



Foto Bluece

AUTEURS

Ruurd Noordhuis en Thijs van Kessel
(Deltares)Joep de Leeuw
(WUR)

MARKER WADDEN: LESSEN VAN VIJF JAAR TOEGEPAST ONDERZOEK NAAR BOUWEN MET SLIB EN ECOLOGIE

Tussen 2016 en 2022 zijn de Marker Wadden aangelegd met zand, klei en slib uit het Markermeer, in de vorm van zeven kunstmatige eilanden. Doel is om vogelhabitat en gradiënten tussen diep en ondiep water en droge zones te creëren. Daarnaast moeten de Marker Wadden de troebelheid in het Markermeer verlagen door luwtewerking en het invangen van slib, en zo de ecologische ontwikkeling van het meer bevorderen. De ontwikkelingen in de eerste vijf jaar zijn intensief gevolgd, in dit artikel bespreken we het 'bouwen met slib' en ontwikkeling van de nieuwe natuur.



Afbeelding 1. Marker Wadden met slibcompartimenten, reguliere compartimenten A - E, slibvanggeul en zandwinputten (bron: KIMA synthesesrapport). A en B vormen samen het vrij toegankelijke hoofdeiland. C, D1, D2 en D3/4 zijn vier niet-toegankelijke natuureilanden. De twee E-eilanden zijn hier nog niet voltooid.

De Marker Wadden hebben een omvang van 1300 hectare en de afstand van noord tot zuid is ongeveer 4 kilometer. Het is een combinatie van zeven eilanden met daartussen ondiep water, in een omgeving die 4 á 5 meter diep is. De eilanden zijn gebouwd door compartimenten binnen opgeworpen zandige ringdijken te vullen met slib. Zand en klei zijn gewonnen uit de directe omgeving van de eilanden in daartoe gegraven zandwinputten en een slibvanggeul. De klei uit deze putten en geul is bij de winning en het transport vermengd met water, en als slib met een lage bulkdichtheid (ca. 1200 kg/m³) in de compartimenten gepompt.

Het in 2022 afgeronde programma KIMA (kennis- en innovatieprogramma Marker Wadden) volgde de ontwikkeling van het project. In KIMA werkten diverse partners samen, waaronder WUR, Deltares, NIOO, RWS, Arcadis, Witteveen+Bos en enkele zelfstandige onderzoekers. De resultaten zijn samengevat in een synthesesrapport (De Rijk & Löffler 2022). In dit artikel presenteren we een selectie van deze resultaten voor de onderdelen bouwen met slib en ecologie.

Bouwen met slib

De kernvraag hierbij is hoe we betrouwbaar en betaalbaar een stabiel substraat voor een voedselrijke plas-drassituatie kunnen creëren met slib. Daartoe zijn, met name in de slibcompartimenten (zie afbeelding 1), de inklinking van de sliblaag (consolidatie) en van de ondergrond (zetting) gedurende twee jaar (2019-2021) gemonitord (afbeelding 2). Ook zijn de ontwikkeling van de sterkte van de sliblaag en de korstvorming in de toplaag na droogval gevolgd en ruimtelijke gradiënten in de consolidatie,

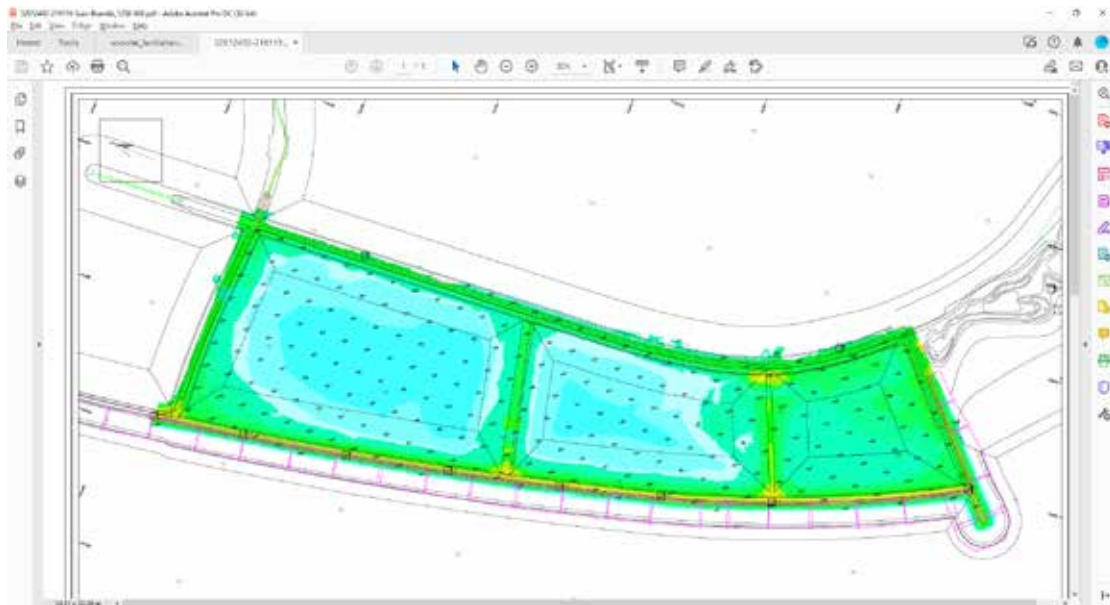
zetting en sedimenteigenschappen zijn in kaart gebracht. De consolidatie gaat in het eerste jaar snel, veel sneller dan de zetting van de ondergrond. De consolidatie in het tweede jaar gaat veel trager, niet veel sneller dan de zetting van de ondergrond.

De dichtheid van het slibpakket neemt toe in de tijd, maar varieert ook ruimtelijk. Dicht bij het vulpunt zit er meer zand in en is de dichtheid hoger. De maximale bulkdichtheid van slibrijke afzettingen is na twee jaar ongeveer 1600 kg/m³ (975 kg droge stof/m³) en neemt dan niet meer verder toe. Ten opzichte van de bulkdichtheid bij vullen van ongeveer 1200 kg/m³ (325 kg droge stof/m³) betekent dit dat het slibvolume een factor drie is afgenomen, dus per 3 m³ ingepompt waterig slib blijft er 1 m³ ingedikt slib over. Dat is minder dan vooraf werd verwacht op basis van kleinschalige experimenten.

Peilbeheer heeft een belangrijke invloed op het verloop van de consolidatie en zetting, omdat hiermee de dikte en oppervlakte van de korst wordt gestuurd. Sterkte ontwikkelt zich snel in deze korst en deze biedt voldoende draagkracht voor vegetatie-ontwikkeling.

Een en ander heeft geleid tot de volgende conclusies met betrekking tot bouwen met slib:

- De ontmenging van sedimentfracties tijdens het vullen (door verschillende snelheden van bezinken) geeft een ruimtelijke variatie in bodemhoogte en -samenstelling die gunstig is voor de ecologische diversiteit.
- Na bezinking en afdalen van water vormt zich een snel sterker wordende korst. De consolidatie van de sliblaag daaronder vindt grotendeels in het eerste paar jaar plaats. De zetting van de ondergrond gaat langer door.
- Peilbeheer is een belangrijke sturende factor voor



Afbeelding 2. Hoogteligging van de dunslibcompartimenten, elf maanden na de tweede vulslag (5 januari 2021). Hoogte in m NAP. Markermeer winterpeil tussen NAP -0.2 en -0.4 m; zomerpeil tussen NAP -0.3 en -0.1 m.

korstvorming, consolidatie en zetting, dus ook voor vegetatieontwikkeling.

- Het verloop van consolidatie en zetting zijn goed voorspelbaar als de hoeveelheid slib en de sedimenteigenschappen precies bekend zijn. Omdat deze van plaats tot plaats nogal verschillen zijn modelvoorspellingen onzeker en kan de gewenste stabiele eindhoogte het betrouwbaarst worden gerealiseerd door pleksgewijs 'bij te sturen' met extra slib.

Invloed van de Marker Wadden op de slibfluxen in het Markermeer

De invang van slib dient een dubbel doel: 1) het slib is te gebruiken voor de Marker Wadden (door de mens of natuurlijk) en 2) verlaging van de troebelheid van het Markermeer.

De slibdynamiek in het Markermeer wordt sterk gestuurd door de wind en is erg variabel. Daarom is een combinatie van meten en modelleren gebruikt om het effect van de Marker Wadden te bepalen.

Afbeelding 3 toont de vastgestelde verandering van de slibconcentratie in de waterkolom (links) en de hoeveelheid slib op de bodem (rechts). In de luwte van de eilanden neemt de slibconcentratie af. Daar en in de putten worden respectievelijk enkele decimeters en enkele centimeters slib per jaar afgezet. Op de schaal van het hele Markermeer is dit een klein, maar blijvend effect (ca. 1-2 mg/l afname). Het in de slibgeul en de putten afgezette slib is bruikbaar voor onderhoud, bijvoorbeeld ter compensatie van restzetting.

Ecologie

De kernvraag wat betreft de ecologie was hoe een natuurlijk voedselrijk moeras met bijbehorende ondiepten en oeverzones zich kan ontwikkelen en duurzaam in stand kan blijven als functioneel onderdeel van het Markermeer-ecosysteem.

Het bouwen met het voedselrijke holocene slib heeft direct gezorgd voor hoge biologische productie en snelle kieming en groei van vegetatie. De afgelopen jaren was er sprake van een pioniersituatie, waarbij zich op de eilanden geleidelijk een voedselrijk rietmoeras ontwikkelde. Als eerste ontstond op grote schaal een pioniervegetatie van met name moerasandijvie en rode ganzenvoet op de ondiepe sliklagen en land-waterovergangen (afbeelding 4a). Ook begonnen lisdodde en riet zich in enige mate te vestigen, al dan niet met hulp van de inbreng van zaad of wortelstokken en het bieden van bescherming om vraat door ganzen te beperken. Zo hebben zich nieuwe habitats ontwikkeld met een mozaïek van ondieptes, geleidelijke land-waterovergangen, slikken en hogere zandige delen. In ondiep water ontwikkelden zich ondergedoken vegetaties van onder meer fonteinkruiden en kranswieren, met een ruimtelijke variatie in soortsaanstelling en structuur (Afbeelding 4b). In de waterbodems ontwikkelden zich gemeenschappen van bodemfauna. De ondiepe zones in de luwte van de eilanden met een rijke structuur en bodemfauna boden al snel een aantrekkelijke leefomgeving voor veel vissoorten waarvan zeker 14 soorten geschikte paai- en opgroeiplekken wisten te benutten (De Leeuw et al. 2021).

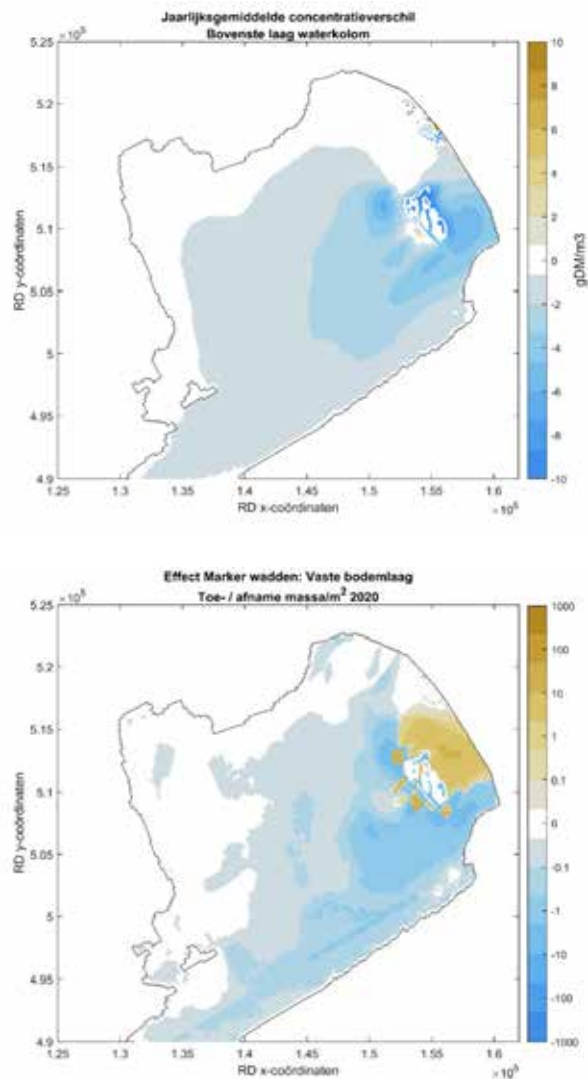
Afbeelding 3. De invloed van de Marker Wadden op de slibdynamiek in het Markermeer. Boven: vermindering slibconcentratie in waterkolom. Onder: verandering van de hoeveelheid slib op de bodem.

Hoge dichtheden van plankton, insecten, bodemfauna en jonge vis vormen voedsel voor grotere vissen en de lokale broedvogels. Vanaf het begin vestigden zich kolonies kokmeeuwen en visdieven op de zandige hoogtes en dijken van de compartimenten, en vonden tal van vogels – met name eenden en steltlopers – hun weg naar de slikkige compartimenten. In 2021 was het totale aantal broedvogelparen opgelopen tot ongeveer 10.000, verdeeld over bijna 50 soorten. Terwijl de eerste jaren de pioniersoorten van kale bodems zoals visdiefjes, plevieren en kluten dominant waren (zie tabel 1), beginnen de laatste jaren moerasvogels als baardmannetjes, rietzangers en waterwallen toe te nemen. Daarnaast maken tienduizenden vogels op doortrek of in de winter gebruik van de eilanden als foerageer- en slaappleaats. De vogels benutten de Marker Wadden op landschapsschaal, dat wil zeggen dat er veel uitwisseling is met omliggende gebieden als de Oostvaardersplassen en Trintelzand, zodat de gebieden elkaar wederzijds versterken.

De eilanden beïnvloeden ook de ecologie van het Markermeer als geheel. Het duidelijkste effect is de toevoeging van habitats en soorten die ondervetegenwoordigd waren door de onnatuurlijke diepteverdeling van het meer door de steile stenen oevers. Er zijn rijke habitats bijgekomen zoals moeras, slikken, ondiepten met waterplanten en geleidelijke land-water overgangen. In deze habitats komt de bodemfauna goed tot ontwikkeling, die op zijn beurt een belangrijke voedselbasis vormt voor vissen en vogels. Het beoogde positieve effect op het voedselweb en de productiviteit via verbetering van de waterkwaliteit rond de Marker Wadden is minder evident, maar de werkzaamheden zijn nog maar net afgerond. In de luwte van de eilanden zijn nieuwe gradiënten van helder naar troebel water ontstaan, in combinatie met ruimtelijk gevarieerde patronen van erosie en sedimentatie (afbeeldingen 3 en 5). Dit is gunstig voor het functioneren van het hele ecosysteem van het Markermeer. In de slibvangputten kunnen zich grote aantallen vissen verzamelen.

Wat betekent dit voor de praktijk?

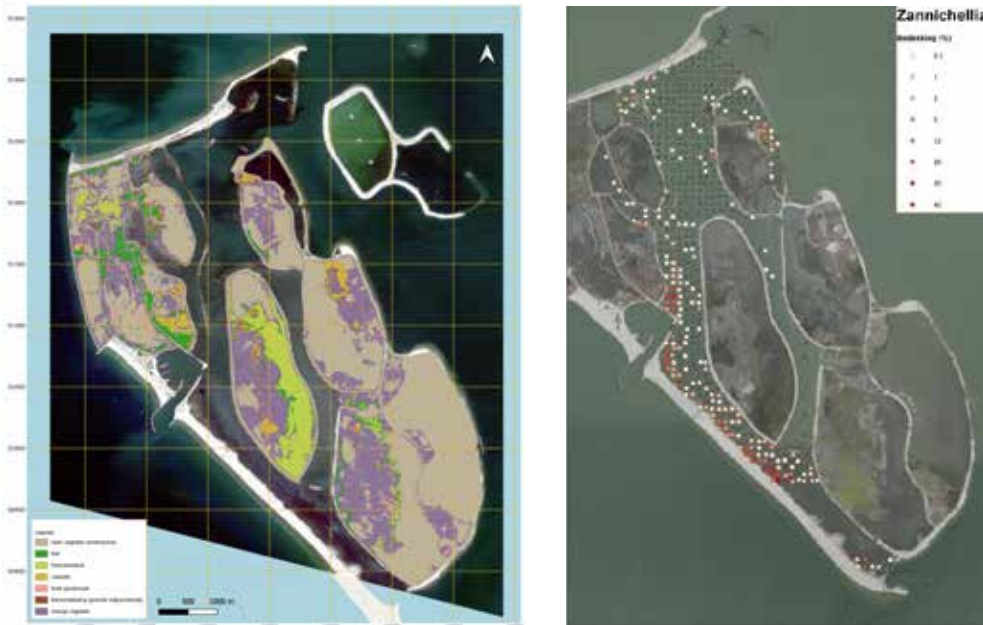
De eerste vijf jaren de Marker Wadden laten zien dat de hogere zandige randen zorgen voor stabiliteit van de archipel en broedgelegenheden bieden voor vogels. De



dynamische wetlands met plas- dras slikken op rijke bodem zorgen voor een hoge voedselproductie, en vormen zo een ideaal foerageergebied voor veel vogels en een kraamkamer voor vissen. Door verbindingen tussen de compartimenten en het omliggende water via geulen en *wash-overs* ontstaat een dynamiek van water- en sedimentstromen tussen de ondieptes tussen de eilanden en het Markermeer.

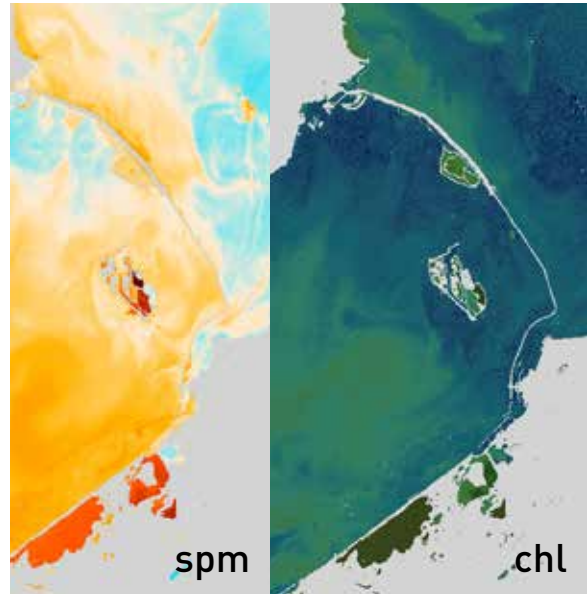
De resultaten tot nu toe laten ook zien dat de ecologische ontwikkeling in het met slib gebouwde moeras goed op gang komt. Met name qua vogels zijn hoge natuurwaarden bereikt, die van nationale of zelfs internationale betekenis zijn in het licht van Natura 2000. De ontwikkelingen betekenen tevens een belangrijke verrijking van het Markermeer ecosysteem.

Dat het gebied sterk in ontwikkeling is, betekent ook dat de huidige staat van de natuur tijdelijk is. De hoge natuur-



Afbeelding 4. Vegetatie en habitat-ontwikkeling op en tussen de eilanden. Links: vegetatiekartering van de droge delen van de Marker Wadden in 2021. Lichtbruin = kaal slik, lichtgroen = moerasandijvie, donkergroen = riet, oranje = lisdodde, paars = overig (Klein Schaarsberg en Ivushkin 2021). Rechts: voorbeeld van de aanwezigheid van een waterplantensoort, het fonteinkruid Zannichellia in de geulen tussen de eilanden in 2021. Van wit naar rood in toenemende dichtheid (Kers & Zielman 2022).

Stock



Afbeelding 5. Luwte ten zuiden van de Marker Wadden bij noordenwind op 13 mei 2019. Sentinel satellietbeeld, bewerkt voor zwevend stof (spm) en chlorofyl (chl). De beelden laten verlaagde concentraties zwevend stof (lichte kleur) en chlorofyl (donkere kleur) zien (De Rijk & Löffler 2022).



	2017	2018	2019	2020	2021
Visdief broedparen	1750	1705	780	1136	1500
Visdief broedsucces	0,5-0,8	1,9	1,4	0,9	1,2
Dwergstern broedparen	1	11	7-11	3	10
Dwergstern broedsucces		?	>1	<0,5	0,7
Kluut broedparen	69	208	380	343	285
Kluut broedsucces		1,7 – 2	0,8-1,8	0,2-0,3	0,3-0,5
Kokmeeuw broedparen	352	824	2460	4712	8000-8750
Zwartkopmeeuw broedparen	0	1	0	32	195

Tabel 1. Aantallen broedparen van meeuwen, sterns en kluten op de Marker Wadden en het gemiddeld aantal uitgevlogen jongen per paar (o.a. Dreef et al. 2021; voor overige bronnen zie De Rijk & Löffler 2022).

waarden hangen namelijk deels samen met de schaarse pioniersituaties waar zeldzame soorten slechts tijdelijk gebruik van kunnen maken. Bij verdere successie ontstaan weer nieuwe leefomgevingen die op hun beurt weer kansen bieden voor andere soorten. Hoe het verder gaat is onzeker. Wel is duidelijk dat voor duurzame aanwezigheid van rietmoeras en functionele land-water overgangen dynamiek nodig is, hetzij natuurlijk in de vorm van waterbeweging (peilfluctuaties), hetzij door middel van specifiek beheer. In het Markermeer is de natuurlijke dynamiek beperkt door het hanteren van een streefpeil. Dit beperkt ook de uitwisseling van voedingsstoffen tussen de Marker Wadden en het meer. Zolang de kades van de compartimenten nog niet zijn geopend, is in de compartimenten een eigen peilbeheer in principe mogelijk. Door compartimenten op zeker moment (permanent) te openen wordt de uitwisseling van water, slib, nutriënten, vissen, etc. tussen het Markermeer en de Marker Wadden mogelijk, waarbij de timing van opening van belang is met betrekking tot de balans tussen consolidatie, erosie en sedimentatie van slib en de invloed van de vegetatie daarop. Wash-overs in de randen (aangebrachte verlagingen) van de compartimenten vormen een tussenoplossing.

De aanleg van de eilanden heeft ook de fysieke omgeving beïnvloed, bijvoorbeeld doordat in de zandwinputten en in de luwtes van de eilanden (met gradiënten van troebel naar helder water) nieuwe leefomgevingen zijn ontstaan voor onder meer vissen, vogels en bodemfauna. Diepe putten in de omgeving van de eilanden lijken echter ook een deel van de voedingsstoffen uit het meer en uit het moeras te kunnen accumuleren, wat de uitwisseling tussen beide deelsystemen zou kunnen benadelen. Dit is een van de onderwerpen voor vervolgstudie in KIMA-2.

Ruurd Noordhuis en Thijs van Kessel (*Deltares*) en Joep de Leeuw (*WUR*)

BRONNEN

De Rijk S. & M. Löffler. 2022. Syntheserapport KIMA. De eerste vijf jaar onderzoek op Marker Wadden. Deltares, Utrecht.

De Leeuw, J.J., J. Volwater, O. van Keeken, J. Elings & C. van Leeuwen, 2021. Paai- en opgroeigebieden voor vis in en rond Marker Wadden. Wageningen Marine Research rapport C058/21

Dreef, C., J. van der Winden & Y.I. Verkuil. 2021. Broedvogels en pleistersaars op Marker Wadden 2020-2021. Rapport 2021-02, Camilla Dreef, Amsterdam.

Kers A.S. & J. Zielman 2022. Toelichting bij de Waterplantenkartering Marker Wadden 2021. Rijkswaterstaat, CIV, Delft.

Klein Schaarsberg F.L.H., en K. Ivushkin, 2021. Monitoring vegetatie ontwikkeling op land. Rapportage t.b.v project WN08 2019 Marker Wadden - Remote Sensing. Witteveen + Bos, rapport 119777/21-017.059, Deventer.

SAMENVATTING

Na vijf jaar onderzoek aan de Marker Wadden is er nu een eerste overzicht van de resultaten. Dit artikel behandelt twee aspecten: bouwen met slib en de ecologie. De aanleg van de eilanden met slib uit het Markermeer verliep volgens plan, al was de inklinking van de sliblaag sterker dan verwacht. In de luwte van de eilanden en in zandwinputten neemt de slibconcentratie af. Voor het hele Markermeer betekent dit een kleine, maar blijvende vermindering van de troebelheid. De ecologische ontwikkeling in de aangelegde moerassen komt goed op gang, wat vooral blijkt uit de grote rijkdom aan vogels. In de zandwinputten en in de luwtes van de eilanden zijn nieuwe leefomgevingen ontstaan voor vissen, vogels en bodemfauna. Dit is een belangrijke verrijking van het Markermeer ecosysteem. De successie gaat verder, dus sommige natuurwaarden zullen tijdelijk blijken.