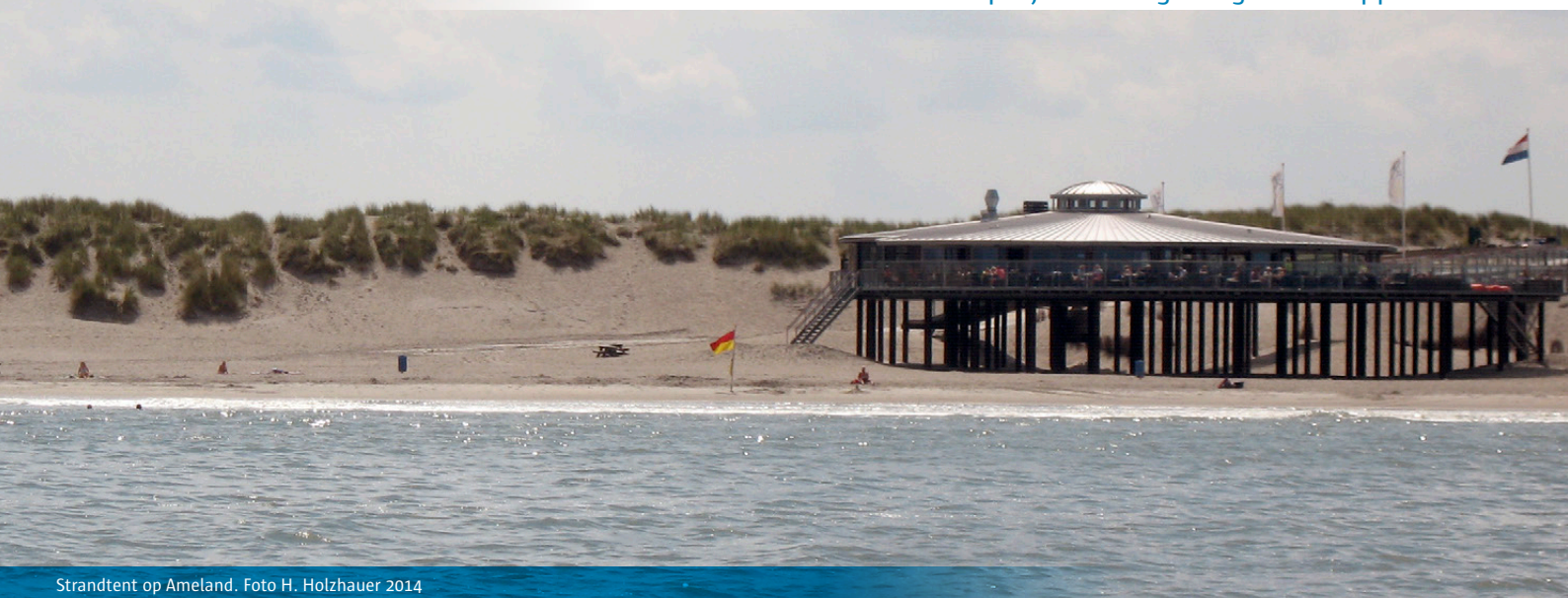


Vooroever

Onderdeel van het project Ecologisch gericht suppleren



Strandtent op Ameland. Foto H. Holzhauser 2014

Sinds 1990 vormen zandsuppleties een essentiële onderhoudsmaatregel voor het in stand houden van onze kust. Het doel van zandsuppleties is de structurele erosie van de kustlijn tegen te gaan en zo de veiligheid van Nederland te garanderen. Daar waar nodig wordt zand toegevoegd aan het strand en de vooroever. In totaal wordt jaarlijks circa 12 miljoen kubieke meter zand op de kust gesuppleerd. Op deze wijze wordt de Basiskustlijn (BKL) in stand gehouden, gebruik makend van de natuurlijke processen en met behoud van het zandige karakter van de Nederlandse kust.

Over de effectiviteit van zandsuppleties als onderhoudsmaatregel is inmiddels veel kennis opgedaan. Over de effecten van zandsuppleties voor het ecosysteem is echter veel minder bekend. Een groot deel van de zandsuppleties vindt plaats in of nabij beschermde natuurgebieden. Rijkswaterstaat voert daarom in samenwerking met de Waddenvereniging, Stichting Duinbehoud, Stichting de Noordzee en Vogelbescherming Nederland onderzoek uit naar de mogelijke effecten van suppleren op het kustecosysteem.

Voor de periode van 2009 tot en met 2015 is het onderzoek in opdracht van Rijkswaterstaat uitgevoerd door Deltares in het kader van het programma Kennis voor Primaire Processen voor Beheer en Onderhoud Kust in het deelproject Ecologisch gericht suppleren.

De doelstelling van dit programma is het verkrijgen van meer inzicht of, en in welke mate, zandsuppleties van invloed zijn op natuurwaarden van de kust en op welke wijze zandsuppleties in de nabije toekomst kunnen bijdragen aan de opgaven van veiligheid met behoud én ontwikkeling van de natuur.

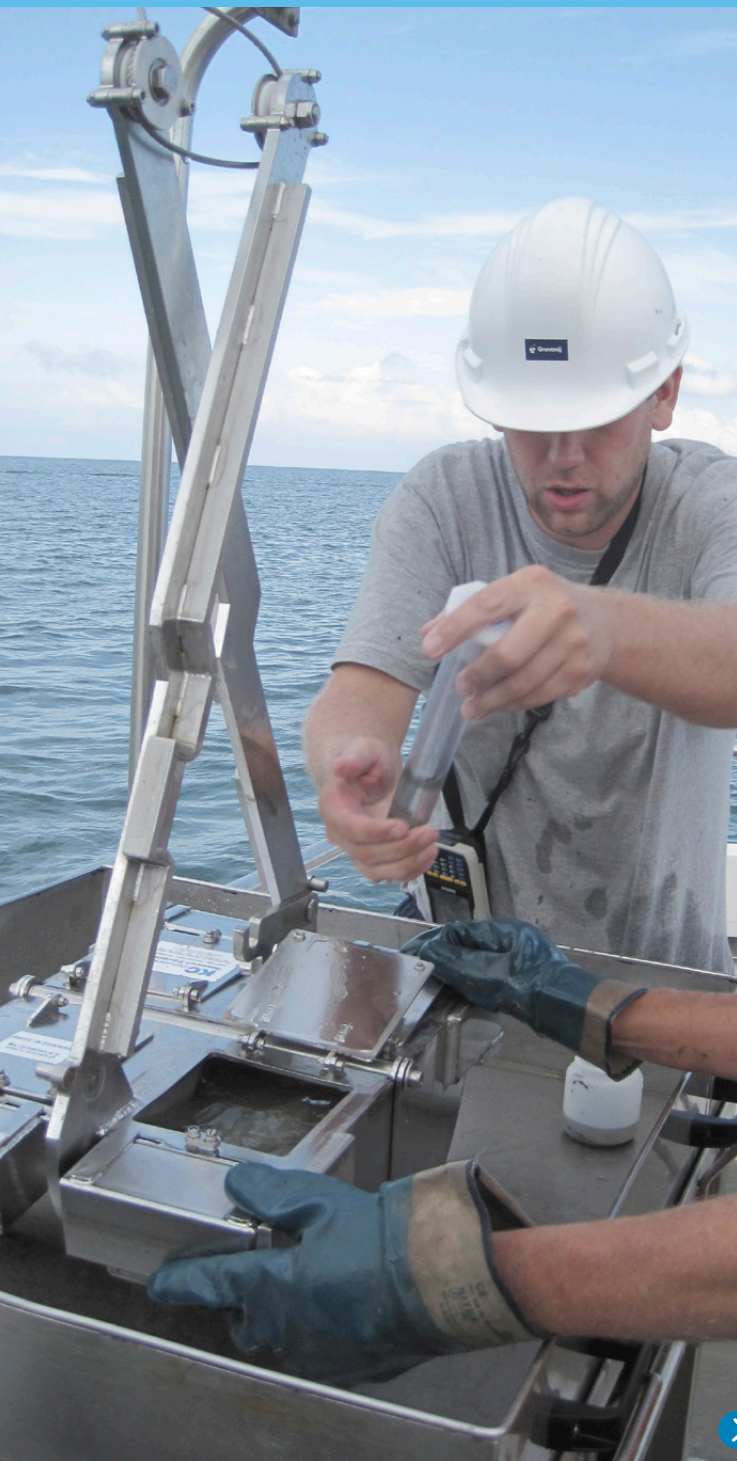
De resultaten van de afgelopen periode (2009 – 2015) zijn samengevat in vier inhoudelijke brochures:

1. vooroever
2. strand
3. zeereep en kustduin
4. vogels

Daarnaast is er nog een overkoepelende brochure “[ecologisch gericht suppleren](#)”.

Deze brochure geeft een samenvatting van de onderzoeksresultaten in de categorie [vooroever](#)

Studie naar het bodemleven van de vooroever



De bodem van de ondiepe Noordzee wemelt van het leven. Net boven de bodem zwemmen verschillende soorten vissen zoals schol en tong. Op de bodem kruipen dieren zoals de strandkrab, zeester en grijze garnaal. In de zeebodem leven schelpdieren zoals de Amerikaanse zwaardschede en het nonnetje maar ook wormen zoals de gemshoornworm en de zandzager. Veel van deze dieren zijn een voedselbron voor vogels en vissen.

Wanneer een zandsuppletie wordt aangelegd, worden de bodemdieren bedolven onder een laag zand. Het is dan de vraag hoe snel het bodemleven zich kan herstellen, zeker als er al snel weer een nieuwe suppletie op het programma staat. Om deze vraag te kunnen beantwoorden is kennis nodig van bodemdieren die in en rond een gesuppleerd gebied voorkomen voorafgaand en na de suppletie. Vervolgens kan de impact van een suppletie bepaald worden en de tijd die nodig is voor het herstel van het bodemleven.

In de periode van 2010 tot en met 2011 is door Rijkswaterstaat voor de kust van Ameland een grote suppletie van 4,7 miljoen kubieke meter zand aangelegd. Dit bood een uitgelezen kans om de impact en het herstel van het bodemleven na een suppletie te onderzoeken. Voor de kust van Ameland is het bodemleven gevolgd over een periode van 5 jaar, precies één cyclus van suppleren. De bodem is bemonsterd in het jaar voorafgaand aan de suppletie en vervolgens jaarlijks tot vier jaar na de suppletie (2011 t/m 2014). In 2015 is er opnieuw een suppletie aangelegd.



Het steken van een sedimentmonster uit de "Van Veenhapper".
Foto H. Holzhauer 2014



Voor de kust van Ameland varieerde de tijd van het herstel van het bodemleven tussen de twee en drie jaar. Na die tijd was de bodemdiergemeenschap van het gesuppleerde gebied nauwelijks meer te onderscheiden van de onverstoorde gemeenschap.

Ook vissen die nabij de bodem leven kunnen een effect ondervinden van een zandsuppletie in hun leefgebied. Hun omgeving (het zand, de golven, de stromingen) verandert, maar ook hun prooidieren (de bodemdieren) worden beïnvloed. Vissen laten zich echter moeilijk bemonsteren en de natuurlijke variabiliteit is groot. Er zijn geringe effecten van de suppletie bij Ameland op de visgemeenschap nabij de bodem gevonden. Zo werden er na de suppletie lagere aantallen schol en hogere aantallen grondel in het suppletiegebied gevonden. Dit duidt op mogelijke veranderingen in de omgevingsfactoren, waardoor het gebied voor een korte periode meer of minder geschikt is voor specifieke soorten.



Foto beeldbank.rws.nl, Rijkswaterstaat

Op de volgende pagina's volgt een uitgebreidere beschrijving van het onderzoek ingedeeld naar:

- > [Studiegebieden](#)
- > [Methodiek van bemonsteren](#)
- > [Morfodynamiek van de vooroever](#)
- > [Bodemkarakteristiek: Side scan sonar](#)
- > [Samenstelling van het zand](#)
- > [Bodemdieren die in de bodem leven](#)
- > [Het effect van kokerwormen op de morfologie in de vooroever, modelberekeningen](#)
- > [Bodemdieren die op de bodem leven](#)
- > [Vissen die nabij de bodem leven](#)

Studiegebieden

Bron: Vanagt et al. 2010, Verduin et al. 2011, Holzhauer et al. 2012, Van Dalfsen et al. 2014a

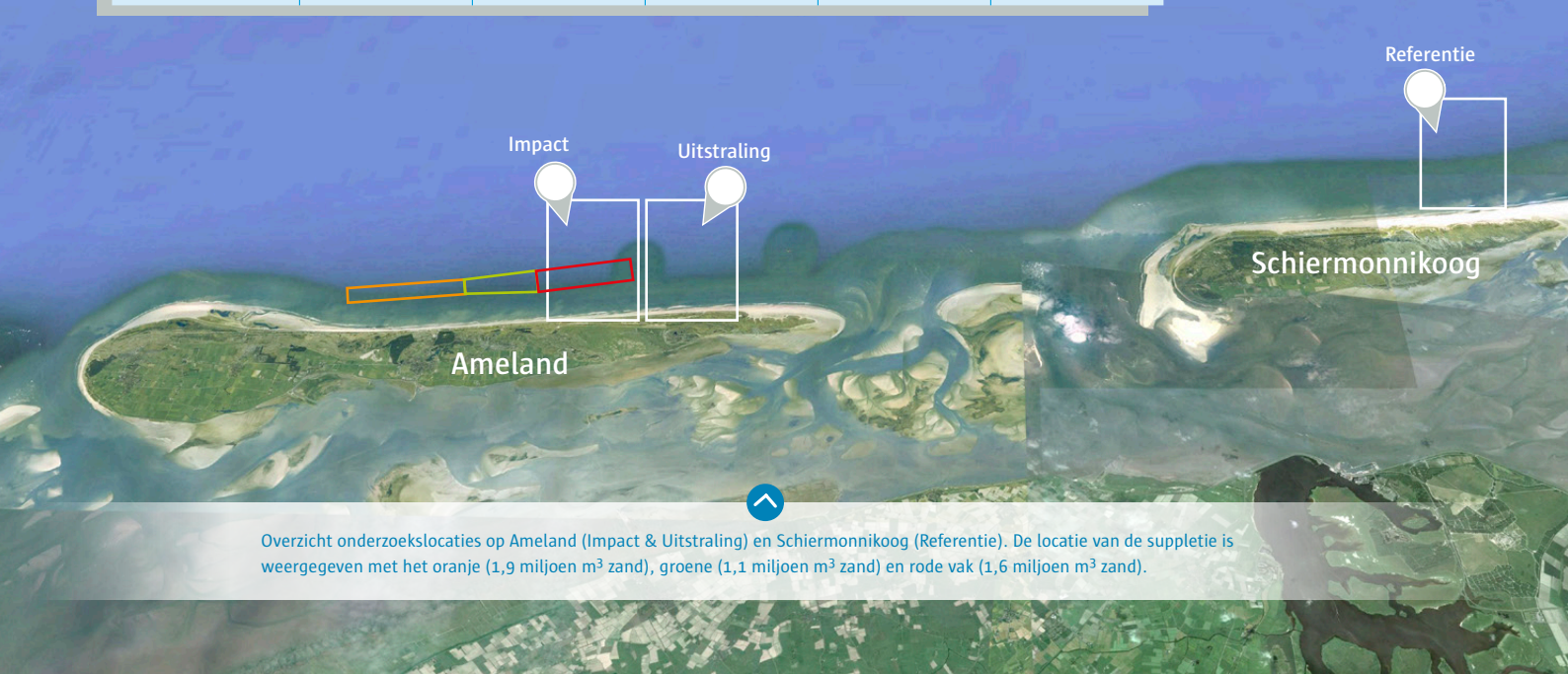
De ondiepe kust is een dynamisch gebied waar de stroming, getijslag en stormen de bodem zeer wisselende omstandigheden geven. Deze omstandigheden bepalen onder andere het voorkomen van verschillende soorten bodemdieren.

Voor de studie op Ameland zijn drie studiegebieden aangewezen. Het impactgebied (Ameland Impact) is het gebied waar de vooroeversuppletie van 1,6 miljoen m³ zand is uitgevoerd. Omdat sediment langs de Waddenkust in oostwaartse richting wordt getransporteerd, is er ten oosten van het impactgebied een uitstralingsgebied (Ameland Uitstraling) gedefinieerd. Hier is gekeken naar indirecte effecten van de suppletie. Schiermonnikoog, waar tot op heden nog niet eerder op het strand of de vooroever is gesuppleerd, is gebruikt als referentiegebied (Schiermonnikoog Referentie).

Op elk van deze studielocaties zijn de bodemdieren die in én op de bodem leven, de samenstelling van het zand en de vissen die nabij de bodem leven bemonsterd. Voor het bemonsteren van de bodemdieren die in de bodem leven en de samenstelling van het zand zijn voor een periode van 5 jaar, jaarlijks in het najaar happen uit de bodem genomen. De studie begon in 2009 (voorafgaand aan de suppletie) en liep door tot en met 2014. Deze periode van vijf jaar komt overeen met de suppletiefrequentie voor Ameland. Bodemdieren die op de bodem leven en juveniele vissen, die nabij de bodem leven, zijn gedurende een kortere periode bemonsterd van 2010 tot en met 2013.

Moment van bemonsteren	Ameland			Schiermonnikoog	
	Impact		Uitstraling	Referentie	
	Bodemhap	Visnet	Bodemhap	Bodemhap	Visnet
2009 aug	17		6		
2010 aug-okt	60	12	60	68	12
2011	vooroeversuppletie				
	jan				
sept	60	12	56	60	12
2012 okt	66	18	61	17	18 8 proeftrekken
2013 sept	66	18	66	60	18
2014 aug	36			36	

Aantal monsters per jaar in de vooroever met behulp van bodemhappen en trekken met een visnet. In 2012 is er een proef uitgevoerd met een visnet met een fijnere maaswijdte.



Overzicht onderzoekslocaties op Ameland (Impact & Uitstraling) en Schiermonnikoog (Referentie). De locatie van de suppletie is weergegeven met het oranje (1,9 miljoen m³ zand), groene (1,1 miljoen m³ zand) en rode vak (1,6 miljoen m³ zand).

Methodiek van bemonsteren

Bron: Heusinkveld et al. 2011, Leewis et al. 2012, Wittoeck et al. 2012, De Backer et al. 2013c, Heusinkveld 2013, Heusinkveld 2014, Van Dalfsen et al. 2014b

Verschillen in bodemhoogte als gevolg van banken, troggen en hellingen bepalen voor een groot deel welke bodemdieren waar voorkomen. Dit is als uitgangspunt genomen voor de bemonstering. Daarom is steeds eerst de hoogteligging van de zeebodem in kaart gebracht waarna per studiegebied de locaties voor de bodemhappen en de trekken met het visnet zijn bepaald. Elk jaar zijn er per studiegebied zes raaien dwars op de kust met elk tien bodemhappen genomen. Voor de jaren 2010 tot en met 2013 zijn er tevens zes trekken parallel aan de kust met een fijnmazig visnet uitgevoerd. Alle bemonsteringen zijn overdag uitgevoerd.

De bodemhappen zijn vanaf een ondiep stekend schip met een 'Van Veenhapper', van 0,1 m² uitgevoerd. Uit deze happen is eerst een monster van het zand genomen waarna de monsters zijn gezeefd. Alle bodemmonsters zijn vervolgens meegenomen naar het laboratorium.



Van Veenhapper (0,1 m² oppervlak) waarmee de in de bodem levende dieren en de samenstelling van het zand zijn bemonsterd.

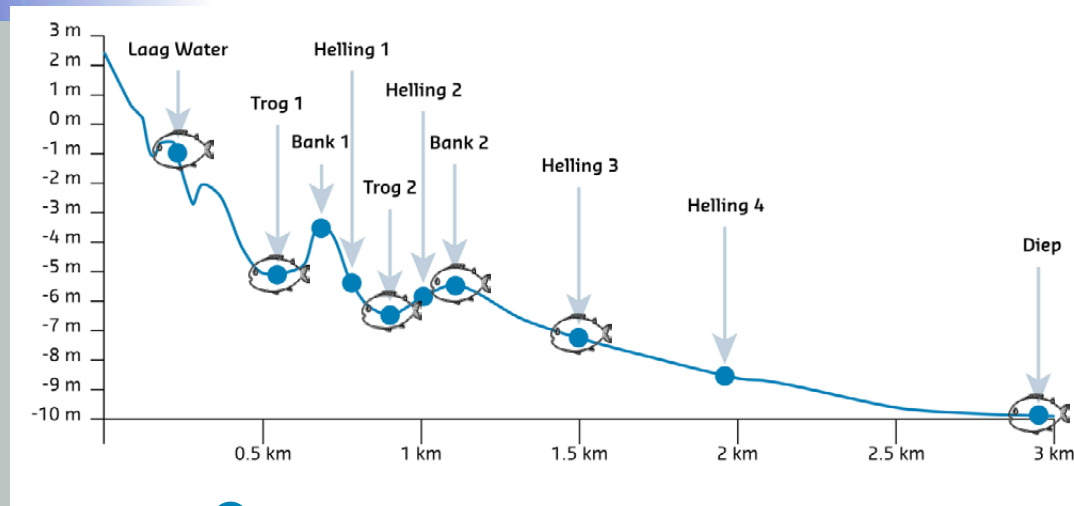
Foto beeldbank rws.nl/ R. Jungcurt



Fijnmazig visnet (22 mm in de kuil met bollenpees) waarmee de nabij de bodem levende vissen en de op de bodem levende dieren zijn bemonsterd.

laboratorium zijn de bodemdieren uitgezocht en is per soort het aantal individuen en hun biomassa bepaald. 'Biomassa' is het gewicht aan levend weefsel, exclusief schelpen en andere skeletelementen.

De op de bodem levende dieren én de nabij de bodem levende dieren zijn bemonsterd met behulp van een kleine boomkor van 3 meter breed met een fijnmazig net en bollenpees. De vangst is aan boord op soort gebracht, geteld en gemeten.



Dwarsprofiel met de monsterlocaties voor de in de bodem levende dieren (blauwe stip) en de locaties voor de trekken met het visnet voor de nabij de bodem levende dieren (blauwe stip met vis). De trekken met het visnet zijn parallel aan de kust uitgevoerd.

Morfodynamiek van de vooroever

Bron: Vanagt et al. 2011, Verduin et al. 2012, Holzhauser et al. 2014, Vergouwen et al. 2016. Aangevuld met Vermaas et al. 2013

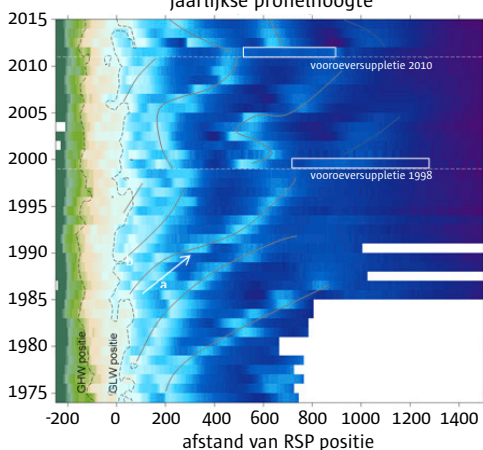
De vooroever van Ameland en Schiermonnikoog bestaat uit een dynamisch patroon van zandbanken. In het westelijke deel wordt de kustlijn van Ameland beïnvloed door het landwaarts verplaatsen van de geul (het Borndiep) en de zandplaat (het vroegere Bornrif) die zich langzaam van het westen naar het oosten van het eiland verplaatst en nu een geheel vormt met het strand. Voorbij Ballum verplaatst de kustlijn zich zeewaarts als gevolg van de oostwaartse beweging van het Bornrif. Er zijn langs de kust van Ameland sinds de jaren 1990 verschillende suppleties uitgevoerd.

In het studiegebied bevinden zich twee tot drie zandbanken die zich langzaam zeewaarts verplaatsen. Op ongeveer 800 meter uit de kust dempt de bank uit terwijl zich nabij de kust een nieuwe bank vormt. We spreken hier van “cyclisch bankgedrag”. De kustlijn van Ameland laat een structurele achteruitgang zien. Daarom hebben er in 1992, 1998, 2003, 2006 en 2010/2011 verschillende suppleties plaatsgevonden. Bij de toetsing in 2015 is opnieuw een landwaartse trend van de kustlijn waargenomen. Daarom is hier in 2015 opnieuw een vooroever- en strandsuppletie uitgevoerd. De kustlijn van Ameland wordt zodoende gemiddeld elke vijf jaar gesuppleerd en bevindt zich in een continue cyclus van verstoring en herstel.

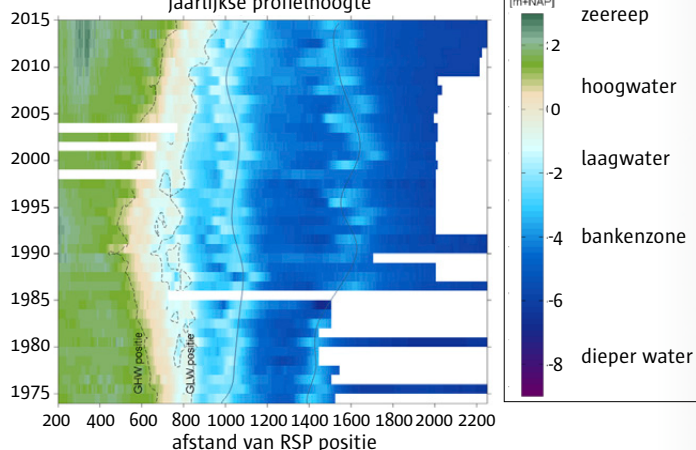
Een vooroeversuppletie zorgt op korte termijn voor een verandering in het profiel van de bodem en vaak ook in de samenstelling van het zand. Onder invloed van de waterbeweging vindt er een herverdeling van het zand plaats. Hierdoor kan het oorspronkelijke bankensysteem zich herstellen. Daarnaast wordt het zand gesorteerd. De suppletie in het studiegebied in 2011 zorgde ervoor dat de banken ter hoogte van de suppletie hoger werden en er een nieuwe buitenbank ontstond. Dicht onder de kust vormde zich ook een nieuwe bank.

Het bankgedrag van referentiegebied Schiermonnikoog is anders. Het profiel is er minder steil en er komen slechts twee banken voor die bovendien stabiel liggen. Er is op Schiermonnikoog nog nooit gesuppleerd. De kustlijn van Schiermonnikoog ligt minimaal 120 meter zeewaarts ten opzichte van de Basiskustlijn. Hoewel er een achteruitgang in de ligging van de kustlijn wordt waargenomen, zijn er tot en met het jaar 2020 geen overschrijdingen van de Basiskustlijn te verwachten.

A Ameland - Raai 01840
jaarlijkse profielhoogte



B Schiermonnikoog - Raai 01300
jaarlijkse profielhoogte

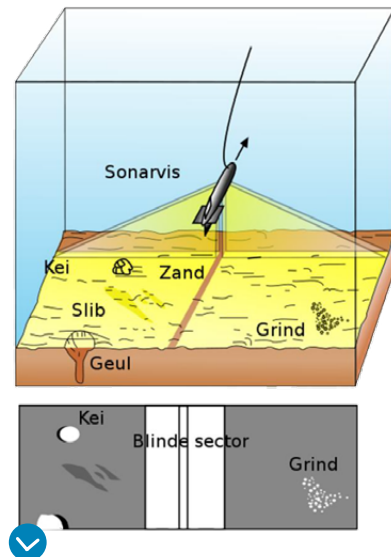


Timestack van het profiel op een locatie in Ameland Impact (A) en een locatie op Schiermonnikoog (B). In een ‘timestack’ worden de profielen van opeenvolgende jaren bovenop elkaar geplaatst. De Y-as geeft de jaren weer en de X-as de afstand tot de kust. De lijnen geven schematisch de locatie van de banktoppen aan. De witte kaders zijn de vooroeversuppleties op deze locatie. Ter illustratie van het cyclische bankgedrag: a geeft het zeewaarts migreren van de bank in de tijd weer waarbij op locatie b een nieuwe bank wordt gevormd welke vervolgens ook zeewaarts gaat migreren.

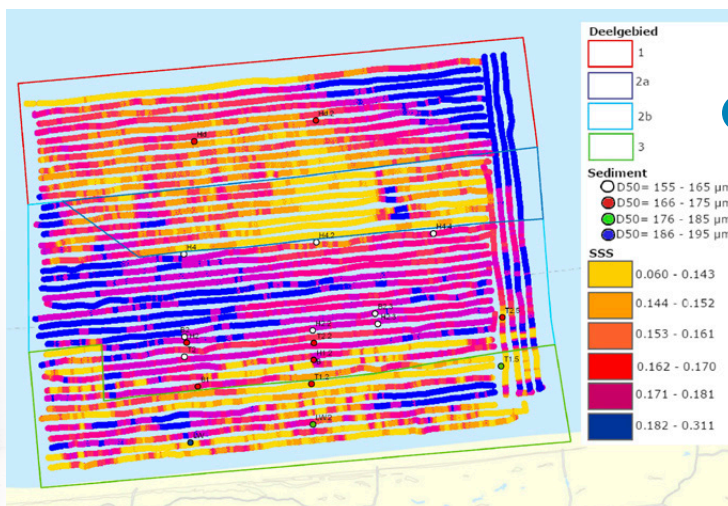
Bodemkarakteristiek: Side-scan-sonar

Bron: Vonhögen-Peeters 2010, Vonhögen-Peeters 2013

Om inzicht te krijgen in de relatie tussen de morfologie, het zand en de bodemdieren is in 2010 en 2012 een side-scan-sonar opname (SSS-opname) gemaakt in het suppletiegebied voor de kust van Ameland. Een SSS maakt met behulp van akoestiek een opname van de bodem. Er wordt een signaal uitgezonden en de weerkaatsing van dit signaal op de bodem geeft informatie over het type sediment (zand of klei) en de hoeveelheid schelpen. Op basis van de SSS-opname kan de vooroever van Ameland ter hoogte van de suppletielocatie ingedeeld worden in drie gebieden waarvan de grenzen min of meer parallel aan het strand lopen. De gebieden onderscheiden zich door de grootte van de zandribbels en de aan- of afwezigheid van slib.



Schematische weergave van de werking van de side scan sonar. Recht onder de SSS wordt niets opgenomen. Dit is de blinde sector.



Side scan sonar opname ter hoogte van de suppletielocatie. Deelgebied 1) zeewaarts van het bankensysteem met grootschalige golfribbels op de zandige bodem (rode vak), deelgebied 2) de brekerbankenzone met op de top en de flanken van de brekerbanken zandribbels die kleiner zijn dan in het gebied zeewaarts van de banken (blauwe vak) en deelgebied 3) aansluitend op het strand met zandribbels en daar tussen mogelijk wat slib (groene vak).



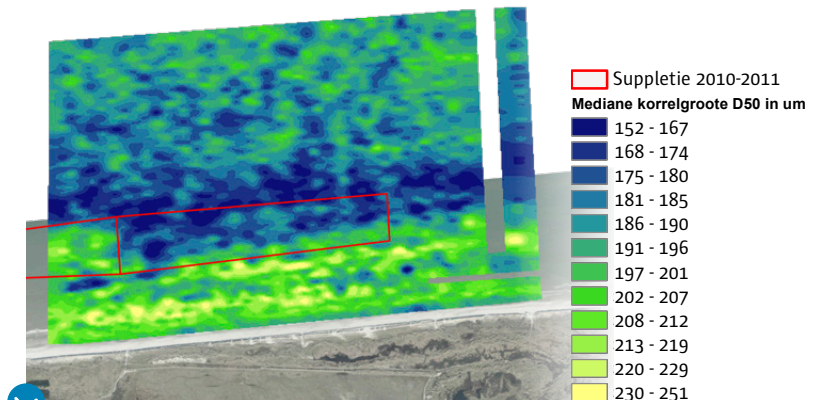
Een side-scan-sonar maakt met behulp van akoestiek een opname van de bodem

Samenstelling van het zand

Bron: van Egmond et al. 2010, Vanagt et al. 2010, Wijsman et al. 2010, Vanagt et al. 2011, Verduin et al. 2012, Holzhauer et al. 2014, Vergouwen et al. 2015

De samenstelling van het zand is een belangrijke factor voor de aanwezigheid van bodemdieren. Zand komt van nature in een mengeling van fijne en grove korrels voor. De verdeling kan worden gekenmerkt aan de hand van de mediane korrelgrootte (D50).

Voorafgaand aan de suppletie is in 2010 de bodem opgenomen met behulp van het Medusa-systeem en bodemhappen. Het Medusa-systeem is een geofysisch meetsysteem dat op basis van de van nature voorkomende radioactieve straling uit de bodem verschillende mineralen en bodemtypen kan onderscheiden. De opname laat zien dat het zand in de vooroever van Ameland en Schiermonnikoog fijner is naarmate het water dieper wordt. De troggen laten geen duidelijk andere samenstelling van het zand zien dan de naastgelegen banken en hellingen.



Sedimentkartering m.b.v. Medusa voor de kust van Ameland in augustus 2010 voorafgaand aan de suppletie. Het rode vak geeft de geplande locatie van de suppletie weer.

Gedurende de periode van 5 jaar bestond het zand in de getijdenzone uit fijn tot grof zand ($D_{50} = 190$ tot $263 \mu\text{m}$), ter hoogte van de suppletiezone uit zeer fijn tot fijn zand ($D_{50} = 132$ tot $205 \mu\text{m}$) en in de diepere zone zeewaarts van de suppletie uit fijn zand ($D_{50} = 134$ tot $187 \mu\text{m}$). De suppletie is in 2011 aangelegd met zeer fijn zand ($D_{50} = 150 \mu\text{m}$). Het gesuppleerde materiaal valt hiermee in de natuurlijke range van het suppletiegebied.

Het organisch stofgehalte in het zand is een maat voor het voedsel dat aanwezig is voor het bodemleven. Dit gehalte lag zeewaarts van de suppletie over het algemeen hoger dan in de getijdenzone of de suppletiezone.



Gemiddelde D50 per zone per studiegebied over de verschillende jaren. AI = Ameland Impact, AU = Ameland Uitstraling, SR = Schiermonnikoog Referentie. Voor elk jaar is de D50 en het organisch stof gehalte gegeven. De pijl geeft het moment van suppleren op Ameland Impact weer.

Bodemdieren die in de bodem leven

Bron: Gmelig Meyling et al. 2009, Goudswaard et al. 2009, Van de Moortel et al. 2010, Wijsman et al. 2010, Vanagt et al. 2011, Verduin et al. 2012, Faasse et al. 2013, Holzhauser et al. 2014, Verduin et al. 2014, Vergouwen et al. 2015, Vergouwen et al. 2016. Aangevuld met: Janssen et al. 2008

De vooroever van Ameland en Schiermonnikoog zijn van 2009 tot en met 2014 steeds in het najaar bemonsterd. In de drie studiegebieden zijn in totaal 797 monsters genomen tussen de laagwaterlijn en ongeveer 15 meter diepte. Alle monsters zijn in het laboratorium geanalyseerd op aantal en biomassa per soort.

In totaal zijn er bij Ameland en Schiermonnikoog 85 soorten bodemdieren gevonden waarvan 55 soorten in alle studiegebieden zijn waargenomen. Op Ameland Impact zijn in totaal 75 soorten gevonden, in het naastgelegen uitstralingsgebied 68 soorten en op Schiermonnikoog 62 soorten. De borstelworm *Magelona johnstoni* is het vaakst van alle soorten aangetroffen en de Amerikaanse zwaardschede in de hoogste aantallen.

In alle studiegebieden, ongeacht de suppletie, is de jaarlijkse variatie in dichtheid en biomassa van bodemdieren relatief groot. Deze variatie volgt grofweg over de jaren in alle studiegebieden hetzelfde patroon, met opvallend hoge biomassa's en lage dichtheden in 2012. De biomassa wordt vooral bepaald door schelpdieren en grote wormen.



Borstelworm (*Magelona johnstoni*).

Foto Hans Hillewaert



Amerikaanse zwaardschede (*Ensis directus*).

Foto Hans Hillewaert



Inhoud van een monster op Ameland Impact zeewaarts van de brandingszone op een diepte van ongeveer 8 meter op 4 augustus 2014.

Foto H. Holzhauser 2014

In de zone waar gesuppleerd wordt, tussen de 5 en 8 meter beneden NAP, is op Ameland een beperkt effect van de vooroeversuppletie op het bodemleven merkbaar. De biomassa in deze zone is in 2011, direct na de suppletie, afgenomen ten opzichte van het jaar ervoor. Dit is vooral zichtbaar aan de zeewaartse zijde van de suppletie en een klein gebied direct naast de suppletie. De afname in gemiddelde biomassa wordt voornamelijk veroorzaakt door een lagere biomassa van de schelpdieren de Strandgaper en het Zaagje. Ook de gemiddelde dichtheid is in deze zone afgenomen. Dit werd voornamelijk veroorzaakt door een afname van borstelwormen.

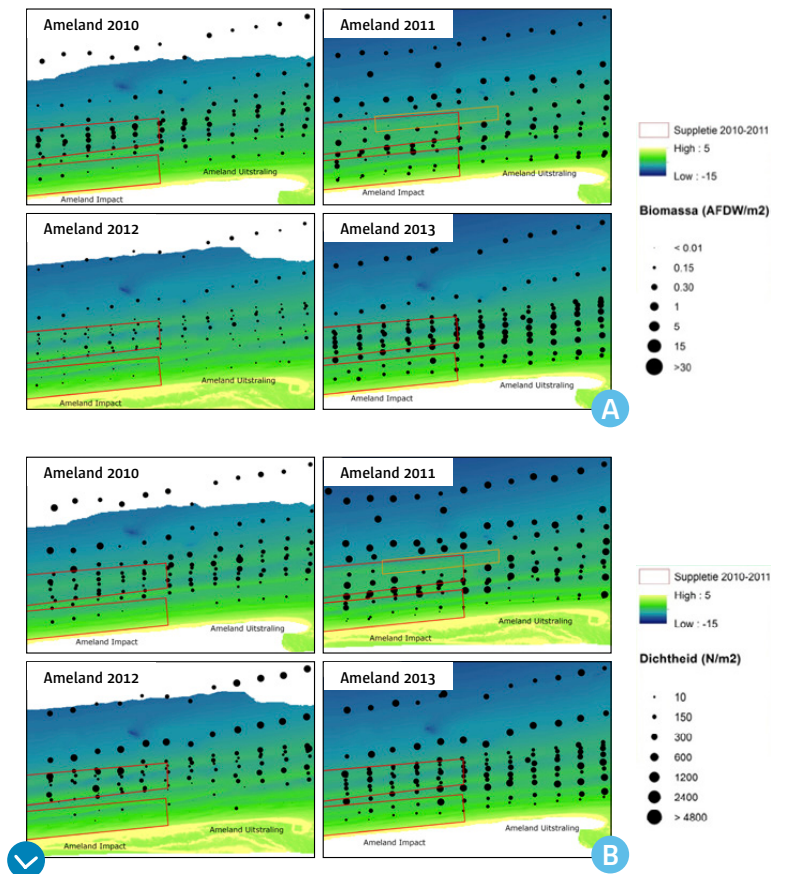
In 2012 is de gemiddelde biomassa overal weer toegenomen, vooral op Ameland in het gebied ten oosten van de suppletie. In dat jaar is over het gehele gebied vooral de toename van het nonnetje opvallend. In 2012 is ook de dichtheid van de borstelwormen weer toegenomen. In 2013 is de biomassa in alle gebieden juist weer lager dan in de jaren daarvoor terwijl de dichtheid is toegenomen. Een mogelijke oorzaak hiervan is de relatief lange vorstperiode met temperaturen onder de nul graden tot in april. Verschillen tussen impact- en controlegebieden nemen verder af, en in 2014 is de biomassa en dichtheid in het gesuppleerde gebied op Ameland weer gelijk aan de gemiddelde waarde van 2010, voorafgaand aan de suppletie.

Het beeld dat het gesuppleerde gebied na twee tot drie jaar weer gelijkaardig is aan de situatie voor de suppletie komt

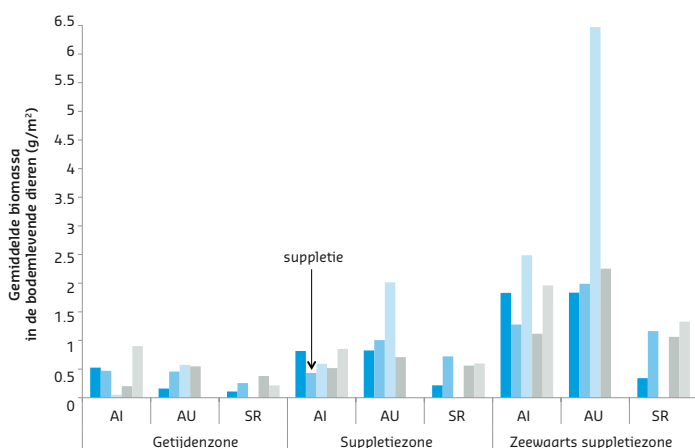
overeen met het beeld dat verkregen is uit de analyse van aangespoelde bodemdieren langs de Hollandse kust over een periode van 1978 tot en met 2008.

Schiermonnikoog laat voor zowel biomassa als dichtheid een ander beeld zien dan Ameland. Een mogelijke oorzaak is de afwijkende geschiedenis (nooit gesuppleerd) en de afwijkende gradiënt van de vooroever (minder steil).

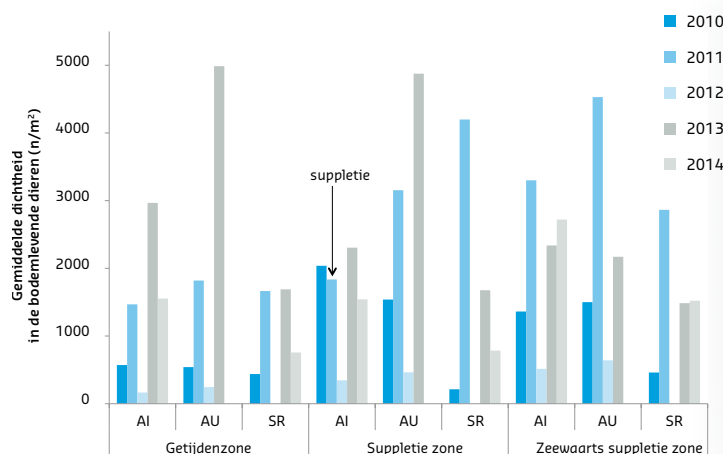
In eerder onderzoek vonden Janssen et al. (2008) een beduidend hogere soortenrijkdom en dichtheid tussen de banken van de vooroever dan op toppen van de banken. Dit werd vooral toegeschreven aan de aanwezigheid van de biobouwende kokerworm (*Lanice conchilega*). Tijdens de huidige studie is geen hogere dichtheid en soortenrijkdom tussen de banken waargenomen. De hoogste dichtheden van kokerwormen werden in het huidige onderzoek in de dieper gelegen monsterlocaties, voorbij de buitenste brekerbank, gevonden.



De verspreiding van biomassa en dichtheid per monsterlocatie weergegeven voor de jaren 2010 tot en met 2013 in Ameland. De grootte van de stip geeft de grootte van de biomassa of dichtheid aan. De suppletie is weergegeven met een rood vak. Het gebied waar de gemiddelde biomassa en dichtheid sterk zijn afgenomen is aangegeven met een oranje vak.



Gemiddelde biomassa aan bodemdieren per zone per studiegebied. AI = Ameland Impact, gesuppleerd in 2011. AU = Ameland Uitstraling en SR = Schiermonnikoog Referentie. Biomassa is exclusief Amerikaanse zwaardschede en de zeeklit vanwege de zeer hoge biomassa per individu. De biomassa van Schiermonnikoog in 2012 is buiten beschouwing gelaten omdat vanwege slechte weersomstandigheden hier geen monsters zijn genomen.



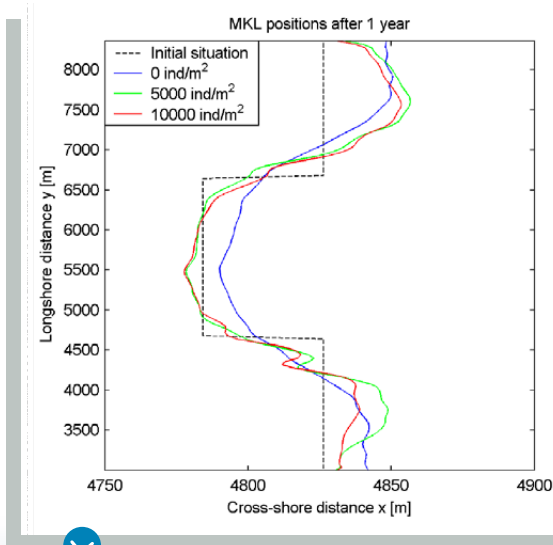
Gemiddelde dichtheid aan bodemdieren per zone per studiegebied. AI = Ameland Impact (AI), gesuppleerd in 2011. AU = Ameland Uitstraling en SR = Schiermonnikoog Referentie. Inclusief Amerikaanse zwaardschede en de zeeklit. De dichtheid van Schiermonnikoog in 2012 is buiten beschouwing gelaten omdat vanwege slechte weersomstandigheden hier geen monsters zijn genomen.

Het effect van kokerwormen op de morfologie in de vooroever, modelberekeningen

Bron: Kruijt 2009, Borsje et al. 2010a, Borsje et al. 2010b, Borsje et al. 2011

De kokerworm is een worm die in de bodem leeft en structuren bouwt die de bodem kunnen beïnvloeden. Met behulp van een hydrodynamisch model (Delft3D-FLOW) voor de kust van Egmond is, met en zonder zandsuppletie, inzichtelijk gemaakt dat bodemdieren in staat zijn om de fysische eigenschappen

van de bodem te beïnvloeden. De modelberekeningen zonder zandsuppletie laten zien dat de kust meer erodeerde bij afwezigheid van de kokerworm dan wanneer de kokerworm in grote aantallen aanwezig was. Ook bij een zandsuppletie van 800.000 m³ liet het model zien dat er een positieve bijdrage is van de kokerworm aan de stabiliteit van de kust en dat de suppletie beter op zijn plaats blijft liggen. Doordat de kokerworm in “vlekken” verspreid voorkomt is de werkelijke aanwezigheid van deze wormen lastig te bepalen. De resultaten kunnen hierdoor nog niet direct gekoppeld worden aan werkelijke suppleties.



Modelvoorspelling van de positie van de kustlijn van Egmond, 1 jaar na aanleg van een suppletie met (groene en rode lijn) en zonder de aanwezigheid van kokerwormen (blauwe lijn). De onderbroken lijn geeft de net gesuppleerde situatie weer.



Kokerworm gestoken uit de “Van Veenhapper”
Foto: H. Holzhauer 2014

De kokerworm is een worm die in de bodem leeft en structuren bouwt die de bodem kunnen beïnvloeden

Bodemdieren die op de bodem leven

Bron: De Backer et al. 2013a, De Backer et al. 2013b, Holzhauser et al. 2014

Op de bodem leven verschillende dieren zoals garnalen en krabben. In totaal zijn er bij Ameland en Schiermonnikoog 16 verschillende op de bodem levende soorten gevonden. De meest voorkomende soorten waren grijze garnaal, de gewone zwemkrab en de strandkrab. De grijze garnaal was het talrijkst, tot wel 90% van het totaal aantal individuen. Ondanks de jaarlijkse variatie in dichtheden was er over de jaren weinig variatie in de soortensamenstelling tussen Ameland en Schiermonnikoog. Er zijn geen significante effecten gevonden van de suppletie op de soortenrijkdom, dichtheid of diversiteit van de op de bodem levende soorten.



Grijze garnaal

In totaal zijn er bij Ameland en Schiermonnikoog 16 verschillende soorten dieren gevonden die op de bodem leven



Nabij de bodem levende vissen

Bron: De Backer et al. 2013a, De Backer et al. 2013b, Holzhauser et al. 2014

Vissen die nabij de bodem leven kunnen beïnvloed worden door een suppletie doordat de bodem wordt bedekt en daarmee het beschikbare voedsel (bodemdieren) onbereikbaar wordt.

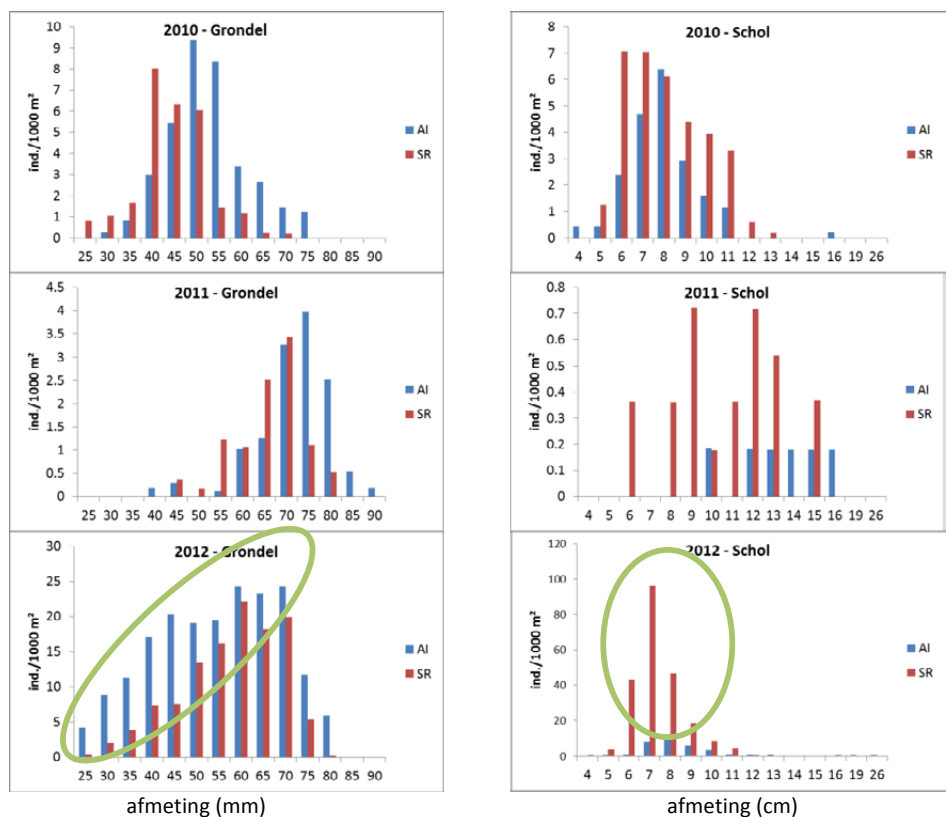
Kenmerkende soorten voor de vooroever van Ameland en Schiermonnikoog zijn schol, grondel en kleine zeenaald. Er zijn in totaal 27 verschillende vissoorten gevonden, voornamelijk juveniele (opgroeende) platvissen.

Het meest opvallende resultaat was dat in 2013 de dichtheid aan bij de bodem levende vissen tot 10 keer hoger was dan de gemiddelde dichtheid in voorgaande jaren. De dichtheid bij Ameland lag altijd lager dan bij Schiermonnikoog. Verschillen in dichtheid en samenstelling tussen de studiegebieden zijn te wijten aan natuurlijke variatie, maar wellicht ook aan een verschil in visserijdruk door garnalenkotters die ook in het gebied actief waren.



Schol (*Pleuronectes platessa*)

De visgemeenschap verschilt niet significant tussen Ameland en Schiermonnikoog en een duidelijk effect van de suppletie is niet waargenomen. Op soortniveau zijn er echter wel verschillen. Bij de grondel en de schol is er sprake van een andere opbouw van de populatie in het suppletiegebied. Na de suppletie komt de schol in lagere dichtheden voor in het suppletiegebied ten opzichte van Schiermonnikoog. Anderzijds komt de grondel na de suppletie juist in hogere dichtheden voor bij Ameland dan in het referentiegebied op Schiermonnikoog.



Verdeling van het aantal individuen naar grootte van grondel (in mm) en schol (in cm) voor (2010) en na de suppletie (2011 t/m 2013) voor het suppletiegebied (Ameland Impact, AI) en het referentiegebied (Schiermonnikoog, SR). De verschillen na de suppletie tussen Ameland Impact en het referentiegebied Schiermonnikoog is met groene circles weergegeven.

Doorkijk naar vervolg

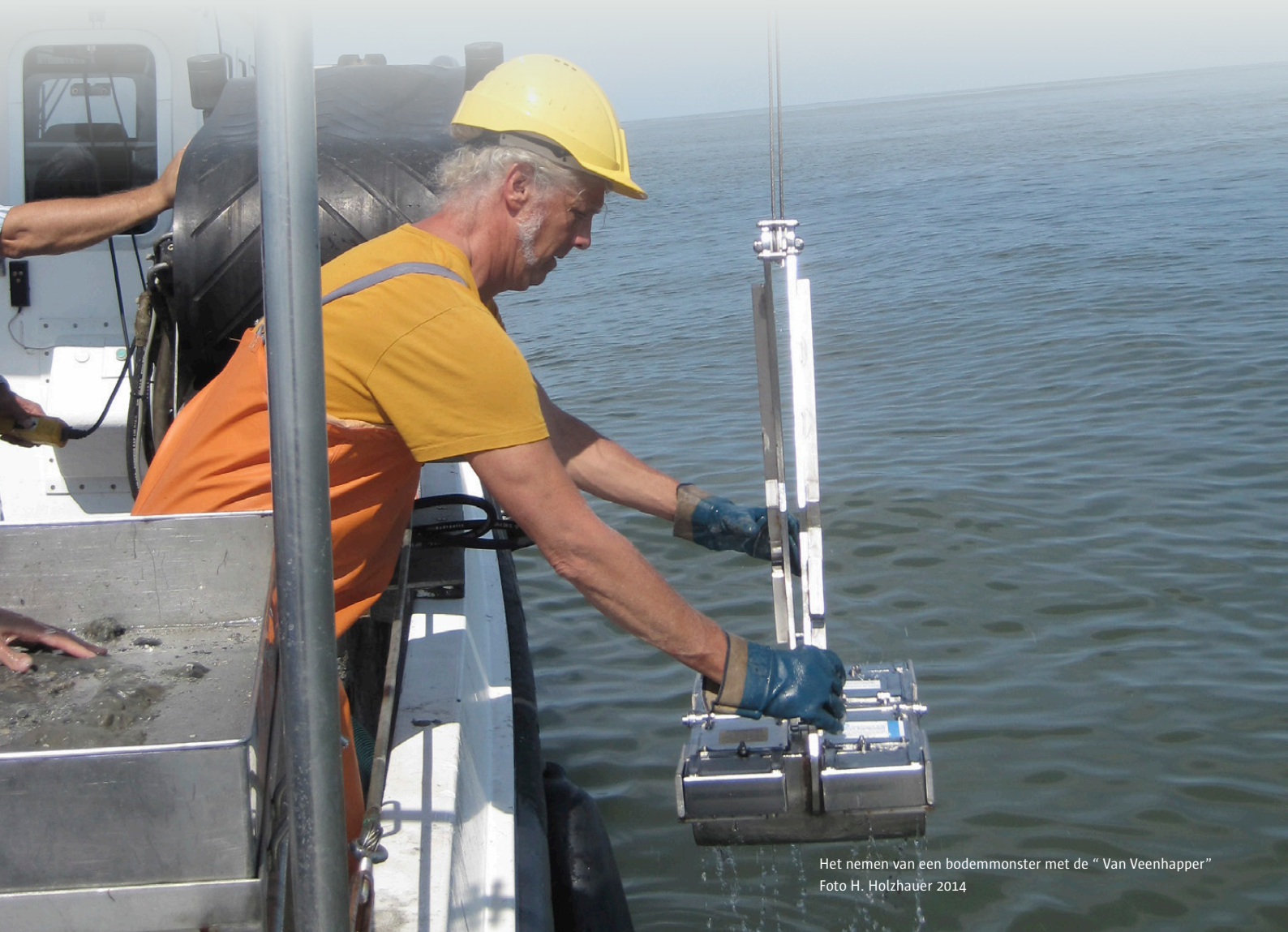
Het onderzoek rond de suppletie van 2010-2011 laat zien dat twee tot drie jaar na de suppletie het leven in en op de vooroever zich heeft hersteld. Op korte termijn wordt er een impact waargenomen van de suppletie, voornamelijk aan de zeewaartse zijde van de suppletie, in het impactgebied en voor een deel in het naastgelegen uitstralingsgebied. Na een periode van twee tot drie jaar waren de effecten van de suppletie niet meer te onderscheiden van de uitgangssituatie. De effecten op dieren die op de bodem leven en de vissen waren minder goed te onderscheiden.

De randvoorwaarden voor het leefgebied van bodemdieren worden voor een groot deel bepaald door de abiotische omstandigheden. Door deze randvoorwaarden te koppelen aan het voorkomen van bodemdieren kunnen effecten van structurele aanpassingen van abiotische omstandigheden onder invloed van suppleties op het huidige ecosysteem van de vooroever in beeld worden gebracht. Daarnaast kan

er mogelijk bij het inplannen van een suppletie gestuurd worden op factoren, zoals locatie of korrelgrootte van het sediment zodat een suppletie geoptimaliseerd kan worden.

De huidige kennis over de effecten van suppleties op de vooroever is momenteel afkomstig uit case studies. Om te toetsen of dezelfde uitkomsten gelden voor de gehele Nederlandse kust, zal op eenzelfde tijd- en ruimteschaal onderzoek gedaan moeten worden. Dit wordt onderschreven door de vergelijking met het toch zeer nabij gelegen Schiermonnikoog.

Naast de opschaling naar de gehele Nederlandse kust, zouden hierbij ook de cumulatieve effecten van jarenlang suppleren langs de kust op de samenstelling van de bodemdieren in ogenschouw genomen moeten worden. Lange termijn kustdekkend onderzoek zou hier meer inzicht in kunnen bieden.



Het nemen van een bodemonster met de "Van Veenhapper"
Foto H. Holzhauer 2014

Referenties

Rapporten voortgekomen uit dit onderzoeksprogramma

Borsje, B. W. en J. A. van Dalfsen (2010a). Coastal protection: innovative use of biogeomorphology. Enschede, Delft, Universiteit Enschede, Deltares.

Borsje, B. W., J. J. van der Werf, M. A. Kruijt, S. J. M. H. Hulscher en P. M. J. Herman (2010b). Modeling biogeomorphological interactions in underwater nourishments for the Dutch sandy coast. ICCE2010. Shanghai China.

Borsje, B. W., B. K. van Wesenbeeck, F. Dekker, P. Paalvast, T. J. Bouma, M. M. van Katwijk en M. B. de Vries (2011). "How ecological engineering can serve in coastal protection." Ecological Engineering 37: 133-122.

De Backer, A. en K. Hostens (2013a). T2 situatie - ecologische analyse 2012: Epibenthos en (juvenile) visbemonstering Ameland en Schiermonnikoog. Oostende, ILVO.

De Backer, A. en K. Hostens (2013b). T3 situatie - ecologische analyse 2013: Juvenile visbemonstering Ameland en Schiermonnikoog. Oostende, ILVO.

De Backer, A. en G. Van Hoey (2013c). Veldverslag Ameland en Schiermonnikoog 2013. Bemonstering (juvenile) demersale vis. Oostende, ILVO.

Faasse, M., K. Lock en T. Vanagt (2013). Labrapport benthos Ameland. Najaar 2012. Oostende, eCoast.

Gmelig Meyling, A. W. en R. H. de Bruyne (2009). Onder het zand beland. Effecten van strand- en onderwatersuppleties op het macro- en epibenthos van de nabije kustzone onderzocht met behulp van Systematisch Strandonderzoek (pilotstudie) Periode 1978-2008. Bennebroek, Stichting anemoon/ Metridium.

Goudswaard, K., J. Kesteloo, C. van Zweeden en T. Vanagt (2009). Kwantitatieve bemonstering in het zandsuppletiegebied Ameland in 2009 op de aanwezigheid van schelpdierbanken. Yerseke, IMARES & Grontmij.

Heusinkveld, J. (2013). Monsterverslag Ameland subtidaal September 2012. Monsternamen macrobenthos tbv onderzoek naar effecten van kustsuppleties. Groningen.

Heusinkveld, J. (2014). Monsterverslag Ameland subtidaal September 2013. Monsternamen macrobenthos tbv onderzoek naar effecten van kustsuppleties. Groningen.

Heusinkveld, J. en T. Vanagt (2011). Monsterverslag veldcampagne ecologie Ameland 2010. België, Oostende, The Fieldwork Company, eCOAST.

Holzhauser, H., J. Reinders, L. M. Vonhögen, A. De Backer en J. Heusinkveld (2012). Meetplan veldcampagne Ameland 2012, Deltares.

Holzhauser, H., T. Vanagt, K. Lock, M. C. van Oeveren, A. De Backer, K. Hostens, J. van Dalfsen en J. Reinders (2014). Ecologische effecten suppletie Ameland 2009-2012. Interim rapportage ihkv KPP B&O Kust Ecologie. Delft, Deltares.

Janssen, G. M., H. Kleef, S. Mulder en P. Tydeman (2008). "Pilot assessment of depth related distribution of macrofauna in surf zone along Dutch coast and its implications for coastal management." Marine Ecology 29(1): 186-194.

Kruijt, M. A. (2009). Bio-geomorphological interactions in shoreface nourishments. Stage scriptie, Universiteit Twente.

Leewis, L., J. Heusinkveld en E. C. Verduin (2012). Veldcampagne Ameland 2011 Veldverslag. Amsterdam, Grontmij Nederland B.V.

Van Dalfsen, J. en H. Holzhauser (2014a). Meetplan T0 & T1 Veldcampagne Ameland en Schiermonnikoog 2014. Delft, Deltares.

Van Dalfsen, J., H. Holzhauser en E. Verduin (2014b). Veldverslag bemonstering Ameland & Schiermonnikoog 4 & 5 augustus 2014. Delft, Deltares.

Van de Moortel, L. en T. Vanagt (2010). Tussentijds verslag labactiviteiten veldcampagne ecologie Ameland 2010. Stand van zaken per 1 december 2010. Oostende, eCoast.

van Egmond, F., W. Rooke en S. de Vries (2010). Ameland, kartering sedimentsamenstelling suppletievak en strand. Groningen, Medusa Explorations BV.

Vanagt, T. en J. Heusinkveld (2010). Meetplan veldcampagne ecologie Ameland 2010. Ostende, België, eCOAST.

Vanagt, T., L. van de Moortel, J. Heusinkveld, S. Vanden Eede, L. van Steenbrugge, G. Van Hoey en M. Vincx (2011). Veldcampagne ecologie Ameland 2010. Ostend, eCOAST.

Verduin, E. en L. De Vos (2014). Analyseverslag To analyses Ameland & Schiermonnikoog. 2014-8 To tbv KPP B&O Kust Ecologie. Amsterdam, Grontmij.

Verduin, E. C., L. Leewis en D. Templeman (2012). Veldcampagne Ameland 2011. Onderzoek naar de ecologische effecten van zandsuppleties op macrobenthos, epibenthos en demersale vis op Ameland, Grontmij.

Verduin, E. C., L. Leewis en S. van Rooij (2011). Veldcampagne Ameland 2011. Meetplan. Amsterdam, Grontmij.

Vergouwen, S. A. en H. Holzhauser (2015). Bodemdiergemeenschap Ameland en Schiermonnikoog T0-2014. Delft, Deltares.

Vergouwen, S. A. en H. Holzhauser (2016). Ontwikkeling van het bodemleven in de vooroever na aanleg van een onderwatersuppletie van het bodemleven in de vooroever na aanleg van een onderwatersuppletie. Case studie Ameland en Schiermonnikoog 2009-2014. Delft, Deltares.

Vermaas, T., E. P. L. Elias en L. Vonhögen-Peeters (2013). Ontwikkeling gefaseerde suppletie Ameland 2010-2011 (in concept). Delft, Deltares.

Vonhögen-Peeters, L. M. (2010). Analyse SSS-opname Ameland 2010. Delft, Deltares.

Vonhögen-Peeters, L. M. (2013). Veldrapport SSS-opname 2012. Delft, Deltares.

Wijsman, J., K. Goudswaard, E. Meesters en T. Vanagt (2010). Macrofaunagemeenschap in het onderwatersuppletiegebied Ameland-midden tijdens de zomer 2009 (T0-meting), IMARES-Grontmij.

Wittoeck, J. en A. De Backer (2012). Veldverslag Ameland en Schiermonnikoog 2012. Bemonstering epibenthos en demersale vis. Oostende, ILVO.

Aanvullende referenties

Janssen, G. M., H. Kleef, S. Mulder en P. Tydeman (2008). "Pilot assessment of depth related distribution of macrofauna in surf zone along Dutch coast and its implications for coastal management." Marine Ecology 29(1): 186-194.

Vermaas, T., E. P. L. Elias en L. Vonhögen-Peeters (2013). Ontwikkeling gefaseerde suppletie Ameland 2010-2011 (in concept). Delft, Deltares.



Deltares in samenwerking met

eCOAST
MARINE RESEARCH

the fieldwork company

eurofins

AquaSense



IMARES
WAGENINGEN UR

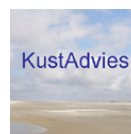


Stichting ANEMOON



de bodem beter in beeld

ILVO
Instituut voor Landbouw-
en Visserijonderzoek



Convenantpartners

Duin
BeHOUD

Waddenvereniging

Stichting
De Noordzee

Vogelbescherming
NEDERLAND

In opdracht van



Rijkswaterstaat
Ministerie van Infrastructuur en Milieu

Deltares

Postbus 177
2600 MH Delft
T +31 (0)88 335 82 73
info@deltares.nl
www.deltares.nl

Deltares is een onafhankelijk kennisinstituut op het gebied van water, ondergrond en infrastructuur. Wereldwijd werken we aan slimme innovaties, oplossingen en toepassingen voor mens, milieu en maatschappij. Deltares heeft vestigingen in Delft en Utrecht.