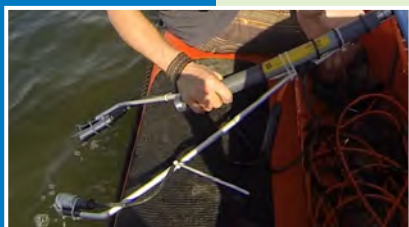


De verspreiding van witte bacteriematten en schade aan het bodemleven in het Grevelingenmeer III

Onderzoek naar effecten van zuurstofloosheid, zomer 2013



K. Dideren
W. Lengkeek
S. Bouma



Bureau Waardenburg bv
Adviseurs voor ecologie & milieu

De verspreiding van witte bacteriematten en schade aan het bodemleven in het Grevelingenmeer III

Onderzoek naar effecten van zuurstofloosheid, zomer 2013

K. Didderen
W. Lengkeek
S. Bouma

De verspreiding van witte bacteriematten en schade aan het bodemleven in het Grevelingenmeer III

Onderzoek naar effecten van zuurstofloosheid, zomer 2013

K. Didden
W. Lengkeek
S. Bouma



Bureau Waardenburg bv
Adviseurs voor ecologie & milieu

Postbus 365 4100 AJ Culemborg
Telefoon 0345 51 27 10, Fax 0345 51 98 49
info@buwa.nl www.buwa.nl

opdrachtgever: Rijkswaterstaat Zeeland

25 november 2013
rapport nr. 13-147

Status uitgave: eindrapport
Rapport nr.: 13-147
Datum uitgave: 25 november 2013
Titel: De verspreiding van witte bacteriematten en schade aan het bodemleven in het Grevelingenmeer III
Subtitel: Onderzoek naar effecten van zuurstofloosheid, zomer 2013
Samenstellers: Drs. K. Didden
Dr. W. Lengkeek
Drs. S. Bouma
Foto's omslag: Bureau Waardenburg bv
Aantal pagina's inclusief bijlagen: 46
Project nr.: 12-700
Projectleider: Drs. K. Didden
Naam en adres opdrachtgever: Rijkswaterstaat Zee en Delta
Postbus 5014 4330 KA Middelburg
Referentie opdrachtgever: Bestelnr. 4500210624/zaak id. 31081156./28 maart 2013
Akkoord voor uitgave: Teamleider Bureau Waardenburg bv
drs. A.Bak



Paraaf:

Bureau Waardenburg bv is niet aansprakelijk voor gevolgschade, alsmede voor schade welke voortvloeit uit toepassingen van de resultaten van werkzaamheden of andere gegevens verkregen van Bureau Waardenburg bv. Opdrachtgever hierboven aangegeven vrijwaart Bureau Waardenburg bv voor aanspraken van derden in verband met deze toepassing.

© Bureau Waardenburg bv / Rijkswaterstaat Zee en Delta
Dit rapport is vervaardigd op verzoek van opdrachtgever en is zijn eigendom. Niets uit dit rapport mag worden vervaelvoudigd en/of openbaar gemaakt worden d.m.v. druk, fotokopie, microfilm of op welke andere wijze dan ook, zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van de opdrachtgever hierboven aangegeven en Bureau Waardenburg bv, noch mag het zonder een dergelijke toestemming worden gebruikt voor enig ander werk dan waarvoor het is vervaardigd.

Het kwaliteitsmanagementsysteem van Bureau Waardenburg bv is door CERTIKED gecertificeerd overeenkomstig ISO 9001:2008.



Bureau Waardenburg bv
Adviseurs voor ecologie & milieu

Postbus 365 4100 AJ Culemborg
Telefoon 0345 51 27 10, Fax 0345 51 98 49
info@buwa.nl www.buwa.nl

Voorwoord

Rijkswaterstaat Zee en Delta heeft Bureau Waardenburg opdracht verleend om, in navolging van 2010 en 2011 (Lengkeek *et al.* 2010b, Lengkeek & Bouma 2011), in de zomer van 2013 onderzoek te doen naar de verspreiding van witte bacteriematten en schade aan het bodemleven in het Grevelingenmeer. Op 1 en 2 augustus 2013 is de bodem van het Grevelingenmeer op 100 locaties geïnspecteerd met een Novasub videosysteem, waarbij op iedere locatie foto's zijn gemaakt en in het veld een beschrijving van de bodem is opgesteld aan de hand van de live videobeelden. De voorliggende rapportage bevat de resultaten van het onderzoek.

Het onderzoek is uitgevoerd door een projectteam van Bureau Waardenburg bestaande uit:

Karin Dideren	projectleiding, veldwerk, rapportage
Wouter Lengkeek	veldwerk en rapportage
Sietse Bouma	kwaliteitsborging
Steven Stemerding	veldwerk
Hester Soomers	GIS werkzaamheden

Vanuit Rijkswaterstaat is het project begeleid door Paul Paulus. Wij willen iedereen hartelijk bedanken voor hun bijdrage aan dit project.

Inhoud

Voorwoord.....	3
Samenvatting.....	7
1 Inleiding.....	9
1.1 Aanleiding.....	9
1.2 Verspreiding van witte bacteriematten en schade aan bodemleven (2010/11).....	9
1.3 Doel.....	10
2 Materiaal en methoden.....	11
2.1 Locaties.....	11
2.2 Cameramethode.....	12
2.2 Registratie en analyse beelden.....	13
2.3 Uitwerking in GIS en kaarten.....	15
2.4 Aanvullende registratie Japanse oesters/ ophopingen van zeesla.....	15
3 Resultaten.....	17
3.1 Zuurstofcondities Grevelingen 2013.....	17
3.2 Witte bacteriematten.....	18
3.3 Schade aan bodemleven.....	19
3.4 Relatie witte bacteriematten en schade aan bodemleven.....	21
3.5 Relatie met diepte.....	22
3.6 Vergelijking 2010 en 2013.....	23
4 Discussie.....	27
4.1 Verspreiding.....	27
4.2 Bacteriematten als ecologische indicator van het bodemleven.....	27
4.2 Resultaten in relatie tot beheer.....	28
5 Conclusies en aanbevelingen.....	29
5.1 Conclusies.....	29
5.2 Aanbevelingen.....	29
6 Literatuur.....	31

Samenvatting

Het doel van dit onderzoek is het verkrijgen van meer inzicht in de verspreiding van witte bacteriematten en andere schade aan het bodemleven in het Grevelingenmeer (beide zijn waarschijnlijk het gevolg van zuurstofloosheid).

In de zomer van 2013 is in augustus een visuele inspectie van de bodem uitgevoerd op 100 locaties in het meer. Op elke locatie zijn foto's van de bodem gemaakt en is aan de hand van live videobeelden een beschrijving van de situatie onder water opgesteld. De verspreiding van de kenmerkende witte matten van *Beggiatoa spp.* bacteriën zijn in kaart gebracht evenals andere vormen van zichtbare schade aan het bodemleven.

Witte bacteriematten zijn op 77% van de locaties aangetroffen en komen verspreid over het meer voor. Hoge bedekkingen zijn met name aangetroffen in het oostelijk deel bij de Bocht van St Jacob, het noordelijk gelegen Springersdiep en ten zuiden van de Hompelvoet. Het bedekkingspercentage neemt toe met toenemende waterdiepte. Vanaf 4 meter (on)diepte zijn er hoge bedekkingen (>50%) met witte bacteriematten waargenomen.

Schade aan het bodemleven is aangetroffen op 79% van de locaties, verspreid over het meer. Schade aan het bodemleven neemt toe met toenemende waterdiepte. Vanaf 3 meter (on)diepte zijn er locaties met helemaal geen bodemleven waargenomen. Locaties met een gezonde bodemgemeenschap (21%) zijn tot 11 meter aangetroffen, verspreid over het meer.

Er is een significante relatie is tussen het voorkomen van witte bacteriematten en schade aan het bodemleven. Hoge percentages bedekking met witte bacteriematten zijn altijd gekoppeld aan zichtbare schade aan het bodemleven. Echter op verschillende locaties waar witte bacteriematten ontbreken, is schade aan het bodemleven zichtbaar.

Op de meerderheid (81%) van de locaties waar in 2010 geen witte matten aanwezig waren, maar wel schade aan het bodemleven werd geconstateerd, is in 2013 de bodem bedekt met witte bacteriematten

De resultaten laten zien dat ook in 2013 de condities voor een gezond bodemleven in het Grevelingemeer verre van optimaal zijn.

1 Inleiding

1.1 Aanleiding

In het Grevelingenmeer komt zuurstofdeficiëntie voor in zowel de waterkolom als in de bodem (Hoeksema 2002; Lengkeek *et al.* 2007). Duidelijk is, dat de zuurstofhuishouding in het Grevelingenmeer niet voldoet aan de gestelde beheersdoelstellingen (Hoeksema 2002; Bouma *et al.* 2008; Wetsteijn 2011). Daarnaast zijn er in het Grevelingenmeer neergaande ecologische trends gesignaleerd die mogelijk gerelateerd zijn aan de zuurstofproblematiek (Bouma *et al.* 2008) en wordt er een steeds verdere verspreiding van de witte *Beggiatoa* matten geconstateerd (Nolte & Basch 2011).

In de waterkolom lijkt het proces van zuurstofloosheid voornamelijk veroorzaakt te worden door gecombineerde zout- en temperatuurstratificatie en geringe dynamiek gedurende de zomermaanden. Na een zuurstofarme periode vindt snel kolonisatie van *Beggiatoa* plaats. *Beggiatoa* is een bacterie die voor zijn metabolisme gebruik maakt van zowel zuurstof als waterstofsulfide. Wanneer het grensvlak van sulfide en zuurstof boven het sediment oppervlak komt te liggen, kunnen de bacteriën witte matten op de bodem vormen. De bacteriën in de matten vangen van onder zwavelwaterstof in en van boven zuurstof dat zich in de waterkolom bevindt. Door het gebruik van zuurstof kunnen de bacteriën zorgen voor een toename van zuurstofloze condities. *Beggiatoa* matten kunnen worden gezien als een indicator van organische belasting en (tijdelijke) zuurstofarme of zuurstofloze omstandigheden (Nolte & Basch 2011).

1.2 Verspreiding van witte bacteriematten en schade aan bodemleven (2010/11)

In augustus 2010, na een periode van stratificatie, is onderzocht hoe omvangrijk de effecten op de bodem en het bodemleven is en hoe witte bacteriematten (*Beggiatoa spp.*) zich verspreiden over het Grevelingenmeer (Lengkeek *et al.* 2010b).

In maart 2011 (einde van de winter) is vervolgens onderzoek gedaan naar de verspreiding van witte bacteriematten en mogelijk herstel van het bodemleven (Lengkeek & Bouma 2011). De inspectie in 2010 (25 augustus tot en met 1 september) is uitgevoerd op 198 locaties verspreid over het Grevelingenmeer. Op 77 van deze locaties werden toen witte matten en/of schade aan het bodemleven waargenomen (Lengkeek *et al.* 2010b). De inspectie in maart 2011 (17 tot 22 maart) had als doelstelling om te bepalen in hoeverre het voorkomen van de witte matten en/of schade aan het bodemleven gerelateerd was aan het seizoen. Tijdens die inspectie werden daarom alleen de 77 locaties die in 2010 aangemerkt waren als 'probleemlocaties' bezocht (Lengkeek & Bouma 2011).

Uit het onderzoek in 2010 komt naar voren dat na een periode van zuurstofloosheid van de waterkolom, zowel witte bacteriematten als zichtbare schade aan het bodemleven verspreid over het Grevelingenmeer voorkomen, met name vanaf 6 meter en dieper. De verspreiding van bacteriematten is patchy en bovendien komt schade aan het bodemleven op meer locaties voor dan witte bacteriematten.

Uit het onderzoek in maart 2011 kwam naar voren dat er duidelijk herstel was opgetreden ten opzichte van de nazomer 2010. Er was echter geen sprake van volledig herstel en witte bacteriematten en schade aan het bodemleven werd ook nu nog op locaties vastgesteld (Lengkeek *et al.* 2010b; Lengkeek & Bouma 2011).

Voorliggende rapportage beschrijft een onderzoek waarin 77 locaties die in 2010 en 2011 zijn onderzocht, nogmaals geïnspecteerd zijn. Het betreft locaties waar in 2010 witte bacteriematten van *Beggiatoa* of andere vormen van schade aan het bodemleven werden aangetroffen. Daarnaast zijn 23 locaties bezocht die onderdeel zijn van de meetpunten van de MWTL benthos monitoring, zodat een relatie kan worden onderzocht met het bodemleven.

1.3 Doel

De doelstelling van het onderzoek is:

- Het vastleggen van de verspreiding van witte bacteriematten en andere zichtbare schade aan het bodemleven op 100 locaties in het Grevelingenmeer.

Hiermee wordt informatie verschaft waarmee beter inzicht verkregen kan worden in de relatie tussen zuurstofdeficiëntie en de verspreiding van witte bacteriematten en andere vormen van schade aan het bodemleven in de zomer van 2013.

Aanvullend zijn de volgende aspecten onderzocht:

- De relatie tussen het voorkomen van witte bacteriematten en schade aan het bodemleven
- De relatie tussen de waterdiepte en het voorkomen van witte bacteriematten en schade aan het bodemleven
- De relatie tussen het voorkomen van witte bacteriematten en schade aan het bodemleven in de zomer van 2013 en de (na)zomer van 2010.

Om de resultaten goed te kunnen vergelijken met de eerder uitgevoerde onderzoeken zijn in 2013 dezelfde 77 locaties bezocht die zowel in 2010 als in 2011 geïnspecteerd. In totaal zijn in 2013 100 locaties geïnspecteerd.

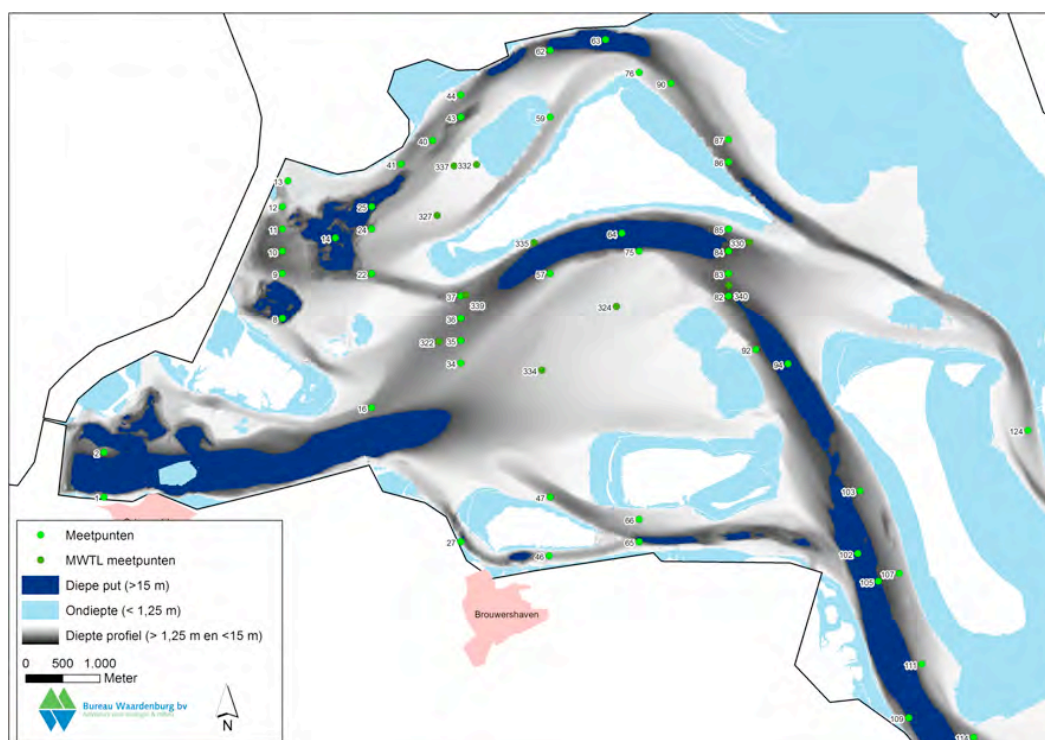
2 Materiaal en methoden

Het onderzoek is uitgevoerd op 1 en 2 augustus 2013.

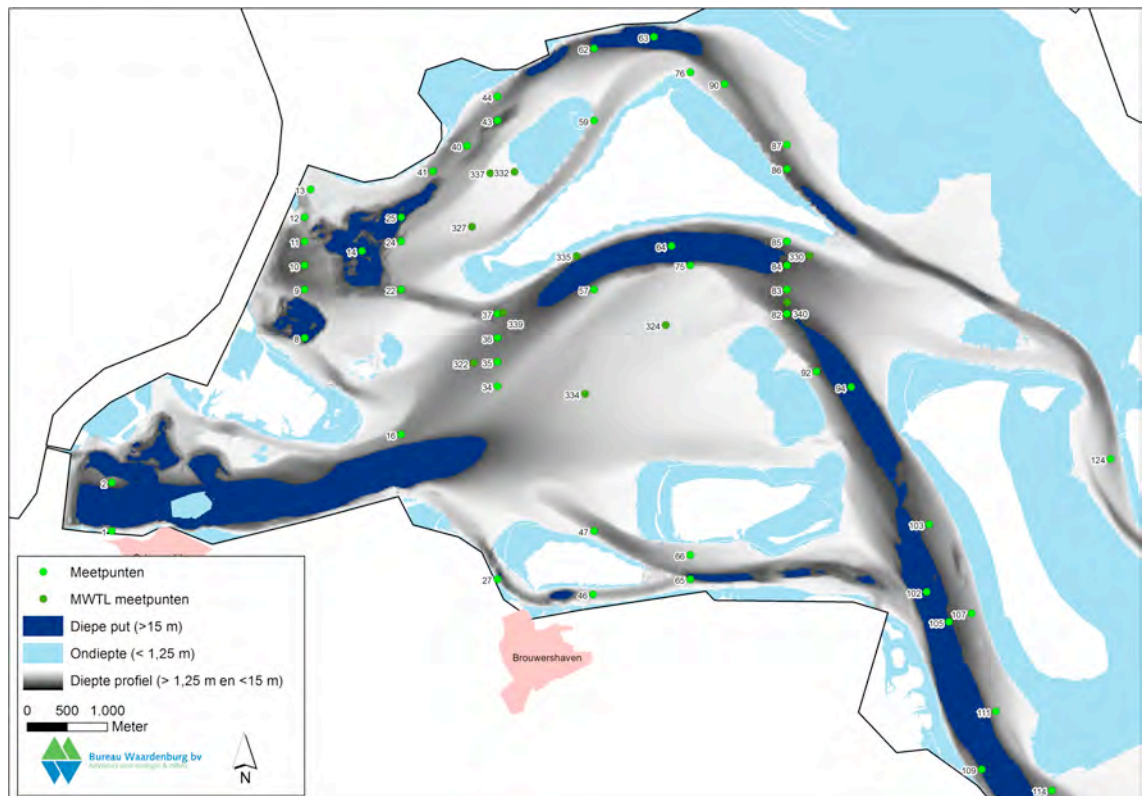
2.1 Locaties

De bodem is onderzocht op de locaties die in de studie van 2010 (Lengkeek *et al.* 2010b) zijn aangemerkt als probleemlocaties. Dit betreft 77 locaties verspreid over het Grevelingenmeer (figuur 2.1 en 2.2, t/m nr 205 en Bijlage 1). Additioneel zijn 23 locaties onderzocht die overeenkomen met locaties waar benthos bemonsteringen plaatsvinden in het kader van Monitoring Waterstaatkundige Toestand des Lands (MWTL). (figuur 2.1 en 2.2, vanaf nr 301 en Bijlage 1).

Op elk punt is de diepte vastgelegd, zuurstof gemeten en zijn beelden verzameld van de bodem. Er is genoteerd of er witte bacteriematten zichtbaar waren of schade aan het bodemleven zichtbaar was (§2.2). Ook is genoteerd of er Japanse oesters en / of ophopingen van zeesla aanwezig waren.



Figuur 2.1 De inspectielocaties verspreid over het Grevelingenmeer, deelgebied West (zie Bijlage 1 voor vergroting).



Figuur 2.2 De inspectielocaties verspreid over het Grevelingenmeer, deelgebied Oost (zie Bijlage 1 voor vergroting).

2.2 Cameramethode

Voor het uitvoeren van de visuele inspecties is een Novasub videosysteem gebruikt. Dit is een onderwater videocamera met verlichting die door middel van een kabel aan een laptop is verbonden. De camera kan zowel foto's als videobeelden maken en kan dankzij de lengte van de kabel (75 meter) op elke gewenste diepte in de Grevelingen ingezet worden. De camera en verlichting zijn aan een statief bevestigd vanaf een vaartuig naar de bodem gelaten (Figuur 2.2).

Het gebruikte vaartuig is een zeven meter lange RIB (Rigid Inflatable Boat) die slechts 60 cm diep steekt en daardoor ook ondiepe locaties kan bereiken. Het vaartuig beschikt ook over een dieptemeter die op 0,1 meter nauwkeurig is. Het gebruik van deze methode voor het onderzoeken van de (zee)bodem en bodemdieren is eerder met succes toegepast (Lengkeek *et al.* 2010a, b, Lengkeek & Bouma 2011, Didden *et al.* 2011).



Figuur 2.2 Links: De camera, verlichting en zuurstofmeter. Rechts: opstelling met beeldscherm en videosysteem op de RIB.

2.2 Registratie en analyse beelden

Op elke locatie zijn meerdere foto's van de bodem gemaakt voor archivering. In het veld is de conditie van de bodem direct bepaald aan de hand van de live videobeelden. Met behulp van deze beelden is ter plaatse een veldformulier ingevuld. Het ingevulde veldformulier, waarin ook alle opgenomen parameters staan vermeld, is opgenomen in Bijlage 5.

Op het veldformulier zijn verschillende parameters ingevuld:

1. diepte
2. zuurstof
3. aanwezigheid van witte bacterie matten (*Beggiatoa*)
4. aanwezigheid van bodemleven
5. zichtbare schade aan het bodemleven.

Ad 1. Op locaties met een steil talud bleek het moeilijk om aan de hand van GPS-posities op exact dezelfde diepte uit te komen als in het vorige onderzoek. Een horizontale afwijking van enkele meters kan in zulke gevallen al een forse diepteafwijking veroorzaken. Op die locaties is een traject met verschillende dieptes geïnspecteerd, met daar binnen in ieder geval de diepte die bekeken is in 2010.

Ad 2. Aan het statief van de camera is tevens een zuurstofmeter vastgemaakt, 20 cm boven de camera. Op elke locatie is het percentage (%) en de concentratie (mg/l) opgelost zuurstof nabij de bodem bepaald.

Ad 3. De aanwezigheid van witte bacteriematten is geregistreerd, waarbij het percentage bedekking (afgerond op 5%) is geschat aan de hand van de camerabeelden. Uiteindelijk zijn voor de analyse en kaarten, naast de bedekkingspercentages, de volgende klassen gehanteerd:

0 = bacteriemat afwezig

- 1 = bedekking bacteriemat 1-50%
- 2 = bedekking bacteriemat 51-100%

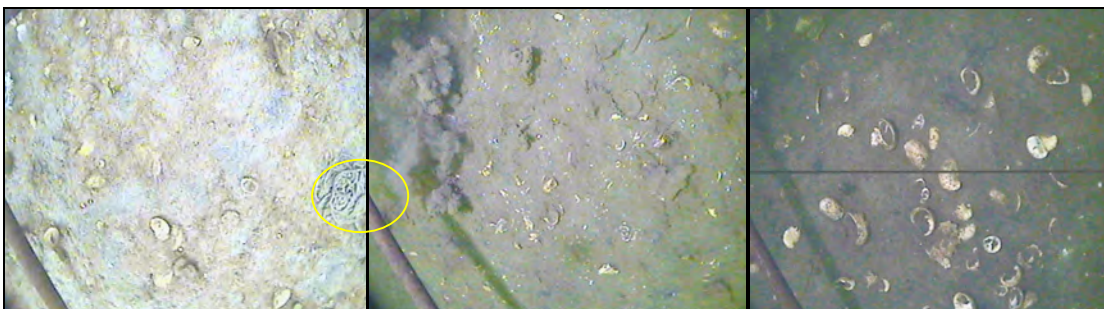
Ad 4. Het aanwezige bodemleven is geregistreerd, waarbij determinatie op hoofdgroepniveau heeft plaatsgevonden. De volgende groepen konden op de camerabeelden worden onderscheiden: anemonen (oa zeeanjer, wedueroos), krabben (oa strandkrab, noordzeekrab), zakpijpen (oa ruwe zakpijp, doorschijnende zakpijp, druipzakpijp, slingerzakpijp), schelpdieren (gaten van oa. *Ensis sp.*), wormen (oligocheata en polychaeta), muiltjes, japanse oesters, wieren (oa zeesla), sponzen, zeesterren (oa gewone zeester), garnalen (oa strandgarnaal), grondels (oa brakwatergrondel, lozano's grondel, zwarte grondel).

Ad 5. Met betrekking tot schade aan het bodemleven is een indeling gemaakt in gezonde bodemdier-gemeenschap/ beperkte bodemdier-gemeenschap/ geen bodemdier-gemeenschap (Figuur 2.3; zie ook Lengkeek et al. 2007 en 2010b).

Een **gezonde bodemdier-gemeenschap** in de Grevelingen bevat zeker tot op 20 meter diepte verschillende diersoorten waaronder (slib)anemonen, schelpdieren en vooral veel wormachtigen (te zien aan hoopjes uitwerpselen) in het zand. Ook op harde substraten groeien anemonen samen met andere zichtbare soorten zoals sponzen en oesters.

Een **beperkte bodemdier-gemeenschap** wordt bij recente sterfte gekenmerkt door dode dieren aangetroffen, zoals bijvoorbeeld zeesterren. Op deze locaties zijn tevens geen (hoopjes uitwerpselen van) wormen meer waarneembaar, zijn (slib)anemonen een zeldzaamheid en zijn alleen nog zakpijpen en muiltjes als levende dieren te herkennen. Oesters zijn niet betrokken bij het bepalen van deze toestand, omdat met het videosysteem vaak moeilijk te zien is of deze dood of levend zijn.

Bij **geen bodemdier-gemeenschap** is duidelijk te zien dat er helemaal niets meer in leven is. Concreet is dat zichtbaar doordat de muiltjes niet meer aan elkaar kleven, er geen zakpijpen meer te vinden zijn en er geen sporen van leven onder het zand zijn te herkennen.



Figuur 2.3 Links: gezonde bodem met anemoon, wormenhoopjes en bruine diatomeeën-mat. Midden: 'zeer beperkt bodemleven'; alleen levende zakpijpen aanwezig. Rechts: 'geen bodemleven'; geen zichtbare levende organismen aanwezig.

2.3 Uitwerking in GIS en kaarten

Voor zuurstofmetingen, zijn TSO metingen geraadpleegd via de website www.meetadviesdienst.nl. Deze metingen laten zien hoe de zuurstofloosheid in de waterkolom zich over het meer heeft verspreid in 2013 en hoe de situatie was ten tijde van de inspectie (TSO meting 24 juli 2013, Bijlage 1). De verspreiding van de witte bacteriematten, schade aan het bodemleven en tekenen van herstel zijn inzichtelijk gemaakt door middel van een GIS-kaart. De relatie met diepte is onderzocht met behulp van het statistiekpakket SPSS 19 voor Windows.

2.4 Aanvullende registratie Japanse oesters/ ophopingen van zeesla

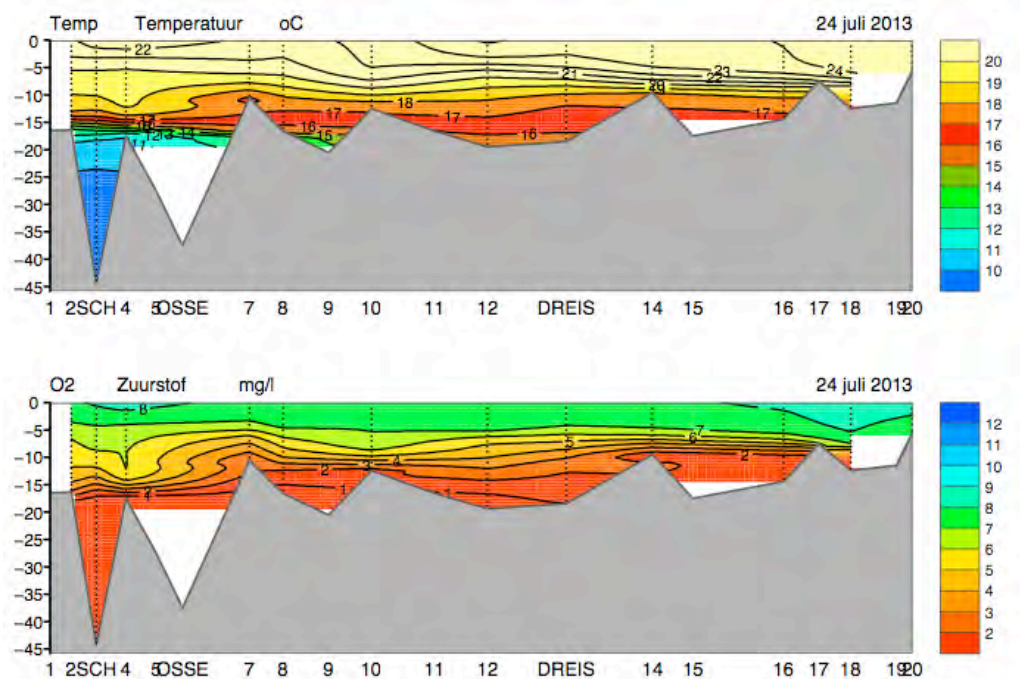
Het onderzoek richt zich in eerste instantie op de effecten van de zuurstofproblematiek. Daarnaast geeft het beeldmateriaal ook informatie over andere geïdentificeerde kennisleemtes voor de Grevelingen, zoals bijvoorbeeld een gebrek aan informatie ten aanzien van het voorkomen van Japanse oesters en ophopingen van zeesla. Deze informatie is in voorliggende rapportage gedocumenteerd in tabelvorm (Bijlage 5). Analyse en interpretatie van deze resultaten vallen niet binnen dit onderzoek.

3 Resultaten

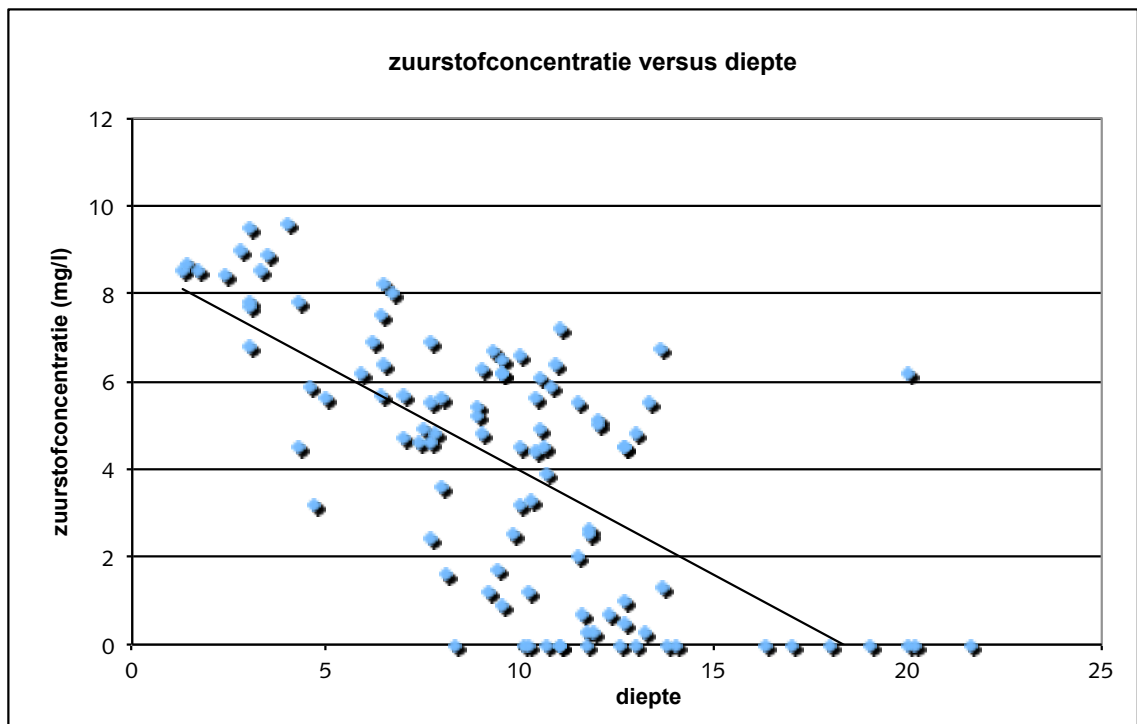
3.1 Zuurstofcondities Grevelingen 2013

De gegevens van de maanden voorafgaand aan dit onderzoek laten zien dat er in toenemende mate zuurstofloze condities zijn opgetreden in het Grevelingenmeer (Bijlage 2). In april was de zuurstofconcentratie 12 mg/l. Begin mei nam de zuurstofconcentratie af naar 9 mg/l en 8 mg/l in de diepe delen. Eind mei was de zuurstofconcentratie laag (3 en 4 mg/l) in de diepe putten bij Scharendijke en Den Osse en 7-9 mg/l in de overige delen van het meer. Eind juni waren de diepe putten bij Scharendijke en Den Osse zuurstofloos (<2 mg/l) en de diepe delen bij de Hompelvoet en Dreischor laag in zuurstof (<4 mg/l) en 7-9 mg/l in de overige delen van het meer.

Ten tijd van de TSO meting van 24 juli waren alle diepe delen (>15 meter) zuurstofloos (< 2 mg/l), en alleen de bovenste waterlaag bevatte zuurstofconcentraties >6 mg/l. Vooral in het oosten was de zuurstofconcentratie ook laag vanaf 5-10 meter (figuur 3.1).



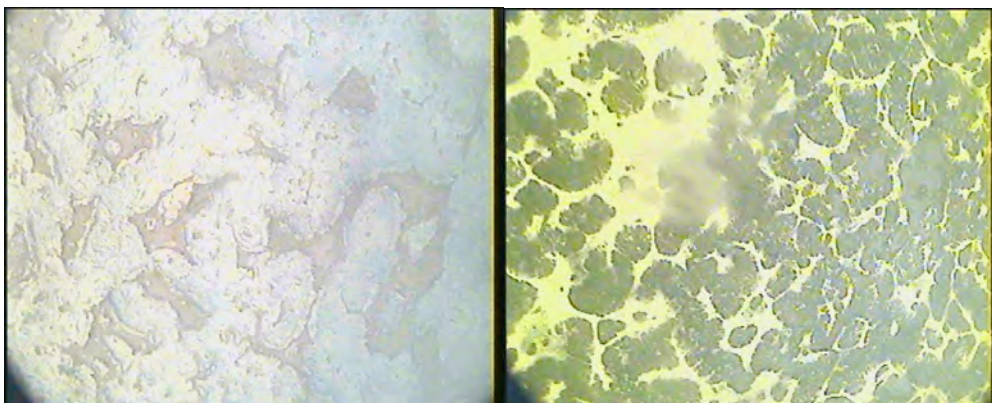
Figuur 3.1 TSO meting van 24 juli 2013. Boven: temperatuur. Onder: zuurstof (in mg/l). De y-as vermeldt de diepte van de Grevelingen.



Figuur 3.2 De relatie tussen de zuurstofconcentratie en de diepte. De zwarte lijn betreft een illustratie van het verband

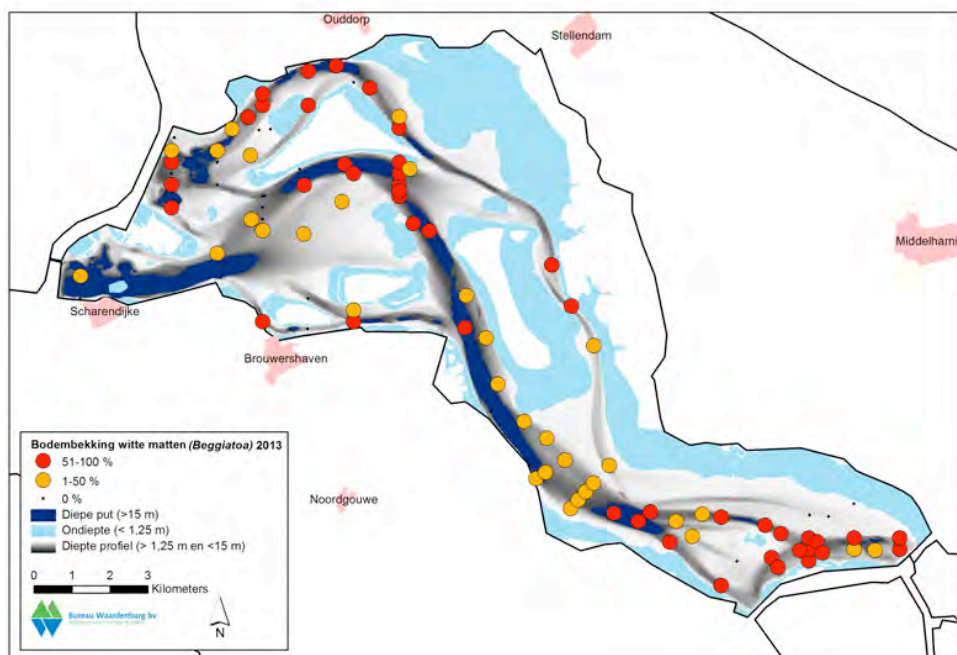
De gemeten zuurstofconcentraties bij de bodem variëren van 0 tot 10 mg/l. De zuurstofconcentratie neemt af bij grotere diepten (Figuur 3.2).

3.2 Witte bacteriematten



Afbeelding 3.1 Verschillende verschijningsvormen van witte bacteriematten. Links: witte bacteriemat in combinatie met rottend organisch materiaal (diepte 3m) Rechts: witte bacteriemat (diepte 6m).

Witte bacteriematten komen verspreid over het gehele meer voor in een relatief homogeen patroon (Figuur 3.3). In totaal zijn de witte bacteriematten aangetroffen op 77 locaties (77%), waarbij op 45 locaties de bedekking meer dan 50% bedroeg. In het oostelijk deel bij de Bocht van St Jacob, het Springersdiep en ten zuiden van de Hompelvoet is de bedekking met matten vaak meer dan 50% (rode symbolen). In delen van het meer komen echter ook locaties voor waar geen witte mat is aangetroffen, direct naast locaties waar wel witte bacteriematten aanwezig zijn.



Figuur 3.3 Verspreiding van witte bacteriematten, augustus 2013.

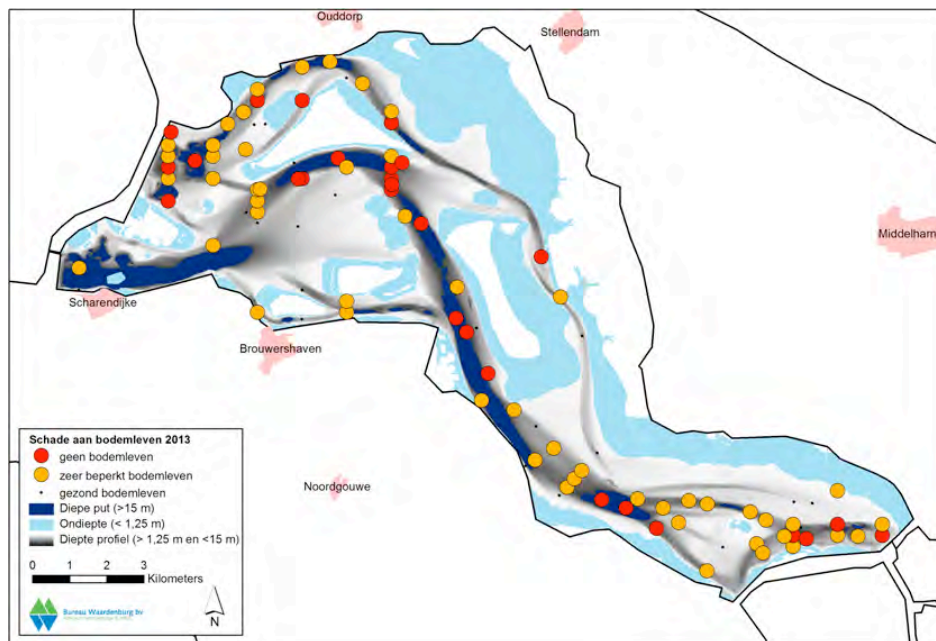
3.3 Schade aan bodemleven



Afbeelding 3.2 Links: Recente sterfte van bodemleven: Dode anemonen (diepte 20m) Rechts: uitwerpselen van wormen en diatomeeën (diepte 1,3m).

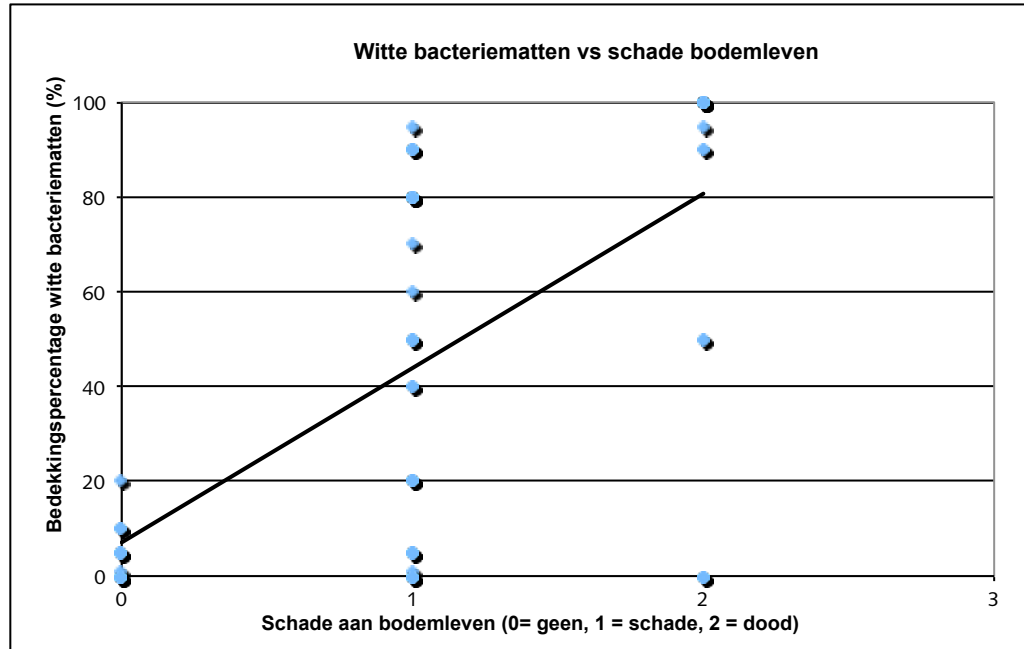
Op veel locaties was duidelijk zichtbaar dat de bodemdiergemeenschap beschadigd was (voor definitie zie §2.2). Ook was er sprake van veel locaties waar zeer recent sterfte door zuurstofloosheid was opgetreden (Afbeelding 3.2, links). Hier waren bijvoorbeeld dode anemonen en wormen zichtbaar.

De zichtbare schade komt verspreid over het hele meer voor (Figuur 3.4). Op 79 locaties (79%) is schade aan het bodemleven zichtbaar. Op 27 locaties (27%) is er geen enkel bodemleven aanwezig. Op 52 locaties (52%) is er sprake van beperkt bodemleven. De 21 locaties met een gezond bodemleven komen verspreid over het meer voor (Figuur 3.4 en afbeelding 3.2, rechts).



Figuur 3.4 Verspreiding zichtbare schade aan bodemleven, augustus 2013.

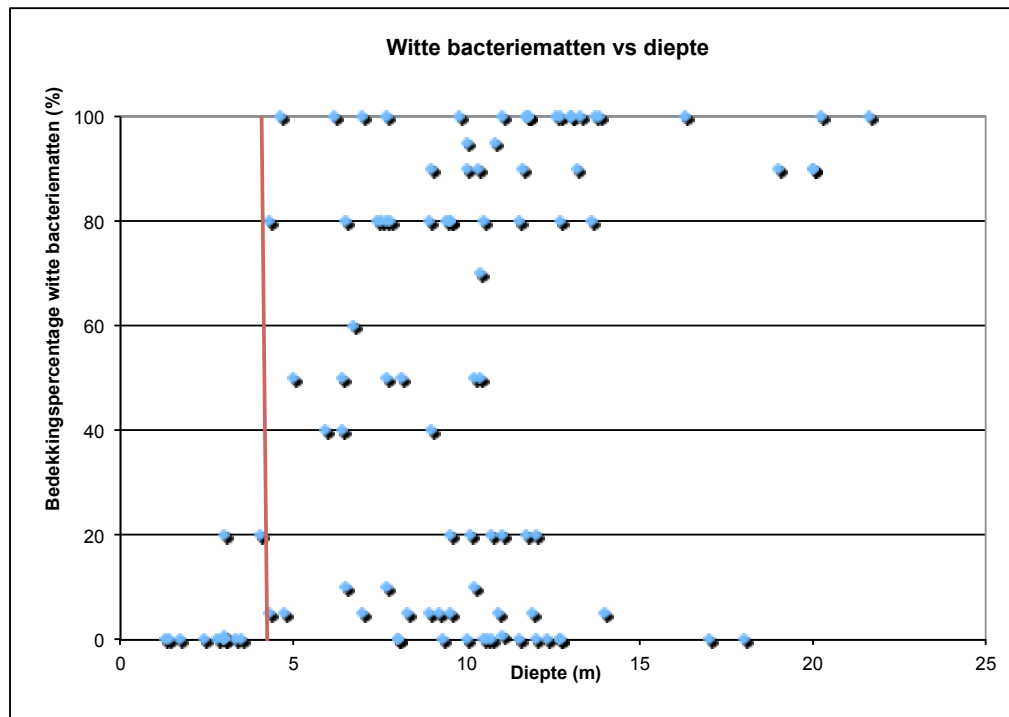
3.4 Relatie witte bacteriematten en schade aan bodemleven



Figuur 3.5 De relatie tussen het bedekkingspercentage van witte bacteriematten en schade aan het bodemleven (klasse 0 = geen schade; 1 = zichtbare schade; 2 = geen enkel leven zichtbaar). De zwarte lijn betreft een illustratie van het verband.

Er bestaat een significante positieve relatie tussen het voorkomen van de witte bacteriematten en schade aan het bodemleven ($n = 100$, $r_s = 0,600$, $P < 0,001$, Figuur 3.5). Er zijn 10 locaties die ondanks een bedekking met (lage percentages) witte bacteriematten gekenmerkt worden door een gezond bodemleven. Bij een bedekking met meer dan 20% witte bacteriematten is er altijd schade aan het bodemleven zichtbaar. Er zijn echter 13 locaties waar witte bacteriematten ontbreken, maar schade aan het bodemleven zichtbaar is.

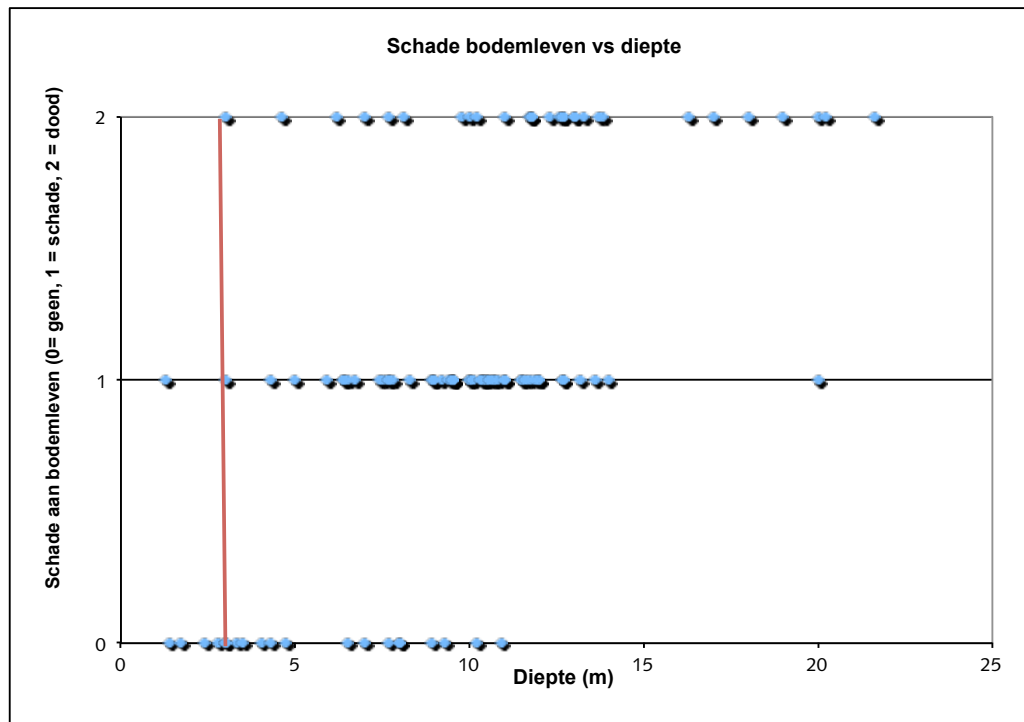
3.5 Relatie met diepte



Figuur 3.6 Het bedekkingspercentage van de bodem met witte matten ten opzichte van de waterdiepte. Met rood is 4 meter waterdiepte gemarkeerd.

Witte bacteriematten

Er bestaat een significante positieve relatie tussen diepte en het voorkomen van bacteriematten (in percentage bedekking met witte bacteriematten) ($n = 100$, $r_s = 0,343$, $P < 0,001$, Figuur 3.6). Vanaf 4 meter zijn hoge percentages bedekking met witte mat waargenomen. Er zijn 9 locaties (50%) tussen de 1 en 6 meter waar witte bacteriematten zijn waargenomen. Vanaf 6 meter komen op 83% van de locaties witte bacteriematten voor, en op 22% van de locaties is de bedekking 100%. Er zijn ook diepe locaties waar geen witte matten zijn aangetroffen, tot op 18 meter diepte.



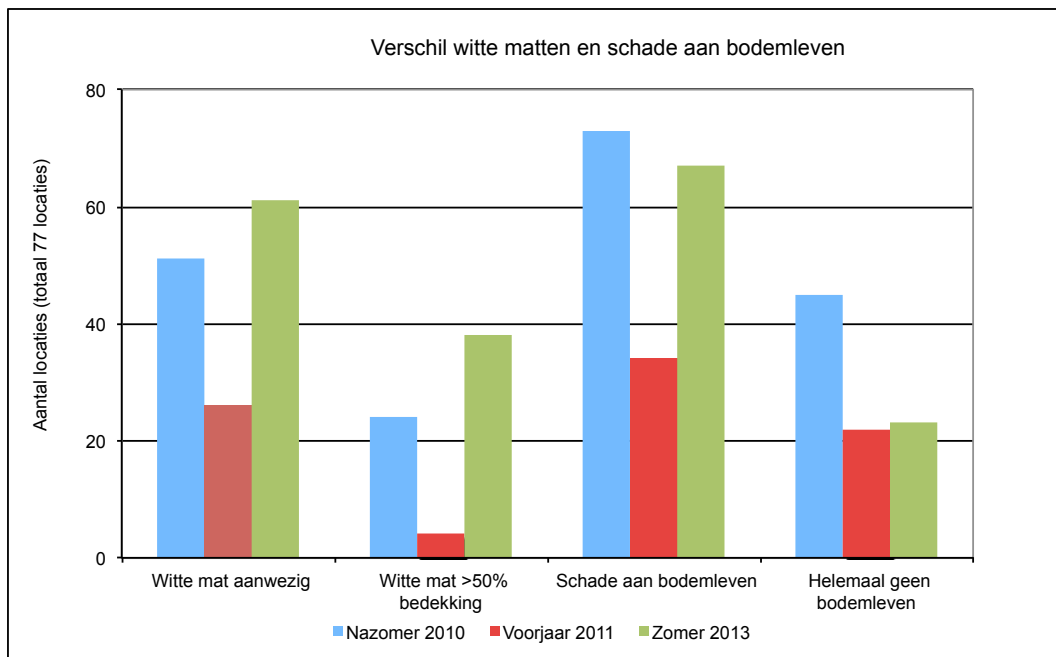
Figuur 3.7 Schade aan bodemleven in klassen ten opzichte van de waterdiepte (klasse 0 = geen schade; 1 = zichtbare schade; 2 = geen enkel leven zichtbaar). Met rood is 3 meter waterdiepte gemarkeerd.

Bodemleven

Er bestaat een significante relatie tussen diepte en mate van schade aan het bodemleven (in 3 klassen) ($n = 100$, $r_s = 0,574$, $P < 0,001$, Figuur 3.7). Er zijn 7 locaties (40%) tussen de 1 en 6 meter waar schade aan het bodemleven is waargenomen. Vanaf 6 meter komt op 90% van de locaties schade aan het bodemleven voor, en op 33% van de locaties is helemaal geen leven meer waargenomen. De ondiepste locatie met beperkt bodemleven is 1,3 meter diep. De ondiepste locatie met helemaal geen bodemleven is 3 meter diep. Dieper dan 10,9 meter is nergens meer een gezonde bodemdiergemeenschap aangetroffen.

3.6 Vergelijking 2010 en 2013

In de zomer van 2010 vertoonden de witte bacteriematten nog een “patchy” patroon. In de zomer van 2013 is de bedekking met witte bacteriematten in een relatief homogeen patroon aanwezig verspreid over het meer. De verspreiding van schade in het bodemleven is in 2013 vergelijkbaar homogeen als in 2010.

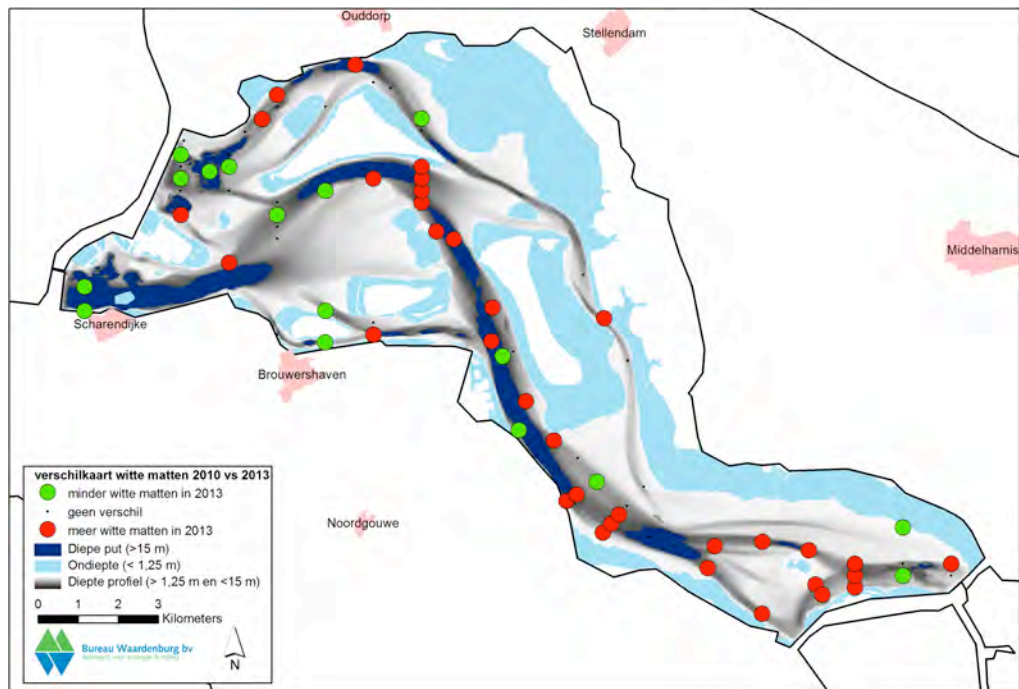


Figuur 3.8 Aantal locaties met witte bacteriematten (totaal), witte bacteriematten met een bedekking van meer dan 50%, schade aan het bodemleven (totaal) en helemaal geen bodemleven.

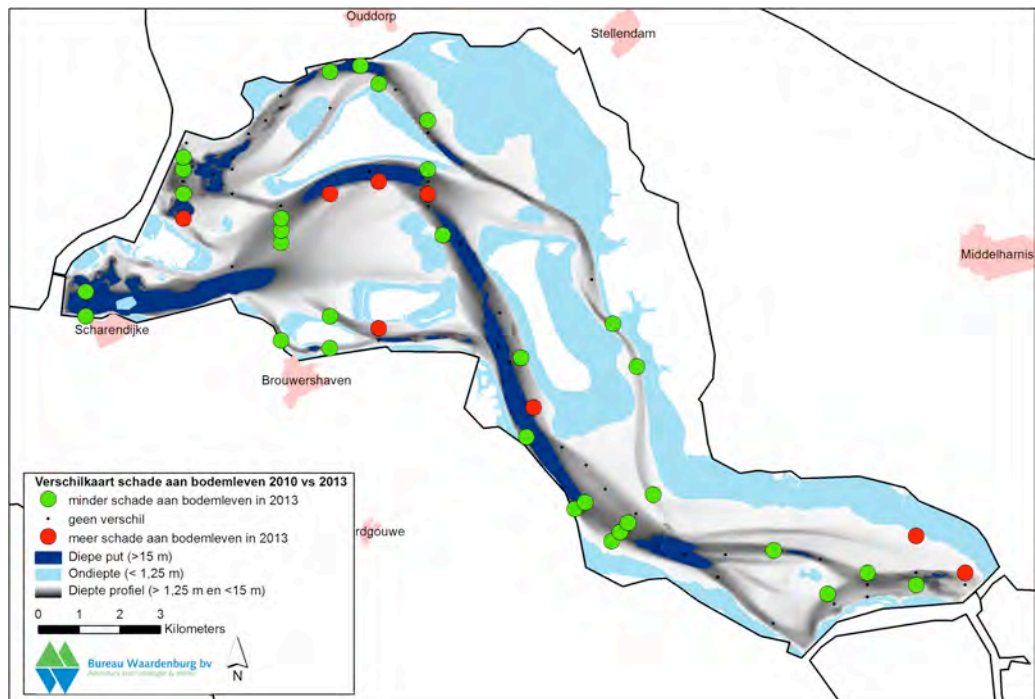
De vergelijking van 77 dezelfde locaties (tabel 3.1, figuur 3.7 en 3.8), laat zien dat er een toename is van 13% (van 66% naar 79%) van het aantal locaties waar witte bacteriematten zijn geconstateerd. Er zijn in 2013 op 10 extra locaties witte bacteriematten aangetroffen (figuur 3.9). Daarnaast is op 14 locaties de bedekking van de witte matten toegenomen naar meer dan 50% (figuur 3.8). De locaties waar de bedekking met witte bacteriematten in 2013 juist is afgenomen zijn met name te vinden in het Westelijk deel van de Grevelingen (figuur 3.9).

Op 26 locaties zijn in 2010 geen witte bacteriematten aangetroffen, maar wel schade aan het bodemleven (tabel 3.1). Op 5 van deze locaties (19%) is in 2013 wederom geen witte mat vastgesteld. Op 10 locaties is er in 2013 een bedekking van <50% witte mat. Op 11 locaties is er in 2013 een bedekking van >50% witte mat. Op locaties met schade aan het bodemleven, maar zonder witte mat in 2010, is in 2013 op een meerderheid van de locaties (21 locaties 81%) nu wel een bedekking met witte bacteriematten aanwezig.

Het aantal locaties met schade aan het bodemleven is juist met 8% afgenomen, van 95% naar 87% van de locaties. In 2013 is op 6 locaties geen schade gezien, waar in 2010 nog wel schade werd waargenomen. Daarnaast is 'helemaal geen bodemleven' in 2013 beperkt tot 23 locaties, terwijl dit in 2010 nog 45 locaties betrof (figuur 3.8, tabel 3.1). Zowel de toename als afname van schade aan het bodemleven ten opzichte van 2010 is verspreid over het hele Grevelingenmeer (figuur 3.9).



Figuur 3.9 Verschilkaart van bedekking van de bodem met witte bacteriematten. Rood gemarkeerd locaties met een hogere bedekking van witte bacteriematten in 2013 ten opzichte van 2010.



Figuur 3.10 Verschilkaart van schade aan het bodemleven. Rood gemarkeerd locaties met meer schade in 2013 ten opzichte van 2010.

Tabel 3.1. Overzicht verschillen tussen nazomer 2010 en zomer 2013.

	Aantal locaties			% van totaal n = 77		
	2010	2011	2013	2010	2011	2013
Witte mat aanwezig	51	26	61	66%	34%	79%
Witte mat >50% bedekking	24	4	38	31%	5%	49%
Schade aan bodemleven (en/of witte mat)	73	34	67	95%	44%	87%
Schade aan bodemleven, geen witte mat	26	17	13	34%	22%	17%
Helemaal geen bodemleven	45	22	23	58%	29%	30%
2013 vs 2010						
In 2013 minder witte matten	16			21%		
In 2013 meer witte matten	34			44%		
In 2013 minder schade bodemleven	31			40%		
In 2013 meer schade bodemleven	8			10%		
In 2010 alleen schade bodemleven, 2013 witte mat	21			81%		

4 Discussie

4.1 Verspreiding

De resultaten laten zien dat in het Grevelingenmeer ook in 2013 witte bacteriematten en schade aan het bodemleven verspreid over het hele Grevelingenmeer zijn waargenomen. Witte matten zijn op 77% van de locaties aangetroffen en schade aan het bodemleven op 79% van de locaties, hetgeen laat zien dat de condities voor een gezond bodemleven in het Grevelingemeer verre van optimaal zijn.

Op veel locaties verschilt de situatie in 2013 van die in 2010 (Lengkeek *et al.* 2010b). Zowel toe- als afnames van witte bacteriematten en schade aan het bodemleven zijn waargenomen. Op enkele locaties kan het verschil wellicht verklaard worden door de meetopzet: het is niet mogelijk om op de meter nauwkeurig exact dezelfde locatie in beeld te brengen. De verschillen worden echter grotendeels verklaard door jaar tot jaar verschillen in de historie van abiotische factoren zoals watertemperatuur, zoutgehalte en daaraan gekoppelde zuurstofconcentraties en frequentie en duur van perioden met weinig of geen zuurstof.

4.2 Bacteriematten als ecologische indicator van het bodemleven

Uit zowel de studie uit 2010 als 2013 blijkt dat er een significante relatie is, tussen het voorkomen van witte *Beggiatoa* matten en schade aan het bodemleven. Er zijn bovendien aanwijzingen dat schade aan het bodemleven wordt gevolgd door bedekking met witte bacteriematten: op de meerderheid (81%) van de locaties waar in 2010 geen witte matten aanwezig waren, maar wel schade aan het bodemleven werd geconstateerd, is nu de bodem bedekt met witte bacteriematten.

Er zijn ook uitzonderingen: op verschillende locatie waar witte bacteriematten ontbreken, is schade aan het bodemleven zichtbaar. *Beggiatoa* matten worden gekenmerkt door een hoge groeisnelheid onder optimale condities en de mogelijkheid om in snel tempo te verschijnen en ook weer te verdwijnen. Daarnaast is de bacterie niet altijd zichtbaar. De resultaten van een inventarisatie van bacteriematten, zoals in deze studie, geven zodoende andere resultaten dan op basis van schade aan het bodemleven kan worden vastgesteld.

De aanwezigheid van bacteriemattenmatten kan echter worden gebruikt als een indicator van organische belasting en gereduceerde zuurstofconcentraties (Nolte & Basch 2011). De aanwezigheid van witte matten is relatief snel en eenduidig vast te stellen met behulp van het videosysteem, waardoor de gegevens van een groot aantal locaties in korte tijd kunnen worden verzameld. Het ontbreken van de witte bacteriematten duidt echter niet altijd op het ontbreken van zuurstofloze condities. Opvallend is dat op een aantal diepe locaties die in 2010 werden gekenmerkt door 100% bedekking van bacteriematten, in 2013 geen matten zijn aangetroffen. Een

mogelijke verklaring hiervoor is dat op deze locaties het grensvlak tussen sulfide (uit de bodem) een zuurstof (in de waterkolom) ontbreekt, omdat de zuurstofconcentraties in de waterkolom al gedurende langere tijd (te) laag zijn. Wanneer de stratificatie in de nazomer/najaar oplost en zuurstof in de waterkolom aanwezig is, zullen hier wellicht ook witte bacteriematten worden aangetroffen. Een andere mogelijke verklaring is dat ondanks het ontbreken van de witte bacteriematten, de bacteriën wel degelijk aanwezig, maar niet zichtbaar zijn.

4.2 Resultaten in relatie tot beheer

In het huidige waterbeheer wordt als criterium voor een duurzaam functionerend Grevelingenmeer een maximum van 5% zuurstofloos (0 mg O₂/l) bodemoppervlak gehanteerd waarbij een maatgevende spronglaag op 15 meter wordt nagestreefd (Wetsteijn 2011; Oorthuysen & Iedema 1992). Beide doelstellingen worden slechts een gedeelte van het jaar gehaald. In zomers met lange warme periodes, zoals in 2013, worden zuurstofloze condities op de bodem van een groot deel van het Grevelingenmeer vastgesteld. Daarnaast bevond de spronglaag zich op 24 juli 2013 ondieper dan 15 meter, met name in het oostelijk deel van de Grevelingen.

In de Verkenning Grevelingen zijn mogelijkheden verkend om de problemen in het meer op te lossen door het invoeren van een (gedempt) getij (Turlings *et al.* 2009, Turlings & Nieuwkamer 2009). Uit modelberekeningen werd duidelijk dat verschillende vormen van getij het probleem van zuurstofdeficiëntie in de waterkolom goed op kunnen lossen (Nolte *et al.* 2008). Het is vooralsnog echter onzeker wat er met de bodem zal gebeuren onder invloed van getij. Het oplossen van de zuurstofdeficiëntie in de waterkolom hoeft namelijk niet direct te leiden tot herstel of verbetering van de bodem. Hoewel uit eerder onderzoek blijkt dat er aanwijzingen zijn dat een verbeterde zuurstofhuishouding in de waterkolom zal leiden tot een verbetering van de ecologie van de bodem, blijkt ook dat na een winter zonder stratificatie en zuurstofarme condities in de waterkolom slechts gedeeltelijk herstel van de bodem optreedt (Lengkeek & Bouma 2011). De witte bacteriematten (*Beggiatoa spp.*) evenals schade aan de bodem worden na een periode met een goede zuurstofhuishouding van de waterkolom alsnog waargenomen. Uit literatuur is bekend dat volledig herstel van de bodemdiergemeenschap in andere zoute systemen lang op zich kan laten wachten (2 jaar Rosenberg *et al.* 2002; 6 jaar Hiddink *et al.* 2006).

Herstel kan echter pas optreden als de omgevingsfactoren geschikt zijn voor het ontwikkelen van een bodemfauna gemeenschap. In de huidige situatie wordt herstel mogelijk vertraagd door het ontbreken van bioturbatie (Nolte & Basch 2011). Omdat de bodem niet wordt omgewoeld door bodemfauna als wormen en schelpdieren kan zuurstof uit de waterkolom alleen via het trage proces van diffusie de zuurstofloze bodem bereiken. Dit zou tevens kunnen betekenen dat de afwezigheid van bodemdieren, de aanwezigheid van *Beggiatoa* matten versterkt. Bij frequent terugkerende periodes met zuurstofarme omstandigheden is volledig herstel van de bodemfauna niet mogelijk.

5 Conclusies en aanbevelingen

5.1 Conclusies

- Zowel de witte bacteriematten als de zichtbare schade aan het bodemleven komen verspreid over het gehele meer voor;
- In het oostelijk deel bij de Bocht van St Jacob, het noordelijk gelegen Springersdiep en ten zuiden van de Hompelvoet werden de hoogste bedekkingen met witte bacteriematten waargenomen;
- Witte matten zijn op 77% van de locaties aangetroffen en schade aan het bodemleven op 79% van de locaties;
- Er is een significante relatie tussen het voorkomen van witte bacteriematten en schade aan het bodemleven. Echter op verschillende locaties waar witte bacteriematten ontbreken is wel schade aan het bodemleven zichtbaar;
- Witte matten en schade aan het bodemleven komen in toenemende mate voor op grotere dieptes, de zuurstofconcentratie bij de bodem is hier juist lager.
- De witte bacteriematten en ook de schade aan het bodemleven door zuurstofloosheid komen voor tot op circa 3-4 m ondiepte. Vanaf 4 meter zijn er hoge bedekkingen met witte bacteriematten waargenomen. Vanaf 3 meter zijn er locaties met helemaal geen bodemleven waargenomen. Beheersdoelstellingen, waarin is geformuleerd dat zuurstofloosheid alleen op mag treden in de diepe putten (>15m) worden niet gehaald.
- Wanneer de toestand wordt vergeleken met de (na)zomer van 2010, blijkt dat het aantal locaties met witte bacteriematten met 13% is toegenomen. Daarentegen is het aantal locaties met schade aan het bodemleven juist met 8% afgenomen in 2013.
- Op de meerderheid (81%) van de locaties waar in 2010 geen witte matten aanwezig waren, maar *wel* schade aan het bodemleven werd geconstateerd, is in 2013 de bodem bedekt met witte bacteriematten

5.2 Aanbevelingen

- Wanneer verschillende jaren worden vergeleken blijkt dat zowel de bedekking met witte bacteriematten als de schade voor het bodemleven van jaar tot jaar kan verschillen. Net als veel andere ecologische processen geldt dat jaar tot jaar verschillen in abiotische factoren (zoals watertemperatuur, zoutgehalte en daaraan gekoppeld zuurstofconcentraties en frequentie en duur van perioden met weinig of geen zuurstof) zorgen voor een variatie in effecten op bacteriematten en het bodemleven. Het is aan te bevelen om bij het vaststellen van de toestand (of eventuele “nulsituatie”) van de bodem van het Grevelingenmeer, rekening te houden met deze variatie en bij voorkeur meerdere jaren mee te nemen.

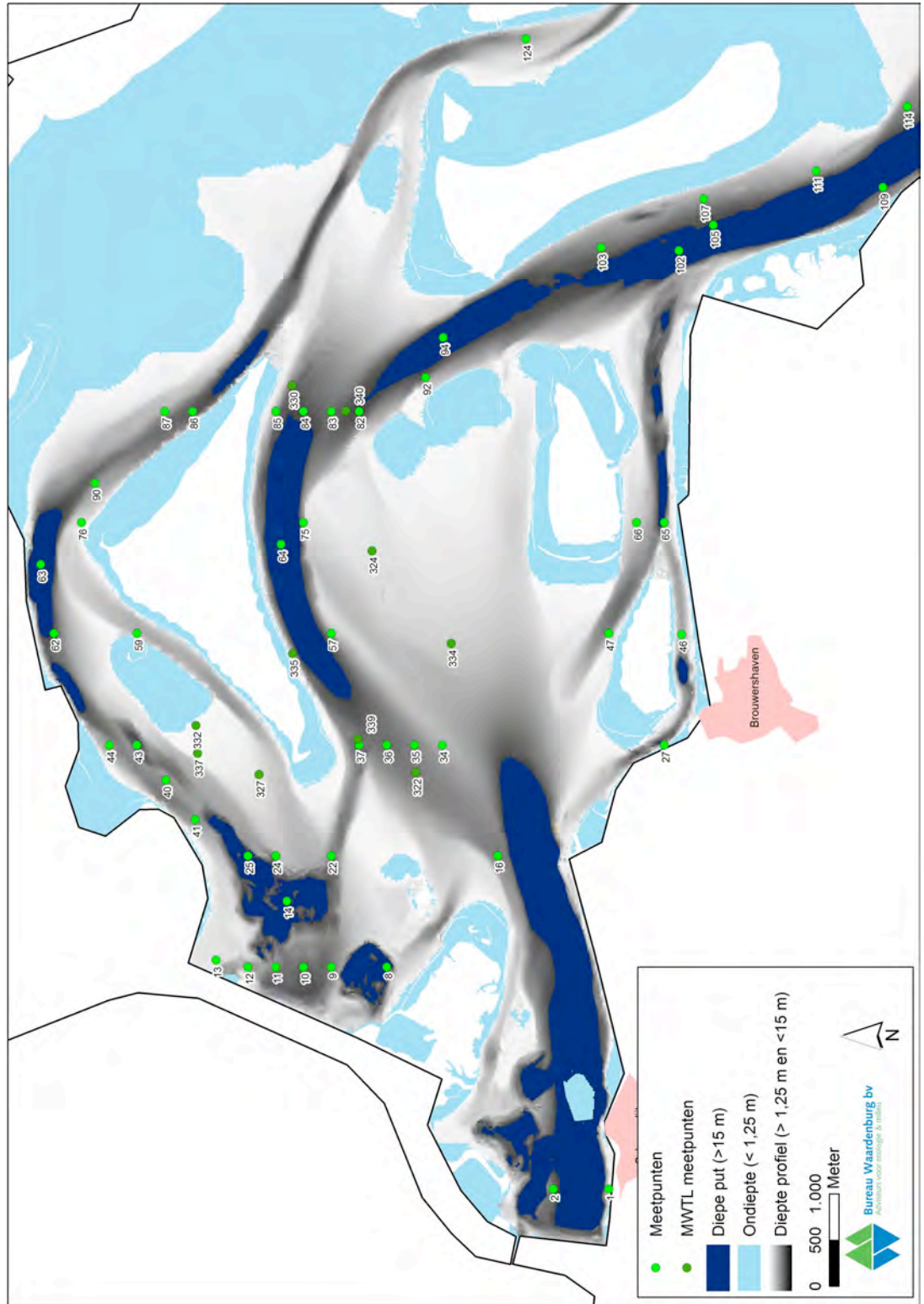
- Witte bacteriematten zijn te gebruiken als indicator van zuurstofloze omstandigheden en sterk gerelateerd aan de toestand van het bodemleven. Het is echter niet aan te bevelen de bedekking met witte bacteriematten te gebruiken als een directe maat voor de toestand van het bodemleven, omdat er geen 1 op 1 relatie is. 'Schade aan het bodemleven' is een betere indicator voor de status van de bodem (Lengkeek *et al.* 2010, deze studie) en bovendien een goede maat voor de historie van de zuurstofhuishouding (Nolte & Basch 2011).

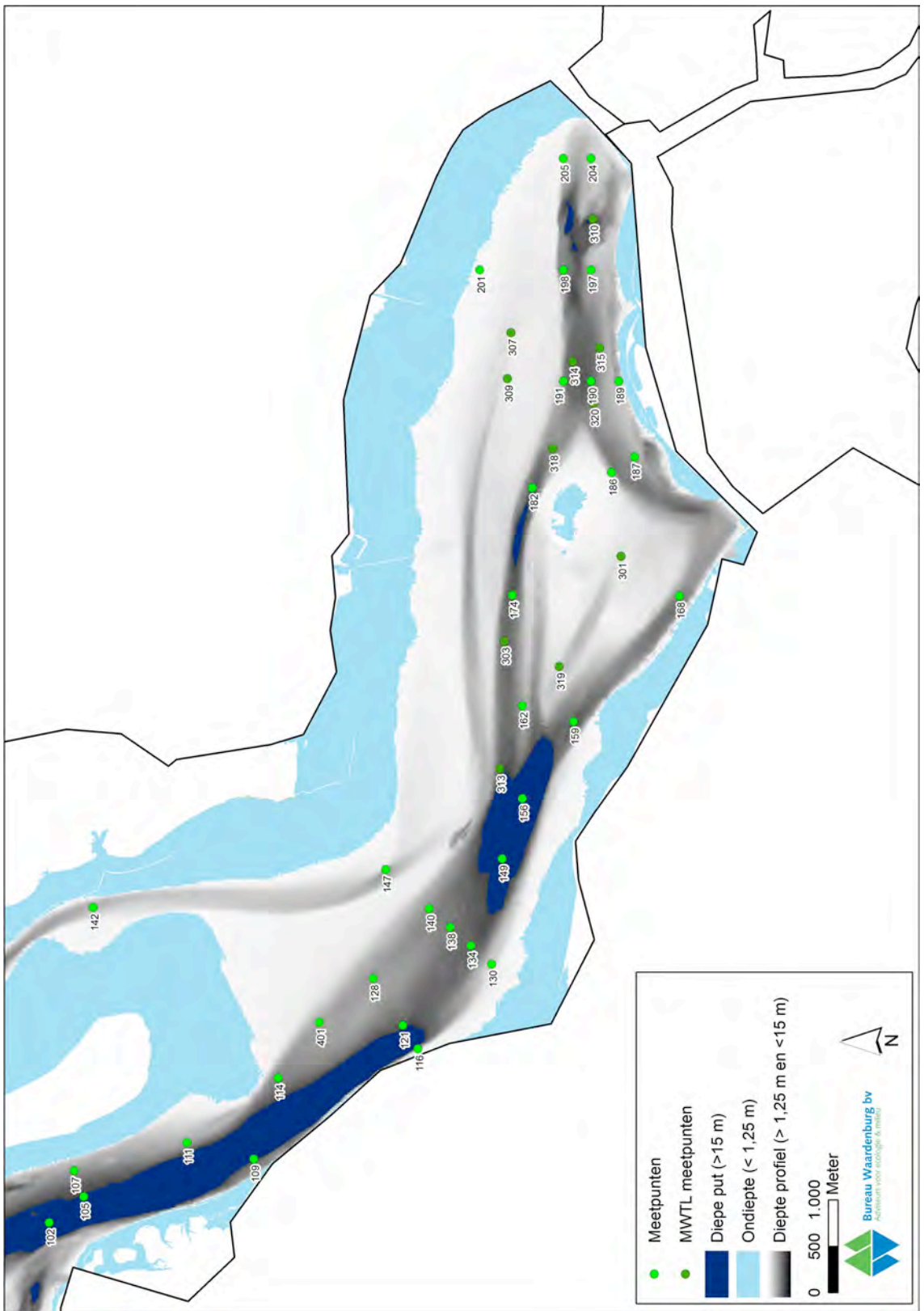
6 Literatuur

- Bouma, S., W. Lengkeek, T.J. Boudewijn, L.G. Turlings, R. Abma & R.L.J. Nieuwkamer, 2008. Notitie knelpunten autonome ontwikkeling. Onderdeel Verkenning Grevelingen.
- Didderen, K., S. Bouma & W. Lengkeek, 2011. Onderwater videobeelden van de zeebodem ten noorden van Ameland - Een test van een videoteknik als quick scan methode om benthos te inventariseren. Rapport 11-140. Bureau Waardenburg, Culemborg.
- Hiddink, J.G., S. Jennings, M.J. Kaiser, A.M. Queirós, D.E. Duplisea & G.J. Piet, 2006. Cumulative impacts of seabed trawl disturbance on benthic biomass, production, and species richness in different habitats. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 63: 721–736.
- Hoeksema, H.J., 2002. Grevelingenmeer van kwetsbaar naar weerbaar? Een beschrijving van de ontwikkelingen van 1996 tot 2001 en een toetsing aan het beleid. RIKZ/2002.033 incl. cd-rom. RWS RIKZ, Middelburg.
- Lengkeek, W., S. Bouma & H.W. Waardenburg, 2007. Het effect van zuurstof-deficiëntie op het bodemleven in het Grevelingenmeer. Een blik onder water. Rapport 07-186. Bureau Waardenburg, Culemborg.
- Lengkeek, W., S. Bouma & B. van den Boogaard, 2010a. Onderwater video als 'quick-scan' methode voor natuurwaarden op de zeebodem (concept). Methodeontwikkeling in de Voordelta en de Zeeuwse banken. Rapport 10-036. Bureau Waardenburg, Culemborg.
- Lengkeek, W., S. Bouma & B. van den Boogaard, 2010b. De verspreiding van witte bacteriematten en schade aan het bodemleven in het Grevelingenmeer. Onderzoek naar de effecten van zuurstofloosheid. Rapport 10-187. Bureau Waardenburg, Culemborg.
- Nolte A., T. Troost, G. de Boer, C. Spiteri & B. van Weesenbeeck, 2008. Verkenning oplossingsrichtingen voor een betere waterkwaliteit en ecologische toestand van het Grevelingenmeer. Rapport Z4576. Deltares Delft.
- Nolte, A.L. & L.V. Basch, 2011. Onderzoek naar de oorzaak en oplossing voor witte *Beggiatoa* matten op de bodem van het Grevelingenmeer. Rapport 1201650-000-ZKS-0038. Deltares, Delft.
- Oorthuysen, W. & C.W. Iedema, 1992. Analyse Waterbeheer Grevelingenmeer. Onderbouwing voor het waterhuishoudkundig beheer Grevelingenmeer. Nota Rijkswaterstaat directie Zeeland, AX 92.036: 68p.
- Rosenberg, R., S. Agrenius, B. Hellman, H. C. Nilsson & K. Norling, 2002. Recovery of marine benthic habitats and fauna in a Swedish fjord following improved oxygen conditions. *Marine Ecology Progress Series* 234: 43-53.
- Schulz, H.N., T.G. Brinkhoff, M. Ferdelman, A. Hernandez Marine & B.B. Jorgenson, 1999. Dense populations of giant sulfur bacterium in Namibian shelf sediments. *Science* 284: 493-495.
- Turlings L.G., R.L.J. Nieuwkamer, S. Bouma, W. Lengkeek, T.J. Boudewijn & R. Abma, januari 2009. Notitie bouwstenen en kansrijke oplossingsrichtingen. Onderdeel Verkenning Grevelingen.
- Turlings, L.G. & R.L.J. Nieuwkamer, 2009. Verkenning Grevelingen water en getij. Grevelingenmeer: meer kwetsbaar? Rapport Witteveen en Bos: 40p.

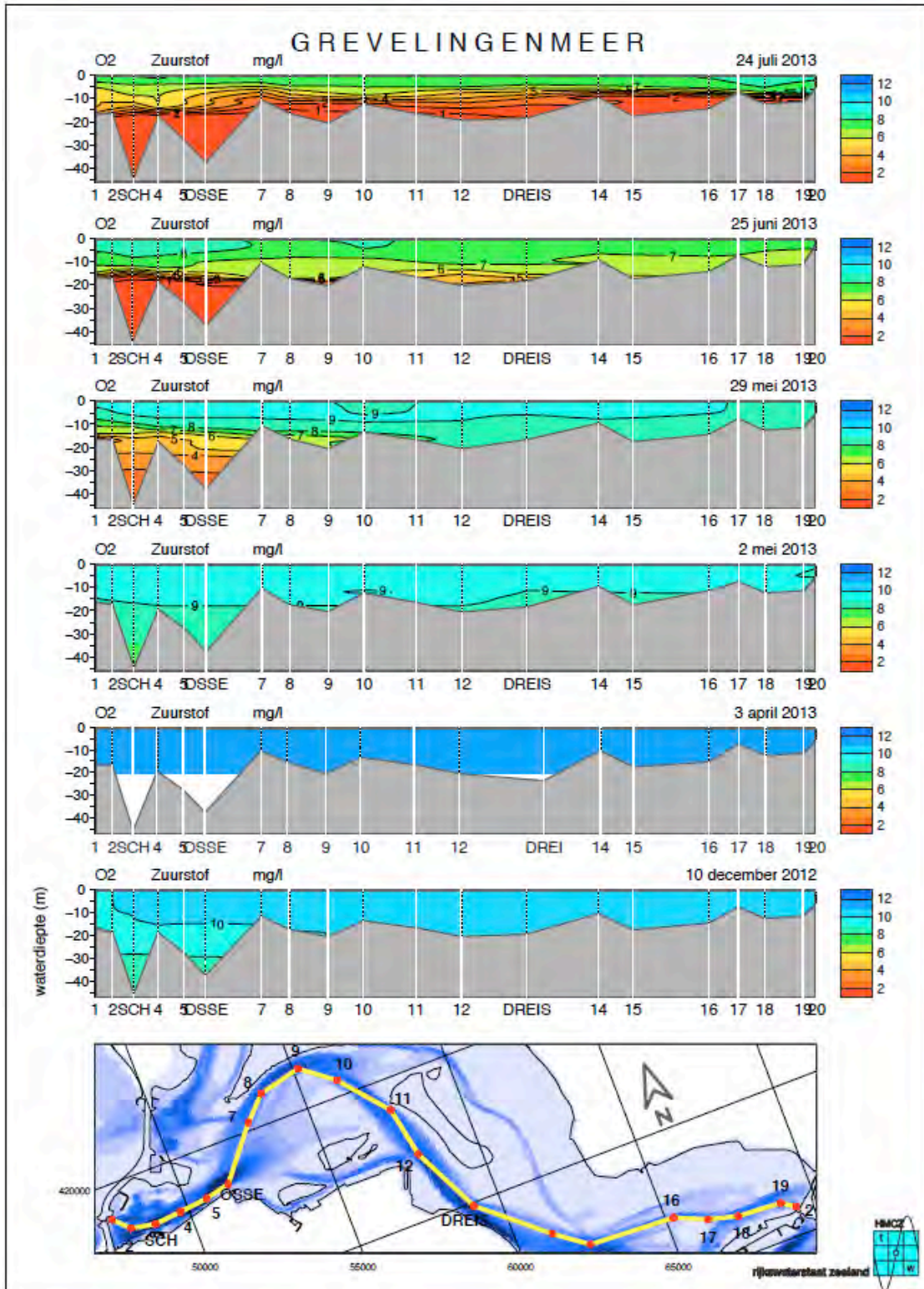
- Wetsteijn, L.P.M.J, 2011. Grevelingenmeer: meer kwetsbaar? Een beschrijving van de ecologische ontwikkelingen voor de periode 1999 t/m 2008-2010 in vergelijking met de periode 1990 t/m 1998. RWS Waterdienst, Lelystad.
- van Wesenbeeck, B., A. Nolte, S. Bouma, W. Lengkeek, A. Joosten & P. Herman, 2009. Witte bacteriematten als indicator voor de achteruitgang van de Grevelingen. *De Levende Natuur* 110(7): 357-360.

Bijlage 1 Onderzoekslocaties 2013

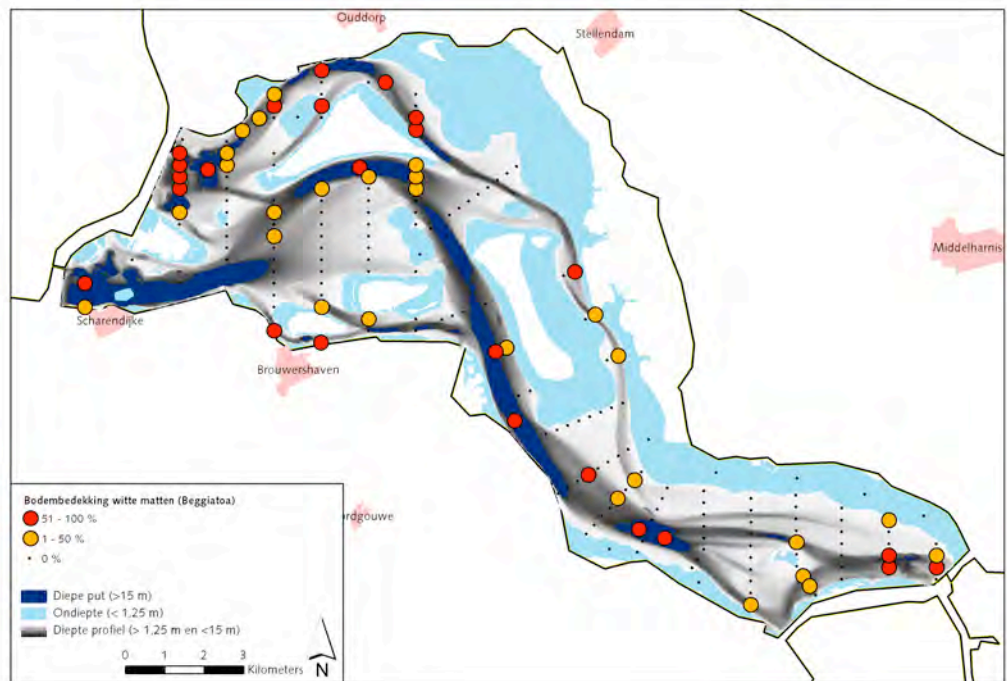
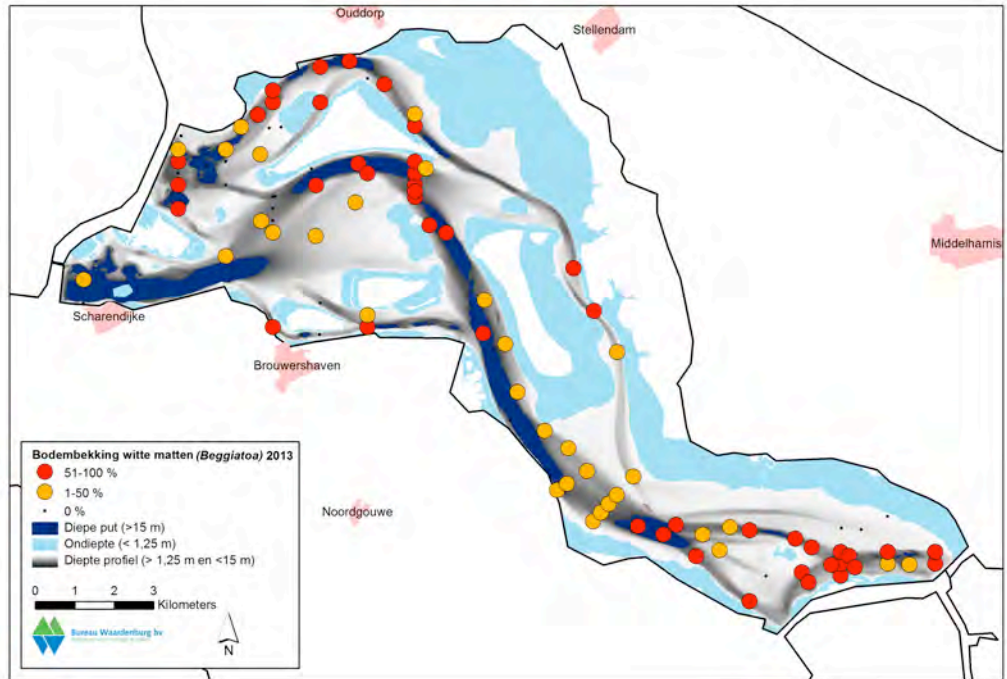




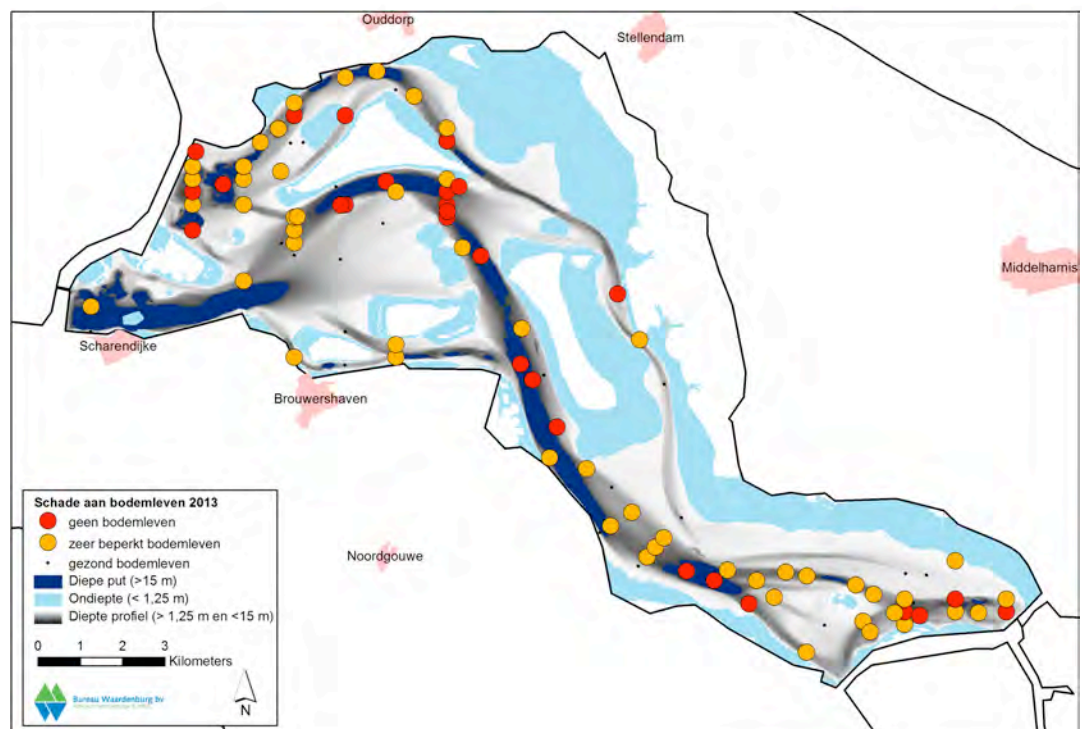
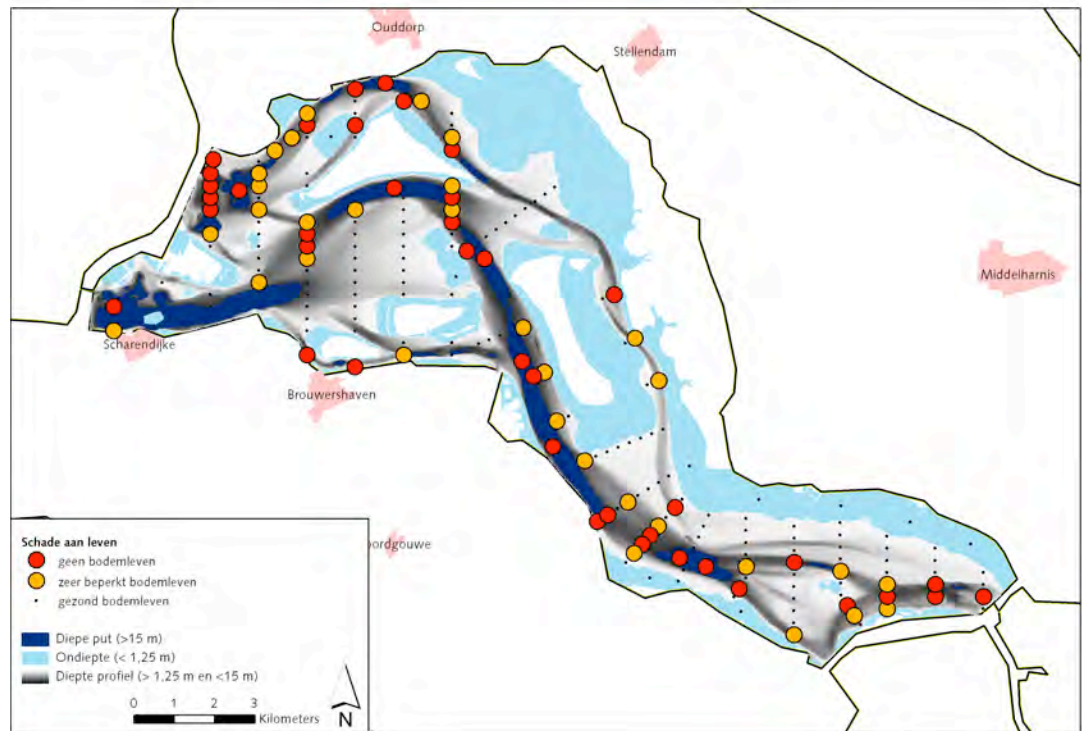
Bijlage 2 Zuurstof condities 2013



Bijlage 3 Verspreiding Bacteriematten



Bijlage 4 Verspreiding Schade Bodemleven



Bijlage 5 Gegevens

Locatie	X-coördinaat	Y-coördinaat	Diepte	Zuurstof concentratie mg/l	% Bodem witte mat	Fauna in sediment zichtbaar, zo ja welke	Overige fauna zichtbaar, zo ja welke	Bedekking oesters %	Bedekking zeesla %	Schade aan bodemleven (0 = gezond bodemleven, 1 = beperkt 2 = geen bodemleven)	Overige opmerkingen
1	47882	417913	8	5,6	0	wormen		20	0	0	
2	47882	418513	11	7,2	1	slibanemoon		0	0	1	beginnende mat
8	50282	420313	11	0	100	nee		0	0	2	dood
9	50282	420913	10,4	4,4	70	nee		0	0	1	dode wormen
10	50282	421213	12,3	0,7	0	nee		0	0	2	slibbak zonder leven
11	50282	421513	9,5	6,2	80	nee		1	0	1	flinke mat
12	50282	421813	9,5	6,5	5	nee		1	0	1	beginnende mat
13	50355	422160	3	7,7	0	nee		0	0	2	rottend organisch materiaal, geen witte mat
14	50994	421394	17	0	0	nee		0	0	2	slib, geen leven, maar ook geen mat
16	51482	419113	10,4	5,6	50	slibanemoon		5	1	1	
22	51482	420913	10,5	4,9	0	nee		1	0	1	
24	51482	421513	12	5	0	schelpdier openingen		5	0	1	anemonen in slechte staat
25	51482	421813	12	5,1	20	schelpdier openingen		1	0	1	anemonen en sponzen in slechte staat
27	52682	417313	7	4,7	100	nee		1	0	1	hardsub ok, zachsub mat
34	52682	419713	7	5,7	5	nee		20	0	0	beginnende mat
35	52682	420013	10	4,5	0	slibanemoon		5	0	1	slib op fauna
36	52682	420313	11,5	5,5	0	slibanemoon		1	0	1	
37	52682	420613	10,7	3,9	0	slibanemoon		0	1	1	anemonen in slechte staat
40	52303	422702	10,5	6,1	80	nee		20	1	1	hardsub ok, zachsub mat
41	51877	422385	9,5	6,2	20	slibanemoon		1	0	1	beginnende mat

Locatie	X-coördinaat	Y-coördinaat	Diepte	Zuurstof concentratie mg/l	% Bodem witte mat	Fauna in sediment zichtbaar, zo ja welke	Overige fauna zichtbaar, zo ja welke	Bedekking oesters %	Bedekking zeesla %	Schade aan bodemleven (0 = gezond bodemleven, 1 = beperkt 2 = geen bodemleven)	Overige opmerkingen
43	52682	423013	13,3	5,5	100	nee		0	0	2	dood
44	52682	423313	9	6,3	90	nee		1	1	1	hardsub ok, zachsub mat
46	53872	417124	8	3,6	0	schelpdier openingen, sliibanemonen		5	0	0	veel bodemleven
47	53882	417913	9,3	6,7	0	schelpdiergaten, sliibanemonen		1	0	0	veel bodemleven
57	53882	420913	12,7	4,5	0	nee		0	0	2	dood
59	53882	423013	6,2	6,9	100	nee		0	0	2	dood
62	53882	423913	13,6	6,8	80	sliibanemooon		5	5	1	
63	54628	424054	20	6,2	90	sliibanemooon		0	0	1	dode geweispons
64	54845	421457	21,6	0	100	nee		0	0	2	dood
65	55082	417313	8,9	5,4	80	nee		5	0	1	hardsub ok, zachsub mat, anemonen slechte staat
66	55082	417613	5	5,6	50	nee		10	5	1	mat en organisch rottend materiaal
75	55082	421213	11,5	2	80	dode wormen		1	0	1	dode muiltjes, slechte staat anemonen
76	55082	423613	3,3	8,5	0	nee		50	80	0	veel leven
82	56282	420613	13,8	0	100	nee		0	0	2	dood
83	56282	420913	11,7	0	100	nee		0	0	2	dood
84	56282	421213	13,7	1,3	100	nee		0	0	2	dood
85	56282	421513	6,7	8	60	wormen		30	0	1	beginnende dode toestand
86	56282	422413	13	4,8	100	nee		0	0	2	dood
87	56282	422713	6,4	7,5	50	nee		50	0	1	hardsub ok, zachsub mat
90	55508	423467	10	6,6	90	sliibanemooon		0	0	1	

Locatie	X-coördinaat	Y-coördinaat	Diepte	Zuurstof concentratie mg/l	% Bodem witte mat	Fauna in sediment zichtbaar, zo ja welke	Overige fauna zichtbaar, zo ja welke	Bedekking oesters %	Bedekking zeesla %	Schade aan bodemleven (0 = gezond bodemleven, 1 = beperkt 2 = geen bodemleven)	Overige opmerkingen
92	56649	419895	10,8	5,9	95	nee		0	5	1	flinke mat
94	57081	419702	19	0	90	nee		0	0	2	dood
102	58019	417153	20	0	90	dode wormen		0	0	2	dode anemonen, dode wormen
103	58051	417995	11	0	20	nee		20	0	1	anemonen in slechte staat
105	58298	416781	18	0	0	nee		1	0	2	dode anemonen, dode wormen
107	58579	416886	8,9	5,2	5	wormen		30	0	0	
109	58788	415037	12,7	1	0	nee		0	0	1	
111	58882	415669	8,1	1,6	50	dode wormen		30	0	2	
114	59578	414686	10,1	0	20	nee		0	0	1	dode anemonen, dode wormen
116	59890	413179	4	9,6	20	wormen, slibanemonen		60	5	0	
121	60143	413340	14	0	5	nee		5	0	1	dode anemonen, dode wormen
124	60309	418808	7,7	6,9	100	nee		0	0	2	slecht zicht door melkachtige laag
128	60650	413661	8,3	0	5	wormen		30	0	1	
130	60803	412386	4,3	7,8	5	nee		80	1	0	
131	60828	417726	6,5	8,2	80	nee		10	0	1	mat en organisch rottend materiaal
134	61003	412609	11,9	0,3	5	nee		1	0	1	dode anemonen
138	61203	412833	10,7	0	20	nee		5	0	1	slechte staat anemonen
140	61403	413057	9,2	1,2	5	wormen, schelpdier openingen		5	0	1	dode wormen
142	61414	416679	6,5	6,4	10	schelpdier openingen		5	0	0	veel bodemleven
147	61823	413527	7,7	5,5	10	schelpdier openingen		0	0	0	dode muiltjes, slechte staat anemonen

Locatie	X-coördinaat	Y-coördinaat	Diepte	Zuurstof concentratie mg/l	% Bodem witte mat	Fauna in sediment zichtbaar, zo ja welke	Overige fauna zichtbaar, zo ja welke	Bedekking oesters %	Bedekking zeesla %	Schade aan bodemleven (0 = gezond bodemleven, 1 = beperkt 2 = geen bodemleven)	Overige opmerkingen
149	61938	412271	16,3	0	100	nee		0	0	2	dode krab, dode kwal, slibbak
156	62588	412055	20,2	0	100	nee		0	0	2	dode kwalen, slibbak
159	63416	411503	12,6	0	100	nee		0	0	2	
162	63586	412054	7,7	2,4	50	wormen		40	0	1	hardsub ok, zachsub mat
168	64771	410361	9,4	1,7	80	slibanemoon		1	0	1	
174	64778	412161	13,2	0,3	90	dode wormen		0	0	1	dode wormen
182	65935	411945	12,7	0,5	80	slibanemoon		1	0	1	hardsub ok, zachsub mat, anemonen slechte staat
186	66099	411093	7,5	4,9	80	slibanemoon		1	0	1	
187	66267	410844	7,8	4,8	80	slibanemoon		10	5	1	hardsub ok, zachsub mat
189	67082	411013	7,4	4,6	80	slibanemoon		5	1	1	hardsub ok, zachsub mat
190	67082	411313	11,8	2,5	100	nee		0	0	2	mat, maar ook andere bacterie?
191	67082	411613	7,7	4,6	80	nee		10	5	1	hardsub ok, zachsub mat
197	68282	411313	6,4	5,7	40	wormen, schelpdier openingen		30	0	1	
198	68282	411613	9,8	2,5	100	nee		0	0	2	dood
201	68282	412513	1,3	8,5	0	wormen		0	5	1	
204	69482	411313	4,6	5,9	100	nee		0	0	2	mat en organisch rottend materiaal
205	69482	411613	4,3	4,5	80	schelpdier openingen		0	0	1	mat en gezonde bodem naast elkaar
301	65196	410991	2,8	9	0	wormen, schelpdier openingen		5	0	0	GREVLGO_0201, veel bodemleven
303	64282	412248	11,7	0,3	20	dode wormen		1	0	1	GREVLGO_0203, dode wormen
307	67109	412215	3,5	8,9	0	wormen, schelpdier openingen		1	5	0	GREVLGO_0209, veel bodemleven

Locatie	X-coördinaat	Y-coördinaat	Diepte	Zuurstof concentratie mg/l	% Bodem witte mat	Fauna in sediment zichtbaar, zo ja welke	Overige fauna zichtbaar, zo ja welke	Bedekking oesters %	Bedekking zeesla %	Schade aan bodemleven (0 = gezond bodemleven, 1 = beperkt 2 = geen bodemleven)	Overige opmerkingen
309	67606	412175	2,4	8,4	0	wormen, schelpdier openingen		1	0	0	GREVLGO_0207, veel bodemleven
310	68831	411293	9	4,8	40	nee		40	0	1	GREVLGO_0210, hardsub ok, zachtsub mat
313	62906	412298	11,6	0,7	90	nee		5	0	1	GREVLGO_0223, hardsub ok, zachtsub mat, anemonen slecht st
314	67295	411510	11,8	2,6	100	nee		0	0	0	GREVLGO_0224, dood
315	67441	411222	10	3,2	95	nee		0	0	2	GREVLGO_0225,af en toe stukje levend hardsub
318	66355	411727	9,5	0,9	80	slibanemoon		0	0	1	GREVLGO_0228,hardsub ok, zachtsub mat
319	64009	411656	5,9	6,2	40	nee		60	0	1	GREVLGO_0229,veel wier, hardsub ok, zachtsub mat
320	66848	411288	10,3	3,3	90	slibanemoon		0	0	1	GREVLGO_0230
322	52385	420000	10,9	6,4	5	slibanemoon		1	0	0	GREVLGW_0102, beginnende mat
324	54774	420472	3	6,8	1	wormen, schelpdier openingen		0	0	0	GREVLGW_0104, dode krab, dode muiltjes
327	52363	421694	3	7,8	20	nee		1	1	1	GREVLGW_0107, hardsub ok, zachtsub mat, dode krab
330	56561	421335	10,2	0	50	nee		1	0	2	GREVLGW_0110, dode anemonen
332	52892	422376	1,4	8,7	0	wormen, schelpdier openingen		0	5	0	GREVLGW_0122, veel bodemleven
333	53777	420906	12,7	4,5	100	nee		0	0	2	GREVLGW_0123, dood
334	53772	419617	4,7	3,2	5	wormen		5	5	0	GREVLGW_0124, beginnende mat
335	53664	421331	3	9,5	0	schelpdier openingen		0	0	0	GREVLGW_0125, veel bodemleven
337	52592	422359	1,7	8,5	0	wormen, schelpdier openingen		0	0	0	GREVLGW_012&, veel bodemleven
339	52746	420628	10,6	4,5	0	wormen, slibanemonen		0	0	1	GREVLGW_0129, veel fijn slib
340	56289	420755	13	0	100	nee		0	0	2	GREVLGW_0130, dood
401	060177	414242	10,2	1,2	10	schelpdier openingen		20	0	0	



Bureau Waardenburg bv

Adviseurs voor ecologie & milieu

Postbus 365, 4100 AJ Culemborg

Telefoon 0345-512710, Fax 0345-519849

E-mail info@buwa.nl, www.buwa.nl