1. Bedrijfseconomische aspecten:

- Frisia Zout maakt deel uit van de groep ESCO, met als houdstermaatschappij K+S.
- Het bedrijf bestaat inmiddels 20 jaar, stond voorheen bekend als FRIMA.
- De werkgelegenheid is in de loop van de jaren sterk gestegen, ondanks wisselende winningsvolumes en omzetfluctuaties.
- Vijf jaar geleden is besloten tot een transitie in de zoutwinning: van de (huidige) landwinning naar (volledige) winning onder de Waddenzee i.v.m. de geconstateerde snellere bodemdaling in Noordwest-Fryslân maar niet meer dan was vergund.
- Voorziene startdatum nieuwe zoutwinning onder de Waddenzee is 2018.
- Gewenst productieniveau: 1,35 mln. ton zout per jaar.

- Directe werkgelegenheid: inmiddels 110 fte (vanaf 60 fte), waarvan 5 fte in de zoutwinning sec. De overige directe werkgelegenheid is in de verwerkende industrie ter plaatse (zout-raffinage).
- Verwachting investeringsom: 60-80 mln. (vier boorputten) gedurende 20-40 jaar. Daarnaast vervangingsinvesteringen in de fabriek.
- Samenwerking met OMRIN, met name de afname van warmte (stoom) voor het indamp-proces bij Frisia.

2. Sociaal-economische aspecten en regionaal economische betekenis:

- Incidentele d.w.z. eenmalige investerings-effecten: In totaal krijgt Friesland als gevolg van deze investeringen (ceteris paribus) een werkgelegenheidsimpuls van 238-317 arbeidsjaren, Overig Nederland van 69-92 arbeidsjaren. De toegevoegde waarde stijgt in Friesland met 22-29 mln. euro, in de rest van Nederland met 6-8 mln. Het gaat hier om een incidenteel, d.w.z. eenmalig bestedingseffect, gekoppeld aan het boren van vier zoutputten.
- Structurele economische effecten als gevolg van productie- en omzetstijging:
 - De zoutproductie stijgt als gevolg van de zoutwinning onder de Waddenzee naar verwachting van 1,0 mln. nu naar 1,35 mln. ton zout vanaf 2018. Als gevolg van deze productiestijging neemt de netto omzet op basis van eigen ramingen toe naar 81-94,5 mln. euro (2013: 59,6 mln. euro). Als gevolg van deze productie- en omzetstijging wordt een structureel jaarlijks extra werkgelegenheidseffect van 41- 67 arbeidsjaren in Friesland gegenereerd, en in Overig Nederland van 12-19 arbeidsjaren. We gaan er vanuit dat hiervan in de periode 2013-2015 al 19 arbeidsjaren gerealiseerd zijn, anticiperend op de productiestijging. Ter vergelijking, nu gaat het in totaal om ca. 245 arbeidsjaren (110 direct bij Frisia zelf, 135 indirect volgens de Milieueffect-rapportage, niet regionaal gespecificeerd voor winning, externe aanvoer van ESCO zout, zoutraffinage en vervoer van de zout-productie af fabriek samen.

- De toegevoegde waarde kan dan in Friesland structureel toenemen met 4-6 mln., in Overig Nederland met 1-2 mln. euro per jaar.
- Hierbij gaan wij wel van de veronderstelling uit dat de extra zoutproductie en de daaruit voortvloeiende omzetsijging bij Frisia niet ten koste gaat van de omzet van andere zoutaanbieders, maar het gevolg is van groei van de afzetmarkt zoals door Frisia Zout in de Milieueffectrapportage is voorzien, m.a.w. additioneel is.

3. Maatschappelijke noodzaak zoutwinning in dit gebied

- Voortzetting van de zoutwinning in Noordwest Fryslân dient verschillende maatschappelijke belangen: levering van zuiver zout aan de industrie, werkgelegenheid in Friesland, en het toekomstperspectief van de Harlinger haven.
- Frisia levert circa 80% van het gewonnen zout aan de chemische industrie. Het zout is zeer zuiver. Gebruik van dit hoogwaardige, zeer zuivere zout heeft als voordeel dat de chemische processen waarbij dit zout wordt benut weinig milieubelasting met zich meebrengen.
- Bij Frisia zijn op dit moment circa 110 mensen in vaste dienst. Daarnaast verschaft Frisia volgens de Milieueffectrapportage werkgelegenheid aan nog eens circa 135 mensen door direct aan de zoutwinning gekoppelde activiteiten: transportbedrijven, gespecialiseerde toeleveranciers, onderhoudsbedrijven en havendiensten. Daar komen volgens onze berekening nog eens 41-67 arbeidsjaren in Friesland extra bij (19 al gerealiseerd) als er geïnvesteerd wordt in zoutwinning onder de Waddenzee. Als het niet mogelijk is zoutwinning in de directe nabijheid van de fabriek in Harlingen voort te zetten, is Frisia genoodzaakt haar activiteiten te staken. De mogelijkheid dat de fabriek in Harlingen dan gesloten wordt is niet ondenkbeeldig omdat de productiemiddelen bij afronding van de landwinning volledig afgeschreven kunnen zijn. De banen gaan dan in Friesland verloren.
- De havengelden die Frisia voor de zouttransporten afdraagt, zijn een belangrijke bron van inkomsten voor de Harlinger haven. Volgens de MER heeft ongeveer een derde van de totale belading in de haven betrekking op zout. Zou

Frisia haar activiteiten niet voortzetten, dan zou dit derhalve voor de haven een forse aderlating betekenen.

- In 2014 werd een alternatieve bron voor zoutwinning bij Emden gesuggereerd door het gebruik van zoutcavernes voor ondergrondse gasopslag. Het uit die cavernes gewonnen zout zou dan bij Frisia Zout verwerkt kunnen worden en zoutwinning onder de Waddenzee onnodig maken. Uiteindelijk bleek dit alternatief zowel economisch als milieutechnisch voor Frisia Zout niet haalbaar. Deze conclusie is bevestigd bij second opinion en overgenomen door de minister van Economische Zaken.

4.2 Aanleiding voor position paper economie

In dit position paper staat de deelvraag over de economische betekenis voor de regio centraal. Het gaat daarbij in het bijzonder om de volgende aspecten in de analyse:

De bedrijfseconomische aspecten voor Frisia Zout en toeleveranciers van zoutwinning onder de Waddenzee in relatie tot de sociaal-economische aspecten en regionaal economische betekenis voor de Gemeente Harlingen en omgeving (en de rest van Nederland), met name in termen van directe en indirecte werkgelegenheid (lieft naar opleiding en/of inkomen) en inclusief de vraag van de maatschappelijk noodzaak van zoutwinning in dit gebied (kan hetzelfde soort zout niet net zo goed ergens gewonnen worden?).

Deze analyse is uitgevoerd met behulp van de volgende bronnen en instrumenten:

- Desk research: alle ter inzage gelegde documenten die ten grondslag liggen aan de afgegeven vergunningen, te weten de winningsvergunning en de natuurbeschermingsvergunning, met name de MER. Daarnaast is gebruik gemaakt van de jaarverslagen van Frisia Zout BV (2003-2013) en de jaarverslagen Delfstoffen en aardwarmte van het ministerie van Economische Zaken (2003-2014).
- Gesprek met de directeur Frisia Zout BV, de heer D. van Tuinen op 17 augustus 2015 en de door hem beschikbaar gestelde informatie.
- Gebruik van regionale input-outputanalyse om de economische effecten van investeringen en productie als gevolg van zoutwinning onder de Waddenzee te bepalen.

Leeswijzer

Ik begin dit position paper met een beschouwing over de economische argumenten voor de voortzetting van de zoutwinning (paragraaf 4.3). Daarna ga ik in op specifieke bedrijfseconomische aspecten voor het bedrijf Frisia Zout (paragraaf 4.4). Vervolgens geef ik een toelichting op de methodiek van de economische effectanalyse, alsmede op de resultaten daarvan (paragraaf 4.5). De paragrafen 4.4 en 4.5 geven gezamenlijk een antwoord op de sociaal- economische aspecten en de regionale economische betekenis van de zoutwinning door Frisia Zout.

4.3 Waarom voortzetting zoutwinning in Noordwest-Fryslân?

Verschillende economische belangen

Voortzetting van de zoutwinning in Noordwest Fryslân dient verschillende belangen: levering van zuiver zout aan de industrie, werkgelegenheid in Friesland, en het toekomstperspectief van de Harlinger haven. In totaal moet de nieuwe winning circa 32 mln. zout gaan opleveren. De winningsperiode duurt minimaal 20 tot maximaal 40 jaar. Start van de zoutwinning onder de Waddenzee is voorzien voor 2018. Het gaat derhalve over de periode tot 2038-2058.

Op dit moment wint Frisia jaarlijks tot circa 1,2 mln. ton zout. Er worden in de Milieueffectrapportage (MER) die ten grondslag ligt aan het winningsplan Havenmond verschillende redenen genoemd die ervoor pleiten deze zoutwinning onder de Waddenzee voort te zetten, nu de landwinning langzamerhand wordt afgebouwd. Deze argumenten laat ik hier de revue passeren.

Zuiver zout voor de industrie

Frisia levert circa 80% van het gewonnen zout aan de chemische industrie. Het zout is zeer zuiver. Gebruik van dit hoogwaardige, zeer zuivere zout heeft als voordeel dat de chemische processen waarbij dit zout wordt benut weinig milieubelasting met zich meebrengen. Bij gebruik van minder hoogwaardig zout is er bijvoorbeeld meer energie in productieprocessen nodig, en komen er ook afvalstoffen vrij. Het zuivere zout dat Frisia levert is niet zonder meer verkrijgbaar bij andere leveranciers in de benodigde hoeveelheden. Indien Frisia geen zout meer zou leveren, ontstaat mogelijk schaarste. Dit dwingt de afnemers om over te schakelen op andere productieprocessen, met een hogere milieubelasting.

Werkgelegenheid

Bij Frisia zijn op dit moment circa 110 mensen in vaste dienst. Daarnaast verschaft Frisia volgens de MER

werkgelegenheid aan nog eens circa 135 mensen door direct aan de zoutwinning gekoppelde activiteiten: transportbedrijven, gespecialiseerde toeleveranciers, onderhoudsbedrijven en havendiensten. Als het niet mogelijk is zoutwinning in de directe nabijheid van de fabriek in Harlingen voort te zetten, is Frisia genoodzaakt haar activiteiten te staken. De banen gaan dan verloren. Overigens levert Frisia ook een bijdrage aan de regionale economie (inclusief werkgelegenheid) via samenwerkingsverbanden met andere regionale bedrijven en instellingen. Voorbeeld daarvan is de samenwerking met het afvalverwerkingsbedrijf OMRIN, met name de afname van warmte (stoom) voor het indampproces bij Frisia.

Haven Harlingen

In 2008 werd volgens de MER ruim 800.000 ton zout verladen en verscheppt in de haven van Harlingen. Daarbij zijn 148 binnenvaartschepen en 153 zeeschepen ingezet. Die ruim 800.000 ton was in 2008 een derde deel van de totale verlading in de haven. In redelijkheid kan worden aangenomen dat dit volume ook het minimale niveau vormt voor de verlading van zout in de haven, afkomstig uit de cavernes onder de Waddenzee. De havengelden die Frisia voor de zouttransporten afdraagt, zijn een belangrijke bron van inkomsten voor de Harlinger haven. Zou Frisia haar activiteiten niet voortzetten, dan zou dit derhalve voor de haven een forse aderlating betekenen.

Hoeveel per jaar? Hoeveel in totaal?

Frisia heeft in kaart gebracht hoe groot de vraag naar zout zal zijn in de komende periode. De minimale zoutvraag staat gelijk aan de hoeveelheid die ook nu al aan de afnemers wordt geleverd: 0,9 mln. ton per jaar. Omdat er in het winningsproces een verlies van rond de 10% optreedt, moet er in totaal jaarlijks minimaal 1,0 mln. ton zout gewonnen kunnen worden om aan de minimale vraag te voldoen. Naar verwachting zal de vraag naar zout toenemen. Dat komt onder meer doordat de overheid vanuit milieuoverwegingen de chemische industrie stimuleert tot het toepassen van bepaalde productieprocessen waarvoor alleen zeer zuiver zout gebruikt kan worden. Als leverancier van dergelijk zuiver zout houdt Frisia rekening met een groei van 20%. De maximale hoeveelheid te winnen zout komt daarmee uit op 1,56 mln. ton per jaar. In de vergunningen is rekening gehouden met een hoeveelheid van 1,35 mln. ton per jaar.

Naast de maximale hoeveelheid per jaar, is ook een maximum bepaald voor de totale hoeveelheid die gedurende de hele winningsperiode gewonnen moet kunnen worden: 32 mln. ton. Hoe snel dit plafond

bereikt is, hangt onder meer af van de marktontwikkelingen. De winningsperiode zal minimaal 20 jaar tot maximaal 40 jaar gaan duren.

4.4 Bedrijfseconomische aspecten

Achtergrond bedrijf

Frisia Zout (voorheen FRIMA), een zoutwinnings- en raffinagebedrijf, maakt onderdeel uit van het Duitse K+S AG (Kali und Salz), houdstermaatschappij van ESCO. ESCO is in 2002 opgezet als joint venture met Solvay, dat in 2006 uitstapte. Initiatiefnemer FRIMA was daarvoor alleen handelaar in zout. Voor de FRIMA periode werd jaarlijks een paar honderdduizend ton zout geïmporteerd uit Duitsland en Italië.

Het bedrijf bestaat inmiddels 20 jaar, sinds 2000 onder de naam Frisia Zout, na de overname door K+S. Ondanks het feit dat de zoutwinning bepalend is voor de vestigingsplaats, is het bedrijf ingeschreven onder de SBI-code 1084, 'Vervaardiging van specerijen, sauzen en kruiden; zoutraffinage'.

Delfstoffenwinning en verwerkende industrie komen hier dus op de locatie in Harlingen samen.

Oplosmijnbouw zoals Frisia die toepast levert een kwalitatief hogere zoutsoort (vacuümzout) dan steenzout zoals de overige delen van ESCO die produceert. Door overnames in het buitenland is het aandeel van Frisia Zout in de totale zoutproductie van de groep teruggelopen van 25 naar 4%. De groep is met een marktaandeel van 15% wel de grootste zoutleverancier ter wereld. De totale zoutproductie van K+S bedraagt 20 mln. ton zout, waarvan ESCO 6 mln. en daarbinnen Frisia Zout 1 mln. ton zout (800.000 eigen winning + 200.000 verwerking ESCO-zout).

Achtergrond transitie naar zoutwinning onder de Waddenzee

De bodemdaling op het vaste land was de afgelopen jaren sneller dan verwacht en voorspeld door producent en toezichthouder, maar wel binnen de grenzen van de vergunning. Vandaar dat behoefte ontstond aan transitie naar winning onder de Waddenzee. In 2006 (nieuw coalitieakkoord) werd nieuwe winning onder de Waddenzee voor de provincie acceptabel. Vervolgens luidde het verzoek van het ministerie van Economische Zaken (EZ) aan Frisia Zout: Maak een MER vooruitlopend op het winningsplan. De concessie is verleend na afronding van de MER.

De MER is in een open planproces met stakeholders (kwartaalbijeenkomsten over onderzoeksagenda en resultaten onderzoek) opgesteld. De Waddenvereniging heeft zich daaruit tussentijds teruggetrokken.

Frisia Zout had als initiatiefnemer voor de MER een voorkeursalternatief (VKA): 2/3 zee-, 1/3 landwinning, maar onder invloed van het ministerie EZ en de bestuurlijke omgeving is uiteindelijk (2010) gekozen voor uitvoering van het Meest Milieuvriendelijk Alternatief (MMA): 100% zeewinning met monitoring en 'hand aan de kraanprincipe', waarbij een gezamenlijke maximale gebruiksruimte voor bodemdaling met de gaswinning onder de Waddenzee is vastgesteld.

Bedrijfseconomische aspecten toekomstige aanpak zoutwinning

- **Voorziene startdatum** nieuwe zoutwinning onder de Waddenzee is 2018. Tot 2022 bestaat nog de mogelijkheid van landwinning. Daarna zijn de gebouwen, machines en installaties, als het gaat om de zoutwinning onder land, in principe volledig afgeschreven. Elk jaar wordt in principe ca. 4,5 mln. afgeschreven, wat heeft geleid tot een cumulatieve afschrijving van 72,3 mln. en een vervangingswaarde van 89,4 mln. (beide bedragen ultimo 2013). De afschrijving is verdeeld in drie categorieën en bedraagt resp. 0-5% (terreinen/gebouwen), 5-13% (machines en installaties) en 13% (overige bedrijfsmiddelen). In 2014 is aanvullend nog 10 mln. geïnvesteerd in pekelvoorziening.
- **Gewenst productieniveau:** 1,35 mln. ton zout. Deze verwerkingscapaciteit is de laatste jaren niet gehaald. Vanuit de zoutwinningsputten in Noordwest-Fryslân lag het productieniveau gemiddeld rond de 800.000 ton zout per jaar. In 2014 steeg dit tot ca. 1 mln. ton. Daarnaast werd 200.000 ton zout voor raffinage bij Frisia aangevoerd vanuit de groep (verwerking van steen- tot vacuümzout). Dit laatste kwam wel weer ten goede aan de Industriehaven en de scheepvaart (300.000 ton zout verlading). Door deze raffinage creëert Frisia lokaal toegevoegde waarde. Frisia levert dit hoogwaardig vacuümzout aan de voedingsindustrie en aan de chemie t.b.v. membraantechnologie/electrolyse. Door Frisia geleverd strooizout (lagere kwaliteit) is afkomstig van Duitse ESCO-collega's, slechts 2 à 3% van de productie wordt afgenomen door gemeenten en bouwmarkten.
- **Directe werkgelegenheid:** inmiddels 110 fte (vanaf 60 fte), waarvan 5 fte in de zoutwinning sec, de rest is werkzaam in de zoutverwerking (technische dienst, saline, verpakking en verlading, laboratorium en kantoor). Dat is op dit

moment wel het maximale verwachte niveau van werkgelegenheid, ook in de nieuwe situatie bij zoutwinning onder de Waddenzee. Als gevolg van zoutproductie is er daarnaast op dit moment 30/40 fte indirecte werkgelegenheid bij transportbedrijven, per as (toenemend) en schip. 10 arbeidskrachten worden ingehuurd voor een onderhoudsstop (vgl. chemie). Tenslotte worden 20 mensen via Empatec (WSW) in de haven ingehuurd voor het inpakken van zoutblokken. Gemiddeld salarisniveau per fte (2013) is 56.800 euro (ter vgl. in Friesland 53.600 en in Nederland 56.300 euro per fte in de industrie, beide bedragen prijsniveau 2012). Gezien de functies gaat het hier met name om personeel op MBO- en HBO-niveau (CBS beroepsniveau 2-3). Specifieke informatie over de geografische afkomst (woon-werkverkeer) van het personeel is door Frisia Zout niet verstrekt, maar in algemene zin komt volgens het CBS het merendeel van de werkzame personen in Harlingen uit de regio Noord-Friesland (woonachtig in Harlingen en afkomstig uit de buurgemeenten).

- **Verwachting investeringssom:** elke 8 jaar een boorput aanleggen, kost 15 à 20 mln. euro per put, gedurende 20-40 jaar voor 32 mln. ton zoutwinning (8 mln. ton zout per boorput).
- **Samenwerking** met OMRIN in reststof-energiecentrale (hoog energierendement), gezamenlijk gebruik koelwatersysteem, leidt tot aanzienlijke CO2 reductie in provincie Friesland.

Alternatieve zoutbronnen

Op dit moment is maximaal 5% van de grondstof voor zoutproductie uit Duitsland afkomstig. Vorig jaar werd de suggestie gewekt dat er een alternatieve bron voor zoutwinning bij Emden bestond door het gebruik van zoutcavernes voor ondergrondse gasopslag. Het uit die cavernes gewonnen zout zou dan bij Frisia Zout verwerkt kunnen worden en zoutwinning onder de Waddenzee onnodig maken. Hierop is o.m. als antwoord op vragen uit de Tweede Kamer als volgt gereageerd: Het gaat slechts om 6 cavernes, waarvan de concessie in 2018 afloopt en verlenging onzeker is. Het daar gewonnen zout is bovendien niet op voorhand geschikt (verschillende kwaliteiten zoutfracties) en de winning biedt geen continuïteit. De aanvoer van een vergelijkbare hoeveelheid zout per schip (1,35 mln. ton) zou een file schepen (30 tankers) betekenen met aanzienlijke milieueffecten (3x zwaarder) door brandstofgebruik en bijbehorende emissies waaronder

CO2 uitstoot, met een grotere milieu impact dan het MMA zoutwinning onder de Waddenzee. Bovendien zou het tot aanvullende investeringen moeten leiden in de kade-infrastructuur. Frisia Zout heeft aangegeven dat dit alternatief economisch niet rendabel gemaakt kan worden. Deze conclusie is bevestigd bij second opinion en overgenomen door de minister van Economische Zaken.

4.5 Methodiek en resultaten economische effectenanalyse

In deze paragraaf geef ik een toelichting op de gevolgde methodiek en de daaruit voortvloeiende resultaten van de economische effectenanalyse van de winning onder de Waddenzee en de daaruit voortvloeiende zoutproductie.

In mijn aanpak maak ik heel bewust een onderscheid tussen de economische effecten van de investeringen die zijn voorgesteld (1) en de structurele effecten van het gebruik van die investeringsprojecten tot uiting komend in omzet en werkgelegenheid (2). We maken daarbij gebruik van een zogenoemde regionale input-outputanalyse.

Investerings-effecten

Investerings-effecten leiden tot incidentele, d.w.z. eenmalige bestedingseffecten die voor een deel in de relevante regio neerslaan, deels door toeleveranties en spin-offs ook in andere gebieden merkbaar zijn. Wat houdt een dergelijke analyse in?

Input-output analyse is een van de oudste en bekendste instrumenten in de economie om economische structuren en effecten te beschrijven of te verklaren, zowel nationaal als regionaal, effectief en relatief eenvoudig. Wat maakt regionale input-output analyse zo effectief:

- Het meet eerst nationale effecten,
- Daarna vindt een regionale herverdeling plaats
- Het berekent 'klinkklare' euro's en eventueel daarna ook banen

Een ander interessant aspect: het vertelt wie het met wie doet: intermediaire leveringen, export, import, wie heeft ook pret! M.a.w. het gaat over relaties en transacties. Het geeft inzicht in productie en consumptie, en in (waarde)ketens. Het is een meter, geen stuur, maar het geeft wel inzicht in de effecten van sturing en beleid. Het biedt bovendien een gedegen basis voor het maken van business plannen.

Een voordeel van regionale input-outputanalyse is dat niet alleen de 1e orde- (bestedings)effecten in beeld

worden gebracht maar ook de zogenaamde voorwaartse (spin- off) en achterwaartse (toeleveranties) kwantitatief in beeld kunnen worden gebracht. De 1e orde-effecten bestaan uit directe effecten en multipliereffecten. Het gaat dus om de sectoren waar de effecten het eerst zullen neerslaan. Dat is in dit geval vooral de industrie en de delfstoffenwinning. Wij richten ons in dit deel van de analyse vooral op de effecten voor de werkgelegenheid en de toegevoegde waarde als gevolg van investeringen en de daarmee gepaard gaande omzetsijging.

Door deze investeringen wordt het mogelijk de zoutwinning gedurende 20 tot 40 jaar voort te zetten. En daardoor zijn additionele structurele bestedingen mogelijk die leiden tot werkgelegenheid en inkomensvorming waarvan het gebied langer plezier heeft. De investeringen zijn daarmee voorwaardenscheppend en gaan vooraf aan productie en consumptie.

In de jaren negentig is door de Rijksuniversiteit Groningen i.s.m. het CBS een biregionale input-output analyse gedaan die later is omgezet in een software-product, IRIOS genaamd. IRIOS bestaat uit een input-outputmodel à la de nationale tabel in de Nationale Rekeningen, maar dan biregionaal,

d.w.z. met regio x en Overig Nederland als de twee regio's. Daarbij is in dit geval de provincie Friesland de relevante regio, waarbij gekeken kan worden wat er binnen die regio gebeurt, maar ook met de rest van Nederland. De CBS-gegevens over de nationale en regionale productie, toegevoegde waarde, lonen, salarissen en sociale lasten, alsmede de werkgelegenheid per sector zijn door mij volledig geactualiseerd.

Resultaten investeringseffecten

De investeringen in de zoutwinning variëren in prijs tussen de 15 en 20 mln. per boorput (huidig prijsniveau). Er wordt om de acht jaar een nieuwe put geboord. Dat betekent dat vier putten voor een maximale zoutwinning van 32 mln. ton worden geboord, waarbij de gebruiksperiode naar gelang de marktvraag kan variëren tussen 20 en 40 jaar. Voor de zoutwinning is daarom een berekening gemaakt met twee investeringssommen, namelijk 60 en 80 mln. euro, zonder prijscorrectie omdat die gezien de grote onzekerheid over de snelheid van de winning tot schijnexactheid zou leiden.

Een investering van 60 mln. leidt tot de volgende resultaten qua toegevoegde waarde en werkgelegenheid:

Regio	Direct effect	
	Werkgelegenheid in arbeidsjaren	Toegevoegde waarde in mln. euro
Friesland	190	18

Regio	Multipliereffect	
	Werkgelegenheid in arbeidsjaren	Toegevoegde waarde in mln. euro
Friesland	47	4
Overig Nederland	69	6
Totaal	116	11

Bron: Rienstra/IRIOS

In totaal krijgt Friesland als gevolg van deze investeringen (ceteris paribus) een werkgelegenheidsimpuls van 238 arbeidsjaren, Overig Nederland van 69 arbeidsjaren. De toegevoegde waarde stijgt in Friesland met 22 mln. euro, in de rest van Nederland met 6 mln.

Het gaat hier om een incidenteel, eenmalig bestedingseffect, gekoppeld aan het boren van zoutputten. Een investering van 80 mln. leidt tot de volgende resultaten qua toegevoegde waarde en werkgelegenheid:

Regio	Direct effect	
	Werkgelegenheid in arbeidsjaren	Toegevoegde waarde in mln. euro
Friesland	254	24

Regio	Multipliereffect	
	Werkgelegenheid in arbeidsjaren	Toegevoegde waarde in mln. euro
Friesland	63	6
Overig Nederland	92	8
Totaal	155	14

Bron: Rienstra/IRIOS

In totaal gaat het bij een investeringsomvang van 80 mln. om een werkgelegenheidsimpuls van 317 arbeidsjaren in Friesland en 92 arbeidsjaren in Overig Nederland. De toegevoegde waarde stijgt dan met 29 mln. euro in Friesland, in de rest van Nederland met 8 mln.

Structurele economische effecten van gebruik investeringsprojecten

Een tweede berekening heeft betrekking op de omzetstijging als gevolg van de uitbreiding van de productie tot gemiddeld 1,35 mln. ton per jaar. In 2013 bedroeg de netto omzet 59,6 mln. euro. De vraag vanuit de chemische industrie bepaalt grotendeels de prijs per ton zout en de gerealiseerde omzet van het bedrijf. De netto omzet per ton gewonnen zout steeg tussen 2008 en 2013 van 5 tot bijna 9 eurocent. Daarbij moet aangetekend worden dat het laatst genoemde bedrag mede wordt bepaald door de verwerking van elders in ESCO-verband gewonnen zout. Het lijkt dan ook verstandig rekening te houden met een gemiddelde opbrengst van 6 à 7 cent per ton gewonnen zout, het

prijsniveau in de jaren 2009–2012. De netto omzet van het bedrijf zou daarmee kunnen groeien van ca. 60 tot 81 resp. 94,5 mln. euro vanaf 2018.

Als we vervolgens de omzetstijging als gevolg van de toegenomen zoutwinning en –verwerking vertalen in toegevoegde waarde en werkgelegenheid per jaar ontstaat het volgende beeld. Daarbij gaan wij van de verwachting uit dat de werkgelegenheid bij Frisia Zout zelf niet veel verder zal groeien omdat al rekening is gehouden met het gewenste productieniveau (+ 19 arbeidsjaren tussen 2013 en medio 2015) en de zoutwinning sec maar weinig extra werkgelegenheid oplevert. In de rest van de industrie en in de overige economische sectoren zal de omzet door toelevering en uitbesteding (voorwaartse en achterwaartse effecten) wel kunnen groeien.

Hierbij gaan wij wel van de veronderstelling uit dat de extra zoutproductie en de daaruit voortvloeiende omzetstijging bij Frisia niet ten koste gaat van de omzet van andere zoutaanbieders, maar het gevolg is van groei van de afzetmarkt zoals door Frisia Zout in de MER is voorzien, m.a.w. additioneel is.

Regio	Direct effect	
	Werkgelegenheid in arbeidsjaren	Toegevoegde waarde in mln. euro
Friesland	33-53 (-19 gerealiseerd)	3-5

Regio	Multipliereffect	
	Werkgelegenheid in arbeidsjaren	Toegevoegde waarde in mln. euro
Friesland	8-13	
Overig Nederland	12-19	2-3
Totaal	20-32	3-4

| Bron: Rienstra/IRIOS |

In totaal gaat het om een structureel jaarlijks effect van 41-67 arbeidsjaren in Friesland (-19 arbeidsjaren bij Frisia Zout al gerealiseerd), en in Overig Nederland van 12-19 arbeidsjaren. De toegevoegde waarde kan in Friesland structureel toenemen met 4-6 mln., in Overig Nederland met 1-2 mln.

BIBLIOGRAFIE

- Cleveringa, J. (2013). Monitoringsplan havenmond. Technical Report Arcadis rapport 074907501:A – Definitief, C01022.100263.0500, (opdrachtgever Frisia Zout BV).
- Cleveringa, J. and B. Grasmeyer (2010). Meegroeivermogen en de gebruiksruimte in de getijbekkens Vlie en Marsdiep Waddenzee. Technical report.
- Dam, G., M. Van der Wegen, J. Roelvink, R. Labbeur, and B. Blik (2015). Simulation of long-term morphodynamics of the Western Scheldt. In 36st IAHR congress, The Hague, Netherlands.
- De Swart, H. and J. Zimmerman (2009). Morphodynamics of tidal inlet systems. *Annual Review of Fluid Mechanics* 2009(41), 203–229.
- Duran-Matute, M. and T. Gerkema (2015, October). Calculating residual flows through a multiple-inlet system: the conundrum of the tidal period. *Ocean Dynamics* 65(11), 1461–1475.
- Eysink, W. D., N. Dankers, K. Dijkema, van Dobben, H.F., and de Vlas, J. (1995). Monitoring effects of bottom subsidence at the eastern part of the island Ameland: First evaluation after eight years of gas-drilling. Technical Report H841, Delft Hydraulics report.
- Fluit, C. C. J. M. and S. J. M. H. Hulscher (2002, March). Morphological response to a North Sea bed depression induced by gas mining. *Journal of Geophysical Research: Oceans* 107(C3), 8–1.
- Hartsuiker, G. (2010). MER studie Zoutwinning Waddenzee. Hydrodynamische effecten. Technical report.
- Kabat, P., C. M. J. Jacobs, R. W. A. Hutjes, W. Hazeleger, and M. Engelmoer (2009). Klimaatverandering en het Waddengebied. Number 2009-06. De Waddenacademie KNAW.
- Kater, B., J. Cleveringa, R. Snoek, and B. Grasmeyer (2010). Tijdelijke effecten van zoutwinning op de ecologische waarden in de Waddenzee. Technical report.
- Kirby, R. (2000, July). Practical implications of tidal flat shape. *Continental Shelf Research* 20(10–11), 1061–1077.
- Knaapen, M. A. F., S. J. M. H. Hulscher, H. J. de Vriend, and A. Stolk (2001, April). A new type of sea bed waves. *Geophysical Research Letters* 28(7), 1323–1326.
- Kragtwijk, N. G., T. J. Zitman, M. J. F. Stive, and Z. B. Wang (2004, May). Morphological response of tidal basins to human interventions. *Coastal Engineering* 51(3), 207–221.
- Oost, A. P., B. J. Ens, A. G. Brinkman, K. S. Dijkema, W. D. Eysink, and J. J. Beukema (1998). Integrale bodemdalingstudie Waddenzee. Technical report, Nederlandse Aardolie Maatschappij.
- Prooijen, B. C. and Z. B. Wang (2013, September). A 1d model for tides waves and fine sediment in short tidal basins—Application to the Wadden Sea. *Ocean Dynamics* 63(11–12), 1233–1248.
- Rakhorst, H.D. (2000). Ontwikkeling van de westelijke Waddenzee. Erosie en Sedimentatie westelijke Waddenzee en aangrenzende Noordzee, 1926/1933–1982. Technical Report Nota NHANV-2000-20., Directie Noord-Holland, Rijkswaterstaat.
- Ridderinkhof, W., H. E. d. Swart, M. v. d. Vegt, and P. Hoekstra (2014, August). Influence of the back-barrier basin length on the geometry of ebb-tidal deltas. *Ocean Dynamics* 64(9), 1333–1348.
- Roos, P. C. and S. J. M. H. Hulscher (2002, December). Formation of offshore tidal sand banks triggered by a gasmined bed subsidence. *Continental Shelf Research* 22(18–19), 2807–2818.
- Schuttelaars, H. M. and H. E. de Swart (2000, October). Multiple morphodynamic equilibria in tidal embayments. *Journal of Geophysical Research: Oceans* 105(C10), 24105–24118.
- Van Geer, P. F. C. (2007). Long-term morphological evolution of the Western Dutch Wadden Sea. Ph. D. thesis, TU Delft, Delft University of Technology.
- Van Goor, M. A., T. J. Zitman, Z. B. Wang, and M. J. F. Stive (2003, November). Impact of sea-level rise on the morphological equilibrium state of tidal inlets. *Marine Geology* 202(3–4), 211–227.
- Van Rijn, L. (2015). Bodemdaling door zoutwinning. Beoordeling eerder uitgevoerd onderzoek. (In opdracht van Waddenvereniging, Natuurmonumenten, Vogelbescherming). Technical report.
- Wang, Z. B., P. Hoekstra, H. Burchard, H. Ridderinkhof, H. E. De Swart, and M. J. F. Stive (2012, November). Morphodynamics of the Wadden Sea and its barrier island system. *Ocean & Coastal Management* 68, 39–57.

