



## 7 Maatschappelijk gebruik



Johan Krol<sup>1</sup>, Joop Marquenie, Pieter A. Slim<sup>2</sup>.

1 Natuurcentrum Ameland

2 Alterra





## Inhoudsopgave

|       |                                |     |
|-------|--------------------------------|-----|
| 7     | Maatschappelijk gebruik        | 483 |
| 7.1   | Inleiding                      | 486 |
| 7.2   | Opvolging auditadvies          | 486 |
| 7.2.1 | Kustmorfologie                 | 490 |
| 7.2.2 | Sedimentatie kwelder           | 491 |
| 7.2.3 | Dendrochronologie              | 492 |
| 7.2.4 | Kustbescherming                | 493 |
| 7.2.5 | Innovatieve vegetatiekartering | 494 |
| 7.2.6 | Dispersie biota                | 495 |
| 7.3   | Conclusies                     | 495 |
| 7.4   | Literatuur                     | 496 |



## 7.1 Inleiding

De bodemdaling op Ameland en in het aangrenzende zee- en waddengebied is een interessant fenomeen vanwege de vergelijkbaarheid van processen die optreden bij zeespiegelstijging. Het onderscheid tussen beide is met name een kwestie van schaal (beperkt bij bodemdaling zowel in ruimte als tijd) en snelheid (groter in het geval van de bodemdaling door gaswinning op Ameland). Bodemdaling is ook interessant vanwege de maatschappelijke discussie die gevoerd is en wordt rond het thema gaswinning. In het maatschappelijk debat rond gaswinning gaat de discussie vooral over mogelijke schade aan ecologische kwaliteiten en in het maatschappelijk debat over zeespiegelstijging vooral over overstromingsrisico en dijkverhoging.

Toen de NAM in 1994 haar verdere plannen openbaarde voor een aantal proefboringen in de Waddenzee ontstond een heftig maatschappelijk debat. Het debat voerde zover dat ook een aantal putten die reeds geboord waren vanaf de vaste wal niet in productie genomen mochten worden. Over de gasproductie en de bodemdaling op Ameland was geen discussie. De intensieve monitoring door wetenschappers, de begeleidingscommissie bestaande uit deskundigen van alle betrokken instanties en de openbare rapportages werden alom gerespecteerd en gewaardeerd.

Uit een analyse die door prof. J. Swart is uitgevoerd tijdens de eerste openbare audit in 2000 bleek echter ook dat de gedegen rapportages van de bodemdalingscommissie en de betrokken onderzoekers geen rol speelden in het maatschappelijk debat over gaswinning in het waddengebied. Het maatschappelijk debat leek zich autonoom te voltrekken met een frequentie in heftigheid van eens in de 10 jaar. Professor Swart concludeerde hieruit dat de rapportage van de monitoring wel grote waardering had bij de direct betrokken deskundigen en een kring van betrokkenen rond de vertegenwoordigers in de commissie, maar het grote publiek en een brede laag van beleidsvertegenwoordigers niet bereikte. Dat was een gemis, zowel vanwege de kennis met betrekking tot gevolgen van bodemdaling op natuurlijke processen als ook die van versnelde zeespiegelstijging. Hij adviseerde dan ook aanzienlijk meer te investeren in maatschappelijke verbreiding van de resultaten van het onderzoek.

## 7.2 Opvolging auditadvies

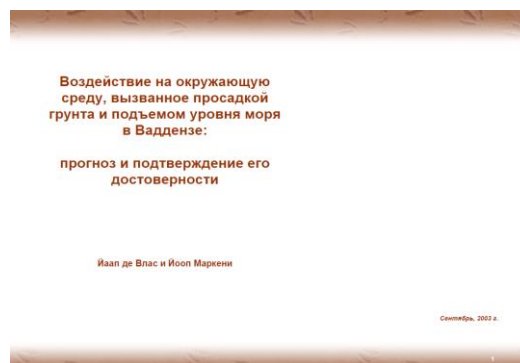
De commissie heeft op meerdere manieren gehoor gegeven aan dit advies. Hierna volgt een opsomming en korte beschrijving van de initiatieven die ontwikkeld zijn rond het monitoringsprogramma:

- 1) Activeren betrokkenheid van het kennisinstituut Natuurcentrum Ameland, op Ameland

Vanaf 2000 is het Natuurcentrum Ameland actief betrokken bij de monitoring en vervult een belangrijke rol in de coördinatie van het onderzoek op het eiland. De nadruk ligt op eiland eigen aspecten waaronder de sedimentatiemetingen op het wad, inundatieonderzoek in de duinvalleien, opnemen peilbuizen, inventarisatie van rode-lijst soorten planten, fotopanorama's, beweidingsonderzoek op het Neerlands Reid en aanvullende vogeltellingen. Hiermee is niet alleen een directe verbinding ontstaan met de Amelanders, maar ook met de talrijke bezoekers van het Natuurcentrum Ameland.

- 2) Internationalisering door samenstellen van een algemene samenvatting in de Engelse en Russische taal, alsmede het leveren van samenvattingen van de hoofdrapporten 2000 en 2005 in het Engels.

In 1999 werd door NAM een studie voltooid naar de cumulatieve effecten van bodemdaling door gaswinning in het gehele waddengebied. Deze studie werd geïntegreerd in de resultaten van de monitoring bodemdaling Ameland 1986-2000 in een handzaam boekje in de Engelse taal. Door de enthousiaste en vrijwillige inzet van 2 Russische studenten die Ameland bezochten tijdens de inmiddels opgestarte studieweekenden is een Russische vertaling tot stand gekomen. Doel was kennisoverdracht in relatie tot monitoring en bodemdaling in toendragebieden.



- 3) Openbaar en makkelijk toegankelijk maken van alle rapportages en plannen.



Er is daartoe een afspraak gemaakt met WaddenZee.nl (zie [http://www.waddenloket.nl/-Rapportage\\_2000.2259.0.html?&L=1](http://www.waddenloket.nl/-Rapportage_2000.2259.0.html?&L=1).) om als openbaar archief te fungeren voor rapporten en fotomateriaal met betrekking tot de Monitoring van de Bodemdaling Ameland.

De betreffende site opent met een illustratieve video die het proces van bodemdaling zichtbaar maakt. Op de site zijn onder meer te vinden het meerjarenmonitoringsplan 2010-2020, de rapporten van voor de gaswinning (1986), de monitoringsrapporten 1995, 2000, 2005 en 2011, alsmede de auditrapporten 2000 (Rijksuniversiteit Groningen), 2005 (idem) en 2011 (Waddenacademie). De site heeft ook een Engelstalige versie met de Engelse samenvattingen. De openbare reviews worden breed aangekondigd en zijn voor een breed publiek toegankelijk gemaakt.

#### 4) Verzorgen van lezingen en posterbijdragen.

Op het wetenschappelijk waddensymposium te Esbjerg (april 2005) zijn door verschillende onderzoekers van de bodemdaling posters gepresenteerd en lezingen verzorgd over delen van het onderzoek. Ook is een lezing verzorgd over het geheel, waarbij de monitoring in relatie werd gebracht met versnelde zeespiegelstijging en de meest kwetsbare delen van de natuur. Het werd ondermeer geconcludeerd dat laaggelegen duinvalleien het meest gevoelig zijn en dat daarvoor geen internationaal programma bestaat. In het volgend symposium, Wilhelmshaven (maart 2009) werd een poster gepresenteerd met het volledige overzicht van de monitoring en diverse wetenschappelijke lezingen die gezamenlijk een hele sessie vulden.

Ook in nationaal verband werden en worden lezingen gehouden over de uitkomsten en voortgang van de monitoring. Met enige regelmaat gebeurt dat op Ameland o.a. tijdens vergaderingen van de Beheersoverleggroep. Ook werden regelmatig bijdragen geleverd aan tijdschriften, waaronder het populairwetenschappelijk tijdschrift *De Levende Natuur*. Ook werden bijdragen geleverd aan de Ameland glossy met een breed artikel over de studieweekenden (zie onder). Dit tijdschrift wordt vooral gelezen door Amelanders en bezoekers aan Ameland.

#### 5) Vergroten betrokkenheid van studerenden door middel van ondersteuning van promovendi.

Er werden met financiële ondersteuning twee promovendi aangesteld door de Rijksuniversiteit Groningen naar aanleiding van de audit in 2005 waarbij het ontbreken van referentiegebieden en -procesbeschrijvingen in de monitoring van kwelders en duinen aan de orde gekomen is gekomen en als zwakte werd gekwalificeerd. In samenwerking met de Rijksuniversiteit Groningen is gezocht naar een wijze om hiervoor een passende oplossing te vinden. Fundamenteel onderzoek leek hiervoor de aangewezen weg. Door het onderzoek niet uit te voeren als een nauw omschreven opdracht maar in wetenschappelijke vrijheid en tevens jonge mensen een kans te bieden zich te verbreden en te verdiepen werd een invulling gegeven aan een stukje maatschappelijke verantwoordelijkheid en de behoefte de gesignaleerde leemte in kennis te vullen. Bikila Dullo (afkomstig uit Somalië) heeft zich gebogen over de processen die kenmerkend zijn voor het vernatten van duinvalleien en is na de succesvolle afronding van zijn promotie teruggekeerd naar Somalië om zijn kennis daar in praktijk te brengen. Elske Koppenaal heeft zich gericht op de opslibbing van de kwelders van Ameland in vergelijking tot de kwelders van Schiermonnikoog waar geen bodemdaling waarneembaar is. Zij werkt momenteel aan de afronding van haar publicaties.

#### 6) De introductie van studenten studieweekenden, zowel voor Nederlands academisch en hoger onderwijs als voor buitenlandse studenten.

Sinds 2000 wordt studenten de mogelijkheid geboden tot een studie weekend op Ameland. Vanaf de start tot op heden gaat om 6-10 groepen per jaar van gemiddeld 20 studerenden per groep (ruim 3000 studenten). In de beginjaren stond met name het maatschappelijk debat centraal met veel gastsprekers uit de milieubeweging. In de loop van de jaren nam het maatschappelijk debat met studerenden over de mogelijk negatieve gevolgen van gaswinning af en maakte plaats voor vragen over versnelde zeespiegelstijging. De verschuiving in de aandacht van deelnemende studenten was een belangrijke reden het programma langzaam bij te stellen. Immers, de bodemdalingssnelheid over de afgelopen 30 jaar met daarbij de huidige zeespiegelstijging komt neer op een relatieve zeespiegelstijging van circa 140 cm per eeuw en komt daarmee redelijk overeen met toekomstige scenario's voor zeespiegelstijging aan het einde van deze eeuw. Bovendien neemt de bodemdalingssnelheid langzaam maar steeds verder





af (momenteel circa 5 mm per jaar) en de snelheid van stijging van de zeespiegel langzaam toe. Momenteel nemen de hoogwaters in de Waddenzee bij Ameland bijvoorbeeld toe met 2,4 mm per jaar.

Het plaatsen van de uitkomsten van het onderzoek in de context van zeespiegelstijging is daarom een belangrijk facet geworden van de studieweekenden. Bodemdaling in niet omdijkte gebieden kan beschouwd worden als een relatieve zeespiegelstijging. In de eerste 20 jaar van de monitoring was de bodemdalingssnelheid relatief hoog. Gedurende enkele jaren is de bodemdalingssnelheid hoger geweest dan de gemiddelde zeespiegelsnelheid in het meest ongunstige scenario (resp. 15 mm/j en 12 mm/j). De bodemdaling op Ameland kan dan ook gezien worden als een heel groot experiment met als onderzoeksvraag: hoe reageren de wadden, kwelders en duinen als de zeespiegel plotseling snel gaat stijgen?

Dit heeft onder meer geleid tot de oprichting van de Young Professional Coastal Community ([ypcc.eu/](http://ypcc.eu/)) in 2011 met steun van de Coastal & Marine Union (EUCC). Dit is een uiterst concreet resultaat van het betrekken van jongeren bij de resultaten van de monitoring van de bodemdaling in de context van zeespiegelstijging en hun eigen toekomst. De website bevat belangrijk meer informatie over de studieweekenden op Ameland en hoe jongeren kunnen deelnemen.

Het huidige programma omvat een mix van lezingen en excursies en het programma wordt op de groep afgestemd. Zo is er voor een groep die Geologie studeert veel aandacht voor geologie en vaak ook specifiek van het Ameland veld waaruit de NAM gas wint. Maar als een soort standaard zit er ook een introductielesing over aardgas en gaswinning, een voordracht over de monitoring en de resultaten, een laagwaterexcursie op het wad, een bezoek aan het Natuurcentrum Ameland en een dagexcursie per fiets naar de AME-1 locatie in de duinen in het programma. Studenten zijn afkomstig van diverse universiteiten en hogescholen en van verschillende opleidingen. Het programma wordt gesponsord door de NAM en uitgevoerd door 2 vaste medewerkers, 1 van de NAM en 1 van het Natuurcentrum. In deze jaren is specifiek een aantal keren samengewerkt met universitaire opleidingen die zich richten op buitenlandse studenten en stafmedewerkers. Met name kan genoemd worden de samenwerking met de Universiteit van Amsterdam (mastercursussen EPCem, vooral gericht op Oost-Europese studenten) en met het Centre for Development and Innovation te Wageningen (cursus Stakeholder Participation en Analysis). Deze laatste richt zich vooral op studenten en leidinggevenden uit Azië en Afrika.



*Figuur 7.1 Studenten maken kennis met de kwelder Neerlands Reid en krijgen bruikbare informatie aangereikt over deze ecosystemen en hun relatie met bodemdaling en zeespiegelstijging. En oefenen met het verzamelen van abiotische en biotische data in het veld. Groep: Hogeschool van Hall/Larenstein. Foto: J. Krol, 19-4-2015.*



#### 7) Organisatie van cursussen in relatie tot monitoring.

Sinds 2007 is een samenwerking aangegaan met het Van Hall instituut te Leeuwarden, waarbij het veldwerk voor de cursus Milieukunde (HMK23) voor deeltijdstudenten op Ameland wordt gegeven. Hierbij wordt uitvoerig onderzoek verricht in het bodemdalingsgebied onder deskundige leiding. De rapporten zijn eveneens openbaar en tot nut van de onderzoekers die de monitoring verrichten en te verkrijgen via de cursus coördinator Gerrie Koopman van het van Hall instituut.

#### 8) Samenwerking tussen Wageningen Environmental Research (Alterra) en de Wageningen Universiteit.

Alterra ziet hierbij de overdracht en publicatie van bij het bodemdalingsonderzoek verworven kennis, kunde en data als een wetenschappelijke en maatschappelijke opdracht.

De door Wageningen Environmental Research (Alterra) uitgevoerde monitoring van de effecten van bodemdaling op Ameland, maakt het mogelijk om in het kader van een Publiek-Private Samenwerking ('PPS') ook aanvullend, kustgerelateerd innovatief (bv. methodeontwikkeling) en verdiepend onderzoek uit te voeren in relatie tot bodemdaling, klimaatverandering (zeespiegelstijging) en kustbescherming.

De relatie van Alterra en Wageningen Universiteit faciliteert bovendien Nederlandse en buitenlandse (Polen, Oekraïne, Iran, België) HBO-, BSc- en MSc-studenten en onderzoekers om een onderdeel van hun studie, stage of onderzoek in te bedden in of aan te laten sluiten op het reguliere monitoringsonderzoek op Ameland. Op deze wijze wordt met kennisoverdracht en -ontwikkeling hun wetenschappelijke opleiding voltooid en hun onderzoek verbreed, maar wordt ook inhoudelijke meerwaarde gecreëerd. Ook bezoekers van Gazprom (Komi-republiek) en van energiemaatschappij TAQA namen kennis van het monitoringsprogramma.



Figuur 7.2 Veldbezoek van de ecooloog I.I. Moysiienko, Universiteit van Kherson, Oekraïne. Foto: P.A. Slim, 2-9-2006.



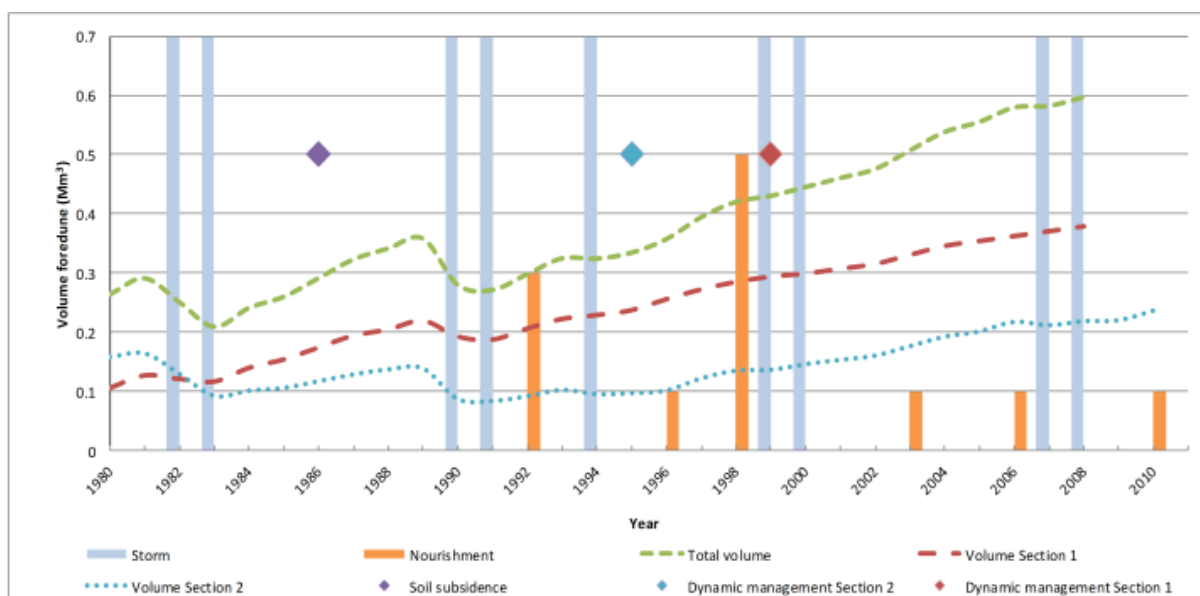
Tenslotte kan niet genoeg het maatschappelijke en wetenschappelijke (internationale) belang worden benadrukt van Oost-Ameland als uniek model ter bestudering van de effecten van zeespiegelstijging als gevolg van klimaatverandering. Immers, de door gaswinning veroorzaakte bodemdaling heeft in betrekkelijk korte tijd een relatieve zeespiegelstijging tot gevolg die vergelijkbaar is met toekomstige (versnelde) zeespiegelstijging (KNMI, 2015).

Voorbeeld is de publicatie in *Climatic Change* over de vegetatieveranderingen in plots verspreid over de gehele bodemdalingsschotel. Daarin konden de veranderingen worden uiteengehaald in een viertal componenten: schommelingen in netto neerslag, schommelingen in incidentele overvloeden ('events'), een monotone trend veroorzaakt door bodemdaling, en een monotone trend waarschijnlijk veroorzaakt door eutrofiëring (Van Dobben & Slim, 2012).

Resultaten worden niet alleen in internationale wetenschappelijke, peer gereviewde tijdschriften gepubliceerd, maar ook in Nederlandstalige populairwetenschappelijke tijdschriften. Hierna volgen enkele voorbeelden van de extra resultaten van het reguliere monitoringsprogramma.

## 7.2.1 Kustmorfologie

Over de morfologische ontwikkeling van de zeereep op Oost-Ameland is in de vorige rapportage over de monitoring reeds gerapporteerd door De Jong et al. (2011). Het ingevoerde dynamische kustbeheer deed geen afbreuk aan de kustveiligheid. De gestage groei van de zeereep kreeg zo nu en dan een terugslag door erosieve stormen ('events'), maar zette daarna door. Ook de 'washover' uit 1994 herstelde zich geheel (De Jong et al., 2014). Het stoppen van onderhoud aan de zeereep heeft hier niet geleid tot aantasting van de zeereep, het tegendeel bleek het geval.



Figuur 7.3 Volumeverandering van de zeereep op Oost-Ameland in de periode 1980-2010.

Zo is ook met medewerking van de leerstoelgroep 'Soil Physics and Land Management Group' het effect bestudeerd van de door It Fryske Gea in 2011 in de zeereep van Oost-Ameland aangebrachte kerven op de doorstuiving van kalkrijk zand naar het achterland, naar de daar aanwezige duinvalleien. Vergeleken met een zeereep zonder kerf gaf de zeereep met een kerf een hogere depositie en ophoping van instuivend zand achter het duin te zien, maar was dit beperkt tot 50-60 m vanaf de duintop. Verderaf was het effect van de kerven verwaarloosbaar. Het effect op de vegetatie van de 'Grijze duinen' was beperkt tot de eerste ca. 35 m. De kerven hadden meer effect op de 'Witte duinen' (Riksen et al., 2016). Studie naar het effect op de vegetatie zelf, is nog gaande.





Figuur 7.4. Ligging van in 2011 aangebrachte kerven in de zeereep op Oost-Ameland (zwarte markering) en zandvanginstallaties (rode markering) om doorstuiving van zand te meten.

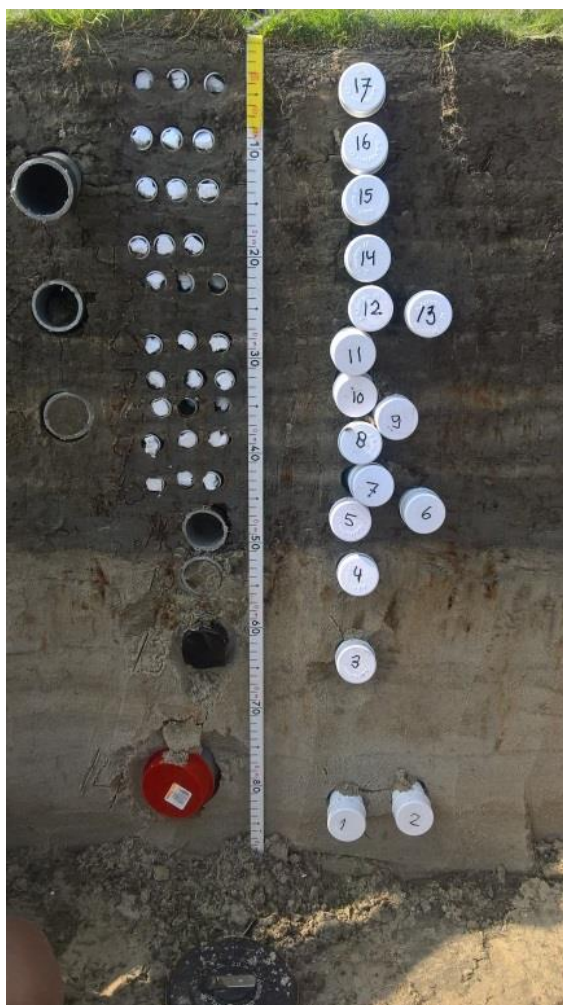
Naar aanleiding van opmerkingen over de ontwikkeling van de kustlijn op Oost-Ameland tijdens de audit van 2011 van het monitoringsprogramma ([http://waddenzee.nl/fileadmin/content/Dossiers/Energie/pdf/-Rapport\\_audit\\_bodemdaling\\_Ameland.pdf](http://waddenzee.nl/fileadmin/content/Dossiers/Energie/pdf/-Rapport_audit_bodemdaling_Ameland.pdf)), is onderzoek uitgevoerd en wordt een wetenschappelijk artikel voorbereid over de dynamiek van de onderwateroever van de Amelandse Noordzeekust. Ondertussen is ook een Poolse MSc-studente onder leiding van het 'Laboratory of Geo-information Science and Remote Sensing' bezig de dynamiek van de onderwateroever te modelleren ten behoeve van trendanalyses voor Ameland en aangrenzende Waddeneilanden.

### 7.2.2 Sedimentatie kwelder

Met OSL (Optically stimulated luminescence) en  $^{137}\text{Cs}$  (1986 kernramp van Tsjernobyl) wordt onder leiding van prof.dr. J. Wallinga ('Soil Geography and Landscape Group' & Nederlands Centrum voor Luminescentiedatering) MSc-onderzoek gedaan aan de datering van de sedimentatie op de kwelder van het Neerlands Reid voor en na 1986 en dus voor en na de start van de door bodemdaling versnelde zeespiegelstijging (monsters links op de foto; zie ook Mantel et al., 2016; Noordhoff, 2016). Vooralsnog kon geen snellere opslibbing bij versnelde zeespiegelstijging worden vastgesteld.

Daarnaast (monsters rechts op de foto) zal uit dezelfde afzettingen ancient-DNA worden geanalyseerd teneinde informatie te kunnen achterhalen over de sequentie van de vroegere kweldervegetaties. Mogelijk kan ook dierlijk ancient-DNA worden vastgesteld.

De scherpe scheiding onderin het profiel tussen de oude strandvlakte en de bovenliggende kwelderafzettingen is op ca. 1890 gedateerd; het moment waarbij na voltooiing van de Kooioerdstuifdijk, Neerlands Reid ontstond. Het zand onderin het profiel van de voormalige strandvlakte dateert uit begin 16<sup>e</sup> eeuw.



Figuur 7.5. Kreekrand van de Oerdsloot met bemonstering ten behoeve van datering van de sedimenten. Foto: P.A. Slim, 26-8-2016.

### 7.2.3 Dendrochronologie

In het oostelijke deel van het bodemdalingsgebied komen omvangrijke door duindoorn (*Hippophae rhamnoides*) gedomineerde struwelen voor, die een EU beschermd Habitatype vormen (H2160). Onder leiding van dr. U.G.W. Sass-Klaassen (Forest Ecology and Forest Management Group) is een MSc-onderzoek uitgevoerd naar de populatiedynamiek van duindoorn als indicator voor het effect van bodemdaling door gaswinning en van toekomstige zeespiegelstijging door klimaatverandering. Hiervoor wordt jaarringonderzoek (dendrochronologie) aan duindoorn gecombineerd met luchtfotoanalyses van het gebied (Van den Dool, 2016).

De populatiedynamiek van duindoorn op Oost-Ameland wordt bepaald door successie van het duingebied op landschapsschaal en door milieuveranderingen in de tijd zoals bodemdaling en toekomstige klimaatverandering. Op laaggelegen locaties zal duindoorn afnemen, terwijl de ontwikkeling op hoger gelegen locaties zal worden bevorderd, mogelijk in het meer kalkrijke habitat van de 'Grijze duinen' (H2130).

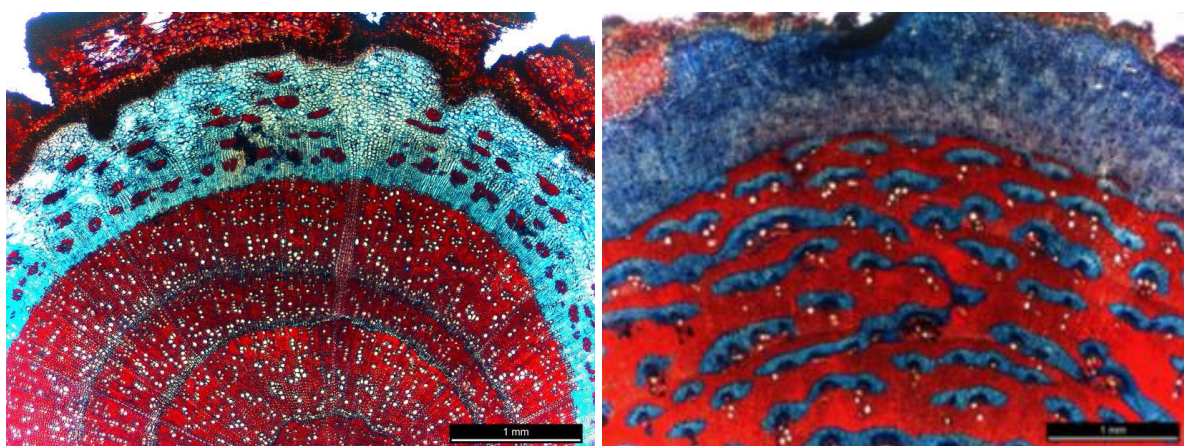
Wat is de reactie van de vegetatieve uitbreiding en de clustervorming van duindoorn op stressfactoren zoals plagen van de rupsen van de bastaardsatijnvlinder en kan als gevolg van herbivorie de tolerantie van duindoorn voor periodieke overstroming met zeewater verminderen?





Figuur 7.6. Jaarringen in stamschijf van duindoorn, Vlieland. Foto: M. Decuyper, 9-2013.

In het oosten van het Neerlands Reid is de toegenomen dominantie van zeealsem (*Artemisia maritima*) wel toegeschreven aan de bodemdaling. Omdat een aantal van onze kwelderplanten houtig zijn, kan met jaarringonderzoek de populatieopbouw worden bepaald van zeealsem op Neerlands Reid en van gewone zoutmelde (*Atriplex portulacoides*) op Stryp (Terschelling), beide onder begraasde en onbegraasde omstandigheden (Decuyper et al., 2014). Gevonden werden leeftijden tot 8 jaar (Ameland) en 15 jaar (Terschelling). Terwijl bij de zoutmelde een begrazingseffect op de leeftijd werd gezien, was dit bij de zeealsem niet het geval (hoewel wel begraasd).



Figuur 7.7 Jaarringen van zeealsem (links, Neerlands Reid) en gewone zoutmelde (rechts, Stryp). Foto's: M. Decuyper, 6-12-2012.

## 7.2.4 Kustbescherming

Op Ameland (Neerlands Reid) en Terschelling (Grië) zijn in 1998-1999 respectievelijk 1991 maatregelen genomen om de afslag van de kwelder te verminderen of tegen te gaan; bij het Neerlands Reid mede



betaald door de NAM. Beide gebieden zijn een casus voor respectievelijk een versnelde zeespiegelstijging (door bodemdaling) en de 'normale' zeespiegelstijging. Doordat de effectiviteit van deze maatregelen is nagegaan, is vastgesteld dat stenen dammen een effectief middel kunnen zijn voor het tegengaan van kweldererosie en voor het herstel van verloren gegane kweldervegetatie als gevolg van zeespiegelstijging door klimaatverandering (Van Loon-Steensma & Slim, 2013).



Figuur 7.8 Kweldererosie (links) en herstel kweldervegetatie na maatregel tegen kustafslag (rechts), beide op Neerlands Reid. Foto's: J.M. van Loon-Steensma, 1-9-2011.

Vegetatieonderzoek aan herstelde kweldervegetatie achter de erosiebeperkende maatregelen op Ameland en Terschelling leverde aan 'natuurlijke' kweldervegetaties gelijkwaardige vegetaties en habitattypen op (Van Loon-Steensma et al., 2015).

De resultaten van het onderzoek aan kwelderherstel maakten deel uit van een academische promotie bij de leerstoelgroep 'Water Systems and Global Change' (Van Loon-Steensma, 2014).

### 7.2.5 Innovatieve vegetatiekartering

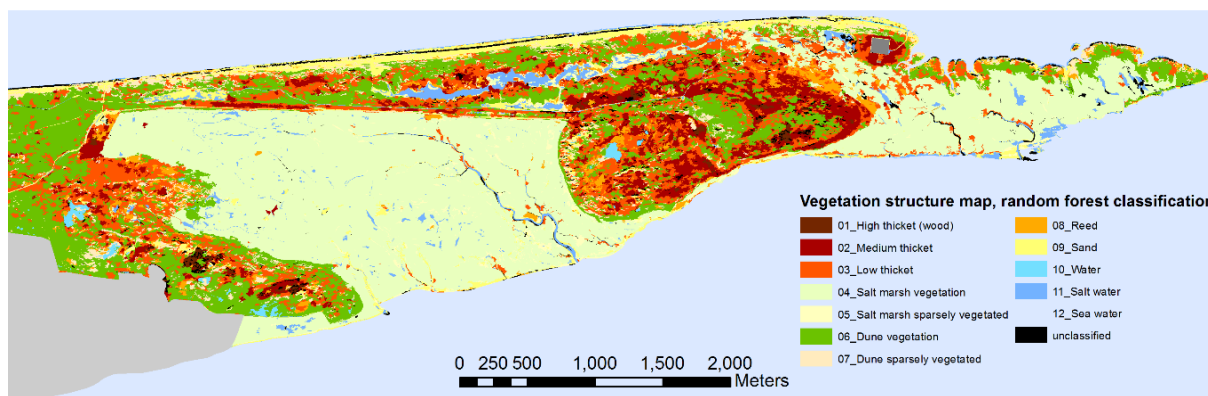
Ten behoeve van de reguliere monitoring is voor de vegetatiekartering van (lokale) vegetatietypen en later EU Habitattypen van de duinen en duinvaleien in het centrum van de bodemdalingsschotel vanaf 2001 een innovatieve karteringsmethode ontwikkeld. De resultaten hiervan zijn in hoofdstuk 4 uitgebreid besproken.

De wetenschappelijke verantwoording van de ontwikkelde methoden en analyses zijn door Brus et al. (2014, 2016) in het kader van de PPS gepubliceerd.

Het gebruik van alternatieve (semi-)automatische kartering van de vegetatiestructuur met behulp van remote sensing beeldmateriaal (satelliet, vliegtuig) komt in toenemende mate tegen aanvaardbare kosten beschikbaar. Daarom zijn met gebruik van luchtfoto's en LiDAR twee 'object-based' classificatiemethoden ('Rule-Based' en 'Random Forest') vergeleken voor de kartering van de vegetatiestructuur van Oost-Ameland. Beide methoden leverden goede resultaten op, waarvan 'Random Forest' met een 'overall accuracy' van 86% het beste scoorde.

Dergelijke karteringen lijken effectief voor monitoring van veranderingen in de vegetatiestructuur als gevolg van bijvoorbeeld verstruweling en verruiging door vegetatiesuccessie en eutrofiëring als gevolg van stikstofdepositie. Een artikel over beide classificatiemethoden is onlangs afgerond en ingediend bij een wetenschappelijk tijdschrift.





Figuur 7.9 'Random Forest' classificatie van de vegetatiestructuur van Oost-Ameland met behulp van luchtfoto's en LiDAR-data uit 2008, en veldwerk in 2014. H. Kramer en M.R. Najafabadi, 2016.

## 7.2.6 Dispersie biota

Door middel van sporen, pollen en zaden kunnen sommige planten, schimmels en andere organismen hun genetisch materiaal over grote afstanden verspreiden. Maar hoe ver ze komen, hoe vaak, en hoe dit verschilt tussen soorten, is onzeker. Vanwege hun kleine formaat en lage dichtheden in de atmosfeer zijn deze diasporen immers vrijwel niet te volgen. Toch is een beter antwoord op deze vragen belangrijk. Bijvoorbeeld voor natuurontwikkeling zoals op Ameland (afplaggen in 2005 en 2015).

Ook al voldoet een nieuw terrein aan alle eisen, in de praktijk weet maar een beperkt aantal plantensoorten zich te vestigen. Is onze natuur te versnipperd geraakt om de oversteek te maken? Meer kennis, ook over de verspreiding van schimmelsporen, helpt bijvoorbeeld bij het inschatten van het besmettingsgevaar van 'airborne' plant- en dierziekten.

Op de gebouwen van Alterra is proefgedraaid met 'sporenvangers' om deze vragen te beantwoorden. Bij de analyse van de 'oogst', in samenwerking met NIOO-KNAW, leverde dat met DNA metabarcoding bijzondere resultaten op (De Groot et al., 2016). In 2016 is op Oost-Ameland op twee locaties de lucht bemonsterd. In de loop van 2017 worden de analyses van dit aerobiologisch onderzoek uitgevoerd en worden de eerste resultaten verwacht.



Figuur 7.10 Principeschema en installeren van een 'sporenvanger' op het Oerd. Foto: P.A. Slim, 13-6-2016.

## 7.3 Conclusies

De auditaanbeveling van professor Swart in 2000 heeft een groot gevolg gehad voor de Ameland monitoring. Het advies heeft niet alleen geleid tot een groot aantal nieuwe activiteiten, maar ook de aanpak van en het denken over communicatie en omgang met de samenleving verlevendigd. Of dit ook op beleidsniveau heeft geleid tot een nieuw maatschappelijk debat over gaswinning, gestoeld op relevante kennis, kan niet zondermeer worden gesteld. Zeker is wel dat duizenden studenten uit binnen- en buitenland enthousiast en inhoudelijk betrokken zijn geraakt bij de menselijke activiteiten en de monitoring in het waddengebied en het gebied zelf.



## 7.4 Literatuur

- Brus, D.J., P.A. Slim, A.H. Heidema & H.F. van Dobben 2014. Trend monitoring of the areal extent of habitats in a subsiding coastal area. *Ecological Indicators* 45: 313–319  
<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1470160X1400137X>.
- Brus, D.J., P.A. Slim, G. Gort, A.H. Heidema & H. van Dobben 2016. Monitoring habitat types by the mixed multinomial logit model using panel data. *Ecological Indicators* 67: 108–116  
<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1470160X16300644>.
- Decuyper, M., P.A. Slim & J.M. van Loon-Steensma 2014. Dendrochronology of *Atriplex portulacoides* and *Artemisia maritima* in Wadden Sea salt marshes. *Journal of Coastal Conservation* 18 (3): 279–284, <http://link.springer.com/article/10.1007%2Fs11852-014-0317-0>.
- De Groot, G.A., S. Geisen, E.R.J. Wubs, I. Laros, L. Meulenbroek, A.T. Kuiters, P.A. Slim 2016. Weather-dependent community shifts in the aerobiome: measuring airborne dispersal of plants, mesofauna and microbes simultaneously via DNA metabarcoding. Annual meeting of British Ecological Society (BES), Liverpool, 2016-12-11/2016-12-14, <http://library.wur.nl/WebQuery/wurpubs/511509>.
- De Jong, B., P.A. Slim & J. Krol 2011. 2.6 Morfologische ontwikkeling van de zeereep op Oost-Ameland; Onderzoek naar de bijdrage van kustbeheer op het gedrag van de zeereep: 81–124. In: Monitoring effecten van bodemdaling op Ameland-Oost; evaluatie na 23 jaar gaswinning. Deel 1. Begeleidingscommissie Monitoring Bodemdaling Ameland, [Assen], [http://waddenzee.nl/fileadmin/content/Bodemdaling/2011/pdf/Rapport\\_Deel\\_1\\_morfologie.pdf](http://waddenzee.nl/fileadmin/content/Bodemdaling/2011/pdf/Rapport_Deel_1_morfologie.pdf).
- De Jong, B., J.G.S. Keijsers, M.J.P.M. Riksen, J. Krol & P.A. Slim 2014. Soft Engineering vs. a Dynamic Approach; A Case Study on The North Sea Barrier Island of Ameland, The Netherlands. *Journal of Coastal Research* 30 (4): 670–684, <http://www.jcronline.org/doi/abs/10.2112/JCOASTRES-D-13-00125.1>.
- KNMI 2015. KNMI'14-klimaatscenario's voor Nederland; Leidraad voor professionals in klimaatadaptatie. KNMI, De Bilt. 34 pp.
- Mantel, S., P.A. Slim & J. Krol 2016. Vlakvaaggrond: Ameland, Neerlands Reid in wording. 'Kwelder als buffer bij zeespiegelstijging'. <http://library.wur.nl/WebQuery/wurpubs/fulltext/366733>.
- Noordhoff, I. 2016. Modderig museumstuk. *Noorderbreedte* 40 (1): 38–41, <http://edepot.wur.nl/404216>.
- Riksen, M.J.P.M., D. Goossens, H.P.J. Huiskes, J. Krol & P.A. Slim 2016. Constructing notches in foredunes: Effect on sediment dynamics in the dune hinterland. *Geomorphology* 253 (340–352), <http://dx.doi.org/10.1016/j.geomorph.2015.10.021>.
- Van den Dool, R. 2016. Population dynamics of the shrub Sea-buckthorn on eastern Ameland, the Netherlands, as indicator of the impact of gas extraction and future climate change. MSc thesis Wageningen University. 51 p.
- Van Dobben, H.F. & P.A. Slim 2012. Past and future plant diversity of a coastal wetland driven by soil subsidence and climate change. *Climatic Change* 110 (3): 597–618, <http://www.springerlink.com/content/v5062839w7un6314/>.
- Van Loon-Steensma, J.M. 2014. Salt marshes for flood protection: long-term adaptation by combining functions in flood defences. PhD thesis Wageningen University, Wageningen. 200 pp., <http://edepot.wur.nl/316905>.
- Van Loon-Steensma, J.M., H.F. van Dobben, P.A. Slim, H.P.J. Huiskes & G.M. Dirkse 2015. Does vegetation in restored salt marshes equal naturally developed vegetation? *Applied Vegetation Science* 18 (4): 674–682, <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/avsc.12182/epdf>.
- Van Loon-Steensma, J.M. & P.A. Slim 2013. The Impact of Erosion Protection by Stone Dams on Salt-Marsh Vegetation on Two Wadden Sea Barrier Islands. *Journal of Coastal Research* 29 (4): 783–796, <http://www.jcronline.org/doi/abs/10.2112/JCOASTRES-D-12-00123.1>.