



RWS INFORMATIE

Watersysteemanalyse Zwarte Meer

Toepassing van Ecologische Sleutelfactoren

Datum 28 januari 2020
Versie 1
Status DEFINITIEF



Colofon

Uitgegeven door	Rijkswaterstaat Midden-Nederland
Auteur	R.H.G. Janssen
Informatie	M.A.A.J. Kamps-Mulder
Telefoon	06-10942870
E-mail	Ria.kamps-mulder@rws.nl
Datum	28 januari 2020
Versie	1
Status	DEFINITIEF

Samenvatting

Het doel

Deze watersysteemanalyse geeft een inzicht over de werking van het aquatisch ecosysteem van het Zwarte Meer. De watersysteemanalyse is gedaan met behulp van de methodiek 'Ecologische Sleutelfactoren' van STOWA. Verder geeft dit verslag weer in hoeverre de methodiek bruikbaar is voor de meren van Rijkswaterstaat.

Systeembeschrijving

Het Zwarte Meer ligt ten zuiden van de Noordoostpolder en ten noorden van Kampen. Het Zwarte Meer heeft een oppervlakte van 17.8 km² en een gemiddelde diepte van 1 meter. Het watersysteem valt onder beheer van Rijkswaterstaat Midden-Nederland en is aangewezen als een natura2000 gebied en KRW waterlichaam. Naast de functie als Natura2000 en KRW heeft het ook een functie als vaarweg. Vanuit waterveiligheid is het gebied ook aangewezen als wateroverlooph gebied.

Ecologische Sleutelfactoren

De ecologische sleutelfactoren bestaan uit 9 factoren. Deze factoren vormen samen een overzicht in de situatie van het Zwarte Meer. De situatie per factor wordt aangegeven met een kleur:

Groen: De huidige situatie is goed en er vormen geen knelpunten.

Oranje: De huidige situatie vormt geen direct knelpunt maar er zijn verbeteringspunten of mogelijk risico. Nader onderzoek is dus geadviseerd om een verdere oordeel te geven.

Rood: De situatie vormt een vormt een blokkade voor de ecologische verbetering van het watersysteem en vereist aandacht of nader onderzoek.

ESF	Conclusie
	Productiviteit water: De productiviteit van het water is hoog in het Zwarte Meer. Door het hoge debiet en de ondiepe bodem heeft dit geen negatieve effecten op het watersysteem. Het model PCLake toont ook voor de toekomst een goede situatie met voldoende plantengroei.
	Lichtklimaat: Het lichtklimaat in het Zwarte Meer is sterk verbeterd door de jaren heen. Hierdoor is er genoeg licht in de diepere zones in het gebied. Het lichtklimaat is dus goed genoeg voor het groeien van gevarieerde plantensoorten.
	Productiviteit bodem: De situatie in het Zwarte Meer ziet er goed uit, dit is alleen niet zeker te zeggen over de bodem. Observaties tonen een goede situatie, maar het is het moeilijk een conclusie te kunnen trekken, omdat het niet gemeten is. Het is dus ook geadviseerd om onderzoek te doen naar de bodem van het Zwarte Meer.
	Habitatsgeschiktheid: De habitats van het Zwarte Meer zijn in de ondiepe zone en zuidelijke oeverzone goed. In de diepe zone en noordelijke oeverzone nog niet. De stijle basalten oevers aan het noorden dragen niet genoeg bij aan de ecologie in het Zwarte Meer. Verder is de diepe zone mogelijk begroeid maar is dit niet zeker. Verbetering van deze twee zones kan een verbetering geven in de variatie van vissen en vogels.

	Verspreiding: De mogelijkheid tot verspreiding in het Zwarte Meer is goed. Verbetering voor vis is mogelijk door de visspasages richting het achterland.
	Verwijdering: Doordat er niet mechanisch wordt verwijderd is de situatie goed in het Zwarte Meer. De planten die nu in het systeem leven hebben volgens de tool een lage kwetsbaarheid en het enige wat een mogelijk risico kan zijn is de potentiële vogelvraat. Om dit tegen te gaan worden op kwetsbare plekken vraatroosters geplaatst.
	Organische belasting: Doordat er geen lozingen zijn op het Zwarte Meer is de organische belasting laag. De zuurstofgehaltes zijn hoog en het risico op zuurstoftekort is laag.
	Toxiciteit: De toxiciteit gaat soms over de norm van 0,5%. Dit komt grotendeels door aluminium. Doordat de toxiciteit soms over deze norm gaat kan het mogelijk een knelpunt vormen. Het is geadviseerd verder te kijken naar de bron van aluminium.
	Context: Er zijn niet veel veranderingen nodig in het Zwarte Meer. De meeste veranderingen liggen in de buurt van de vaargeul en deze functie heeft conflicten met het verbeteren van de ecologische situatie. De wensen van het vaarverkeer kan een mogelijk obstakel zijn voor ecologische verbetering in het systeem.

Conclusie

Uit de analyse van de ESF'en blijkt dat er geen grote knelpunten zijn. Het Zwarte Meer is met de huidige beheersmaatregelen een gezond watersysteem en de ESF'en weerspiegelen dit. Voor productiviteit bodem kan geen conclusie worden getroffen, omdat de data niet beschikbaar is. Twee factoren kunnen worden verbeterd: habitatgeschiktheid en toxiciteit. Veranderingen binnen het systeem zijn nu nog vaak in conflict met de functie van de vaargeul.

Uit dit onderzoek valt te concluderen dat de tool geschikt is voor rijkswateren zoals het Zwarte Meer. Voor grotere wateren zoals het IJsselmeer zullen mogelijk meer problemen opduiken, omdat de methode niet gemaakt is voor grote wateren. Maar het inzicht van een ecologische watersysteemanalyse zal ook hier waarde hebben.

Aanbevelingen

Bodemanalyse: Er is geen analyse gedaan voor de bodem van het Zwarte Meer. Dit is belangrijk om te weten om een beter inzicht te krijgen over het functioneren van het watersysteem.

Verbeter de kwaliteit van de noordelijke oeverzone: De oeverzone is nu niet geschikt voor de natura2000 zone. Riet zou een beter alternatief zijn als dit kan met de vaargeul

Meet meer data bij het meetpunt Ramsdiep: Ramsdiep beschikt niet alle benodigde data voor de analyse. Voor een beter inzicht is dit wel nodig.

Onderzoek de mogelijkheid tot waterplanten in de vaargeul: De bodem van de vaargeul bevat mogelijk waterplanten. Dit kan de situatie voor de habitatgeschiktheid veranderen.

Onderzoek het verdere gebruik van PCLake: PCLake kan meer dan nu is gedaan. Meer kennis over deze tool kan gerichtere simulaties geven.

Gebruik de tool voor inzicht: De ESF'en geven een goed inzicht waar in het systeem mogelijk problemen zijn. Verder laat het je goed nadenken over je watersysteem.

Inhoud

	Inleiding 9
1.1	Aanleiding 9
1.2	Doelstelling project 9
1.3	Watersysteemanalyse 9
1.4	Afbakening 10
2	Systeembeschrijving 11
2.1	Ligging 11
2.2	Omvang en dimensies 11
2.3	Hydrologie 12
2.4	Bodemsamenstelling 12
2.5	Waterplanten 13
2.6	Vissen 14
2.7	Vogels 14
3	Methodiek 'Ecologische Sleutelfactoren' 16
3.1	Doel methodiek 'Ecologische sleutelfactoren' 16
3.1.1	Ecologische Sleutelfactor 1: Productiviteit water 16
3.1.2	Ecologische Sleutelfactor 2: Licht 17
3.1.3	Ecologische Sleutelfactor 3: Productiviteit bodem 17
3.1.4	Ecologische Sleutelfactor 4: Habitatsgeschiktheid 17
3.1.5	Ecologische Sleutelfactor 5: Verspreiding 18
3.1.6	Ecologische Sleutelfactor 6: Verwijdering 18
3.1.7	Ecologische Sleutelfactor 7: Organische belasting 18
3.1.8	Ecologische Sleutelfactor 8: Toxiciteit 19
3.1.9	Ecologische Sleutelfactor 9: Context 19
4	Ecologische Sleutelfactor 1: Productiviteit water 20
4.1	Informatie vooraf 20
4.1.1	Benodigde data en tools 20
4.1.2	Betrouwbaarheid 20
4.2	Waterbalans 20
4.3	Stoffenbalans 21
4.3.1	P-belasting 21
4.3.2	N-belasting 22
4.3.3	Vershil tussen gemeten en berekende N/P-Totaal 22
4.3.4	N:P ratio 22
4.4	PCLake 23
4.4.1	PCLake metamodel 23
4.4.2	De situaties 23
4.4.2.1	Gescheiden watersysteem 23
4.4.2.2	Verschillende dieptes en strijklengtes 24
4.4.3	Het resultaat 24
4.4.3.1	Gescheiden watersysteem 24
4.4.3.2	Vershil in strijklengte en diepte 25
4.4.4	Kritische waarden 25
4.4.4.1	Kritische P-belasting 26
4.4.4.2	Kritische N-Belasting 26
4.5	Conclusie 27

5	Ecologische Sleutelfactor 2: Licht 28
5.1	Informatie vooraf 28
5.1.1	Benodigde data en tools 28
5.1.2	Betrouwbaarheid 28
5.2	Resultaten 28
5.2.1	Doorzicht 28
5.2.2	Chlorofyl 29
5.2.3	Bijdragen beperking van het licht 29
5.3	Conclusie 29
6	Ecologische Sleutelfactor 3: Productiviteit bodem 30
6.1	Informatie vooraf 30
6.1.1	Benodigde data en tools 30
6.1.2	Betrouwbaarheid 30
6.2	Observaties 30
6.2.1.1	Bodemsamenstelling 30
6.2.1.2	Waterplanten 30
6.3	Conclusie 30
7	Ecologische Sleutelfactor 4: Habitatsgeschiktheid 31
7.1	Informatie vooraf 31
7.2	Eigenschappen zones 31
7.2.1	Oppervlakte 31
7.2.2	De ecosysteemtoestand 31
7.2.2.1	Oeverzone 32
7.2.2.2	Ondiepe zone 32
7.2.2.3	Diepe zone 32
7.3	De confrontatie 32
7.3.1	Confrontatie oeverzone 33
7.3.1.1	Brede rietkraag 33
7.3.1.2	Stortsteen 33
7.3.2	Confrontatie ondiepe zone 34
7.3.3	Confrontatie diepe zone 34
7.4	Conclusie 34
8	Ecologische Sleutelfactor 5: Verspreiding 35
8.1	Vissen en macrofauna 35
8.2	Vogels 36
8.3	Waterplanten 36
8.4	Conclusie 36
9	Ecologische Sleutelfactor 6: Verwijdering 37
9.1	Informatie vooraf 37
9.1.1	Benodigde data en tools 37
9.1.2	Betrouwbaarheid 37
9.2	Ingevoerde data 37
9.2.1	Bodemrijkdom 37
9.2.2	Waterplanten 38
9.2.3	Mechanische verwijdering 38
9.2.4	Grazers in het watersysteem 38
9.3	Resultaat 39
9.4	Conclusie 40
10	Ecologische Sleutelfactor 7: Organische belasting 41

10.1	Informatie vooraf 41
10.1.1	Benodigde data en tools 41
10.1.2	Betrouwbaarheid 41
10.2	Ingevoerde data 41
10.3	Resultaat 42
10.3.1	Oordeel van de tool 42
10.3.2	Vergelijking van de tool en gemeten waardes 43
10.4	Conclusie 43
43	
11	Ecologische Sleutelfactor 8: Toxiciteit 44
11.1	Informatie vooraf 44
11.1.1	Benodigde data en tools 44
11.1.2	Betrouwbaarheid 44
11.2	Ingevoerde data 44
11.3	Resultaat 44
11.3.1	Sterfte per periode 44
11.3.2	Aandeel sterfte top 5 toxische stoffen 45
11.4	Conclusie 46
12	Ecologische Sleutelfactor 9: Context 47
12.1	Informatie vooraf 47
12.2	Resultaat 47
12.2.1	ESF 3 47
12.2.2	ESF 4 47
12.2.3	ESF 8 47
12.3	Conclusie 48
13	Conclusies en aanbevelingen 49
13.1	Conclusie 49
13.1.1	Huidige situatie Zwarte Meer 49
13.1.2	Methodiek ecologische sleutelfactoren 50
13.1.2.1	Het Zwarte Meer 50
13.1.2.2	Gebruik voor Rijkswaterstaat 51
13.2	Aanbevelingen 51
13.2.1	Verbeteren van de ecologie van het Zwarte Meer 51
13.2.2	Verbeteren van de monitoring van het Zwarte Meer 52
13.2.3	Gebruik methodiek 'Ecologische sleutelfactoren' 52
14	Bronnen en Literatuur 54
15	Bijlagen 55
15.1	Bijlage 1: Gevraagde data voor de tool OXY-VAI 55
15.2	Bijlage 2: Ingevoerde waardes voor Toxiciteit 56
15.3	Bijlage 3: Missende data Ramsdiep en Genemuiden 63
15.3.1	Bijlage 3.1: Missende data Ramsdiep 63
15.3.2	Bijlage 3.2: Missende data Genemuiden 63

Inleiding

1.1 Aanleiding

Rijkswaterstaat Midden Nederland heeft als taak om een watersysteemanalyse en watersysteemrapportage te maken voor elk waterlichaam in haar beheer. Om een watersysteemrapportage uit te kunnen voeren voor het Zwarte Meer, is de opdracht door Rijkswaterstaat gegeven om een watersysteemanalyse te maken voor dit waterlichaam. Hierbij wordt de opdracht gegeven het onderzoek uit te voeren volgens de Ecologische Sleutelfactoren (ESF) van STOWA. Een onderzoeksmethode die normaal wordt gebruikt door waterschappen voor kleine waterlichamen. Het is dus ook om te zien of deze methoden werkt op de grote waterlichamen van Rijkswaterstaat.

Gedurende de analyse is er door Rijkswaterstaat een cursus over Ecologische sleutelfactoren georganiseerd. Deze cursus heeft ervoor gezorgd dat ook de medewerkers van Rijkswaterstaat meer te weten zijn gekomen over deze methode. Deze cursus is toegepast in de analyse.

1.2 Doelstelling project

Het doel van de watersysteemanalyse is het verkrijgen van een duidelijk actueel beeld van het functioneren van het waterlichaam het Zwarte Meer. De analyse zal een beeld geven van de stand van zaken met betrekking tot het kerndoel 'schoon en gezond water' van Beheer- en ontwikkelingsplan Rijkswateren 2016-2021. Het is de bedoeling dat Rijkswaterstaat met behulp van deze analyse inzicht krijgt waarom de waterlichamen op hun huidige manier functioneren. Dit beeld is goed vastgelegd en gedocumenteerd. Verder is het doel om te zien hoe de methode van Ecologische sleutelfactoren zich weerspiegelt op de rijkswateren, in hoeverre deze methode geschikt is voor onze rijkswateren en welke aanpassingen nodig zijn om het beter geschikt te maken.

De watersysteemanalyse levert informatie over de huidige toestand en de toekomstige ontwikkelingen.

1.3 Watersysteemanalyse

De watersysteemanalyse wordt onderverdeeld in twee onderdelen. Een systeembeschrijving en een analyse van de ecologische werking van het Zwarte Meer volgens de ecologische sleutelfactoren methodiek.

De systeembeschrijving schetst een beeld van de huidige situatie in het Zwarte Meer. In de systeembeschrijving is de omvang en dimensies, hydrologie en morfologie van de huidige situatie uitgewerkt.

De ecologische analyse wordt uitgevoerd volgens de ecologische sleutelfactoren methodiek van STOWA. Deze werkwijze analyseert het waterlichaam op de negen ESF'en voor stilstaande wateren. Deze sleutelfactoren bestaan uit:

- Productiviteit water
- Licht
- Productiviteit bodem
- Habitatsgeschiktheid
- Verspreiding
- Verwijdering
- Organische belasting
- Toxiciteit
- Context.

Met behulp van deze methodiek en de systeembeschrijving is er een duidelijk beeld en begrip geschetst van hoe het watersysteem functioneert en welke factoren niet voldoen aan de eisen.

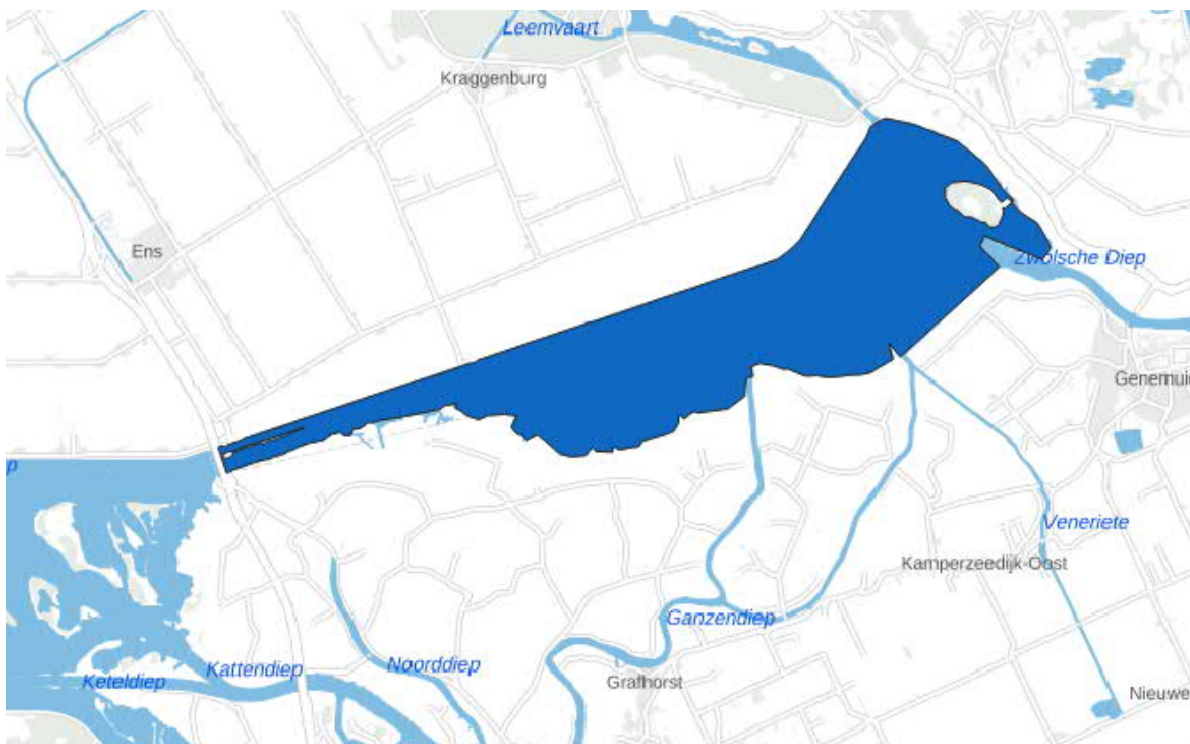
1.4

Afbakening

Bij het Zwarte Meer wordt het meetpunt Ramsdiep als referentie voor het waterlichaam beschouwd.

Er vindt geen onderzoek en/of data-analyse plaats van gegevens die al eens eerder door RWS zijn geanalyseerd.

De analyse van het Zwarte Meer gaat van het zwarte water tot Ramsdiep (zie Figuur 1)



Figuur 1: Afbakening Zwarte Meer

2 Systeembeschrijving

Voordat er een diepere analyse is gemaakt met de ecologische sleutelfactoren. Is het belangrijk dat er een systeembeschrijving wordt uitgevoerd. Het uiteindelijke doel is om een duidelijk beeld te krijgen van de huidige situatie van het Zwarte Meer.

2.1 Ligging

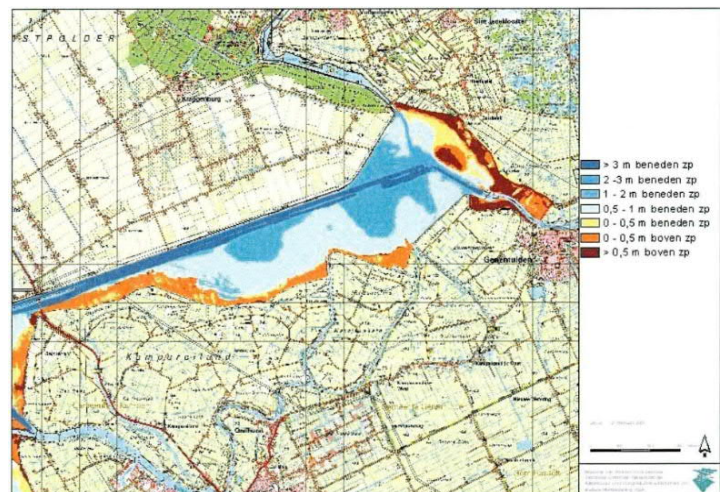
Het Zwarte Meer ontstond door de inpoldering van de Noordoostpolder. Het waterlichaam behoort tot de noordelijke randmeren samen met het Ketelmeer, het Vossemeer en Reevediep. Het Zwarte Meer wordt omringt door 4 gemeentes: Noordoostpolder, Steenwijkerland, Zwartewaterland en Kampen. De provincie Flevoland grenst het Zwarte Meer aan het noorden en Overijssel grenst het Zwarte Meer aan het zuiden en oosten. Het openwater van het Zwarte Meer staat verbonden met het Kadoelermeer in het noorden en is in beheer bij Rijkswaterstaat Midden-Nederland. Deze wateren worden bij een peil van +1 meter NAP van elkaar afgesloten door de Kadoeler-keersluis. In het oosten is het Zwarte Meer verbonden met het Zwarte Water. Dit is de uitmonding die zorgt voor de afwatering van de Overijsselse Vecht. Verder is het Zwarte meer verbonden met kleine afwateringen in het zuiden, de Goot en Ganzendiep. Ten westen is het Zwarte Meer verbonden via de Ramsgeul met het Ketelmeer en kan worden afgesloten middels de stormvloedkering balgstuf Ramspol.

De grootste waterbronnen van het Zwarte Meer is het Zwarte Water en de Kadoelermeer. De belangrijkste uitloop voor het Zwarte Meer is de Ramsgeul richting Ketelmeer.

Het Zwarte Meer is een Natura2000 gebied. Er liggen rietmoerassen in het zuiden en het Vogeleiland in het oosten. Verder zijn de rieteilanden De Snorre en Kraggenooog aangelegd voor de verbetering van de waterkwaliteit en biodiversiteit. Deze gebieden zijn van ecologisch belang.

2.2 Omvang en dimensies

Het Zwarte Meer is een waterlichaam met een oppervlakte van 17,8 km². Het heeft een ovaalvorm en gaat door richting het Ketelmeer. Het diepste punt is naast de vaargeul (zie Figuur 2). De retourgeul naast de vaargeul heeft 2 functies. Het helpt tegen de opstuwing van de grote schepen die door de vaargeul heen varen en het is een extra waterafvoer voor het water van het Zwarte water richting het Ketelmeer. Het diepste punt is dieper dan tien meter. Gemiddeld is het diepere gedeelte van de bodem is 1 meter diep.



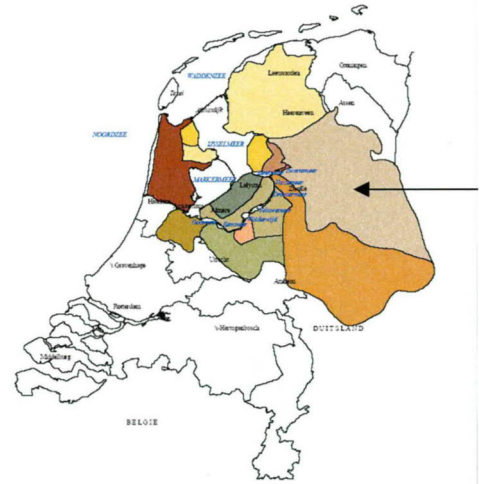
Figuur 2: Waterdieptekaart Zwarte Meer

2.3

Hydrologie

Het Zwarte Meer wordt gevoed vanuit het achterland (Zie Figuur 3). De grootste bron van het Zwarte Meer is het Zwarte Water. Het water van het Zwarte Water komt vanuit Duitsland en Drenthe via de Overijsselse Vecht en het Meppelerdiep. Dit komt dan uiteindelijk in het Zwarte Meer die het afvoert naar het Ketelmeer. Het totaal afwaterend oppervlak is 3780 km² [1]. Verder komt er water vanuit de boezem van Noordwest Overijssel en de Noordoostpolder via het Kadoelermeer. Ook komt er water vanaf Barsbekerbinnenpolder en polder Mastenbroek.

Het waterpeil van het Zwarte Meer staat gelijk aan dat van het IJsselmeer. De gelijke waterstand komt omdat het Zwarte Meer in een open verbinding staat met het IJsselmeer, mits de balgstuw niet in werking is. Wel is door opstuwing door westerse winden de waterstand vaak hoger in het Zwarte Meer dan in het IJsselmeer.

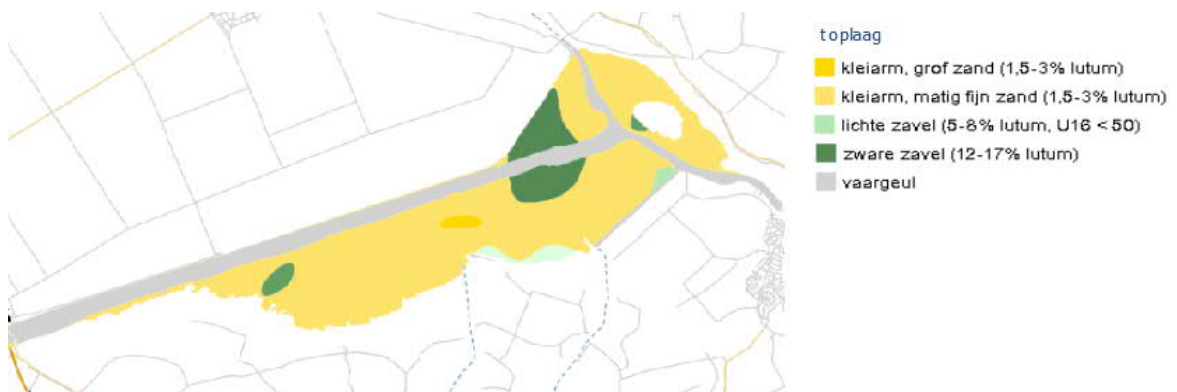


Figuur 3: Afwateringsgebied van het IJsselmeer, Markermeer en Randmeren [1]

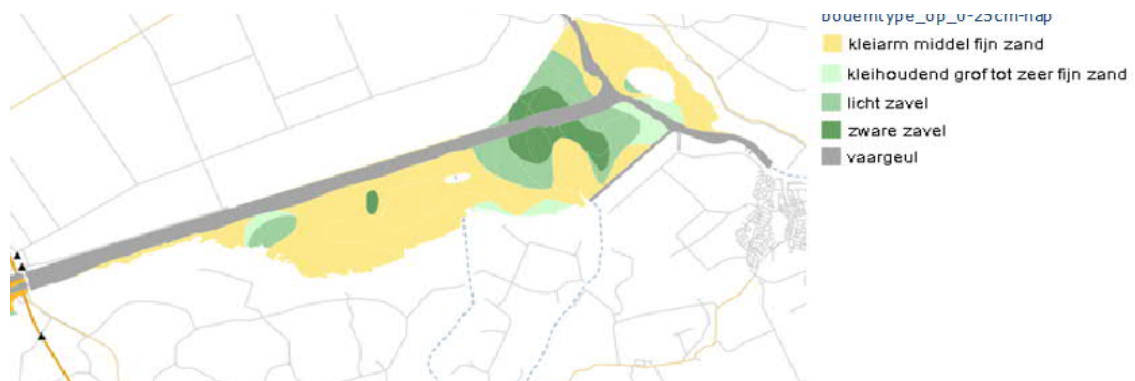
2.4

Bodemsamenstelling

De toplaag van de bodem van het Zwarte Meer bestaat vooral uit zand, zie Figuur 4. Alleen is het opvallend dat in het noorden van het gebied zich ook zware zavel bevindt. Als je kijkt naar de onderlaag (zie Figuur 5) is te zien dat er mee zavel is. Verder loopt er een grote vaargeul door het gebied heen richting het Zwarte Water en Kadoelermeer.



Figuur 4: Bodemsamenstelling van de toplaag

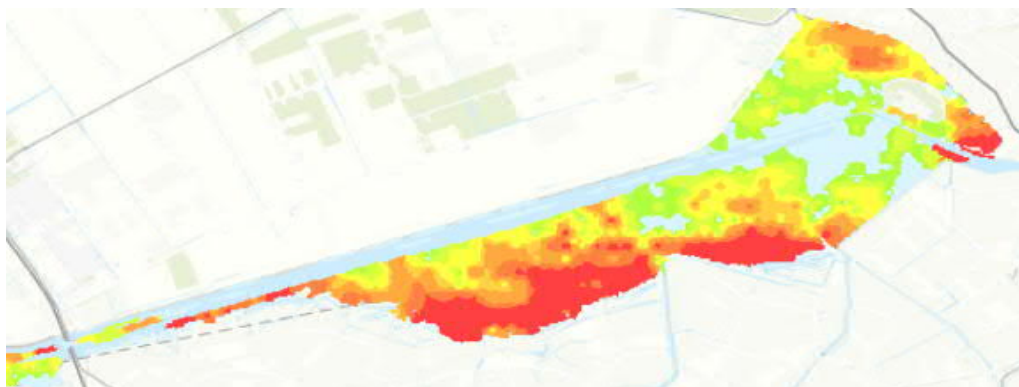


Figuur 5: Bodemsamenstelling van de onderlaag

2.5

Waterplanten

Er zijn veel plantensoorten in het Zwarte Meer. De soorten zijn zeer divers (zie tabel 1) en zoals te zien is in Figuur 6 is het gebied bedekt met waterplanten. Er zijn pionier soorten als kranswieren en complex vertakte waterplanten die zoals fonteinkruiden. Vertakte waterplanten kunnen een gezonde ecologische situatie betekenen [3]. Verder is riet niet gemeten, maar uit veldbezoek blijkt er veel riet te zijn in het gebied.



Figuur 6: Waterplantenbedekking in het Zwarte Meer 2018 [2]

Tabel 1: Gemonitorde waterplanten gevonden in het Zwarte Meer 2018 [2]

Planten	Toestand
Schedefonteinkruid	Veel voorkomend
Doorgroeid fonteinkruid	Amper voorkomend
Tenger fonteinkruid	Gemiddeld voorkomende
Aarvederkruid	Veel voorkomend
Riet	Veel voorkomend
Zannichellia	Amper voorkomend
Darmwier	Veel voorkomend
Draadwier	Veel voorkomend
Kranswier	Zeer veel voorkomend
Waternetje	Gemiddeld voorkomend

2.6

Vissen

De soort vissen die voorkomen in het Zwarte Meer is te zien in Tabel 2. Hier is te zien dat er veel baarsen en blankvoorns in het gebied zijn. Terwijl de snoek juist een laag aantal heeft.

Tabel 2: Vissentelling in het Zwarte Meer met als tuig een wonderkuil [7]

Soort	Aantal (n/ha)
Aal	1
Alver	49.6
Baars	452.3
Bittervoorn	0
Blankvoorn	416.7
Bot	0
Brasem	81.3
Driedoornige stekelbaars	3.8
Europese meerval	0
Gevlekte Amerikaanse rivierkreeft	9.8
Hybride cyprinide	0
Karper	0.6
Kesslers grondel	15.1
Kleine modderkruiper	68.7
Kolblei	14.6
Marm grondel	43.7
Noordzeehouting	0
Pontische stroomgrondel	62.1
Pos	88.9
Rietvoorn	0
Rivierdonderpad	0
Roofblei	0.4
Snoek	1.8
Snoekbaars	4.7
Spiering	0
Winde	2.6
Zeelt	5.6
Zwartbekgrondel	68.5

2.7

Vogels

De vogels in het Zwarte Meer zijn te zien in

Soort	Seizoen gemiddelde (17/18)	Trend sinds 06/07
Aalscholver	279	-
Fuut	72	-
Grauwe Gans	1091	+
Kleine Zwaan	0	~
Knobbelzwaan	586	+
Kolgans	183	-
Krakeend	1416	++
Kuifeend	899	~
Lepelaar	7	~
Meerkoet	1037	0
Pijlstaart	0	--
Slobeend	14	-
Smient	566	~
Tafeleend	37	-
Wintertaling	51	--
Zwarte Stern	8	--

Tabel 3 en Fout!
Verwijzingsbron niet gevonden.. Waarbij Tabel 3 de winter- en trekvogels aangeeft en Fout!
Verwijzingsbron niet gevonden. de broedvogels.
Wat daar opvalt is dat ganzen, knobbelzwanen en krakeenden zijn toegenomen in het gebied sinds 2007 en de rest van de soorten aan het krimpen zijn of geen trend aantoonbaar

Tabel 3: Winter- en trekvogels in het Zwarte Meer [6]

Gebruikte trend-symbolen:

++ significante sterke toename van >5% per jaar

+ significante matige toename van < 5% per jaar

0 stabiel, geen significante trend

- matige significante afname van < 5% per jaar

-- sterke significante afname van >5% per jaar

~ onzeker, geen trend aantoonbaar

Tabel 4: Broedvogels in het Zwarte Meer Soort	Seizoen gemiddelde (2017)	Trend sinds 2007
Grote Karekiet	25	~
Porseleinhoen	0	~
Purperreiger	2	~
Rietzanger	430	0
Roerdomp	4	~
Snor	110	0

3 Methodiek 'Ecologische Sleutelfactoren'

Om de ecologische functionering van een watersysteem beter te begrijpen is er een methodiek bedacht door STOWA, de ecologische sleutelfactoren. Deze factoren zijn bedoeld als kapstok om de verschillende aspecten van de ecologie in een watersysteem met elkaar te kunnen verbinden en het beter te kunnen begrijpen. De sleutelfactoren zijn ontwikkeld voor stilstaand water en stromend water. De methodiek voor stilstaand water zal worden gebruikt in de watersysteemanalyse van het Zwarte Meer.

De methodiek is nog niet zeer bekend bij Rijkswaterstaat en is nog niet gebruikt voor grote waterlichamen. Om te kijken of de methodiek bruikbaar is voor Rijkswateren wordt er een watersysteemanalyse van het Zwarte Meer gemaakt aan de hand van de Ecologische sleutelfactoren.

De methode voor stilstaand water bestaat uit negen factors: Productiviteit water, licht, productiviteit bodem, habitatsgeschiktheid, verspreiding, verwijdering, organische belasting, toxiciteit en context. Elke factor wordt beoordeeld volgens de stoplicht methoden. Groen betekent dat het goed is, oranje dat er twijfels zijn en rood dat er verbetermogelijkheden zijn.

De eerste drie factoren duiden aan of de juiste planten in het water kunnen groeien, met name de groei van ondergedoken waterplanten. Habitatsgeschiktheid, verspreiding en verwijdering bepalen of de habitat geschikt is voor specifieke soortgroepen. Als deze zes kloppen, maar het waterlichaam nog steeds niet de benodigde diversiteit heeft. Is er een mogelijkheid dat specifieke factoren ermee te maken hebben. Als alles goed is kunnen er nog problemen zijn met de twee volgende factoren: Organische belasting en toxiciteit. Als al deze 8 factoren zijn behandeld en er begrip is wat er klopt en niet klopt in het gebied komt de laatste factor. De context is bedoeld om te kijken naar mogelijke oplossingen die passen in het gebied. Hierbij rekening houdend met andere functies in het gebied.

3.1 Doel methodiek 'Ecologische sleutelfactoren'

Het doel van de ecologische factoren is om een inzicht te krijgen van de ecologische situatie. De vele factoren die invloed hebben op de ecologie aan elkaar te verbinden en overzicht te krijgen van welke factoren een diverse ecologische toestand dwarsbomen. Het maakt helder waarom de toestand is zoals de toestand is en biedt de handvaten om effectieve maatregelen te nemen.

3.1.1 Ecologische Sleutelfactor 1: Productiviteit water

De centrale vraag voor ESF 1 is of de hoeveelheid algen- of kroos belemmerend is voor de groei van de ondergedoken onderwaterplanten. Bij sleutelfactor 1 wordt gekeken of de externe belasting hoger of lager is dan de kritische belasting. De vraag is afhankelijk van de verblijftijd van het water.

Als de externe hoeveelheid fosfor (P) of stikstof (N) hoger is dan de kritische belasting, kunnen de algen of kroos de ondergedoken waterplanten domineren en dus de groei belemmeren. Als dit het geval is zal ESF 1 op rood staan. Als de hoeveelheid fosfor of stikstof lager is dan de kritische belasting zal dit moeten betekenen dat de ondergedoken waterplanten niet worden gedomineerd door de algen of kroos. Hierdoor zal ESF 1 op groen komen te staan.

Om de kritische belasting P en N te bepalen is er een metamodel ontwikkeld: PCLake.

3.1.2 Ecologische Sleutelfactor 2: Licht

De centrale vraag voor ESF 2 is of er genoeg licht valt op de bodem van het waterlichaam. Als er niet genoeg licht valt kan dit de groei belemmeren door een tekort aan fotosynthese van de onderwaterplanten en met name van de ondergedoken waterplanten. Wanneer minstens 70% van de bodem (waar de bodem minimaal 50 cm onder het wateroppervlak ligt) meer dan 4% van het licht ontvangt, zal de ESF op groen staan. Als de ESF minder ontvangt staat de sleutelfactor op rood en is dit een struikelpunt.

Om te bepalen of er genoeg lichtinval is op de bodem is er een werkwijze ontwikkeld door STOWA. Met de rekentool onderwaterlicht wordt bepaald wat de doorzichtratio is. Daarmee kan er worden bepaald tot hoe diep in het water 4% van het licht kan komen.

De tweede stap is om te bepalen hoeveel van de bodem de 4% licht ontvangt. Dit moet minimaal 70 procent van de bodemoppervlak zijn.

Als de extinctie en doorzichtratio zijn berekend kan er gekeken worden naar mogelijke andere factoren die het doorzicht kunnen verslechteren. De uitkomst van de analyse kan de mogelijke struikelpunten duidelijk maken en oplossingen ervoor bedacht worden.

3.1.3 Ecologische Sleutelfactor 3: Productiviteit bodem

De centrale vraag voor ESF 3 is of de nutriënten gehalte van de bodem niet boven het kritische gehalte komt. Als het te hoog is zal dit de ontwikkeling van diverse vegetatie en voornamelijk ondergedoken planten belemmeren. Hierbij wordt vooral gekeken naar de totale fosfor gehalte in de bodem.

De grenswaarde van de totale fosfor voor stilstaand water staat vast op een concentratie van 500 mg/kg (Macrophytes in drainage ditches (Van Zuidam, 2013)).

Als de gemeten fosfor hoger is dan de grenswaarde staat de ESF op rood, als het lager is dan de grenswaarde staat de ESF op groen.

3.1.4 Ecologische Sleutelfactor 4: Habitatsgeschiktheid

Het doel van ESF 4 is om inzicht te krijgen in de aanwezige en gewenste structuur in het water. Het laat zien waar de uiteindelijke knelpunten vormen in het behalen van de gewenste doelen. ESF 4 dient om de ecosysteemtoestanden (EST) te definiëren. Verandering in de EST stuurt tot drastische wijzigingen in de eerste drie ecologische sleutelfactoren en kan leiden naar een stabiele ecosysteemtoestand.

De ecosysteemtoestand wordt opgedeeld in drie zones: De oeverzone, de ondiepe zone en de diepe zone.

De oeverzone loopt vanaf de waterlijn tot de waterdiepte waar de emergente begroeiing minder dan 75% bedekt. Emergente begroeiing zijn planten in het water waarvan de bladeren boven het water uitsteken. Talud is van belang bij de oeverzone, omdat deze zone maar vaak tot één meter diep gaat. Dus hoe steiler het talud hoe kleiner de oeverzone is. Het kan zelfs zo zijn dat de oeverzone niet voorkomt.

De ondiepe zone begint waar de oeverzone eindigt en loopt tot maximaal zes meter diep.

De diepe zone begint vanaf 6 meter diep. Vaak krijgt de zone structuur lagen in de winter en mengt het zich in de zomer.

Om te bepalen in welke ecosysteem toestand het watersysteem zich bevindt moeten er vier keuze gemaakt worden.

Type watersysteem: sloot/kanaal of meer/plas

Ecologische zone: oever, ondiep, diep

Trofieniveau: hoogproductief, gemiddeld productief, laagproductief.

Hoogproductief: ESF 1 productiviteit water staat op rood.
 Gemiddeld productief: ESF 3 Bodemproductiviteit staat op rood.
 Laagproductief: ESF 1 t/m 3 staan op groen.
 Aan- of afwezigheid van dominante sleutelgroepen.

Voor ESF 4 is een Excel tool ontwikkeld door Stowa. Deze tool gaat doorloopt 3 stappen.

- 1 Bepaal de verdeling van de 3 zones.
- 2 Bepaal de ecosysteemtoestand.
- 3 Confrontatie met de huidige situatie.

Deze Tool zal worden gebruikt in de uitwerking van de verdere habitatsstructuur.

3.1.5 Ecologische Sleutelfactor 5: Verspreiding

Als ESF 1 t/m 4 allemaal goed scoren, betekent dit dat de leefomgeving voldoende moet zijn voor de gevraagde ecologie. Als dit niet zo is kan dit liggen aan andere aspecten. Een van deze aspecten is ESF 5 de verspreiding. Hierbij analyseer je de verspreidingsmogelijkheid voor planten en diersoorten.

Voor ESF 5 is er een quickscan en nadere analyse. Bij de analyse van ESF 5 moet er worden gekeken of er organismen zijn die de locatie slecht tot niet kunnen bereiken. In de analyse wordt er gekeken naar 3 verschillende soorten. Vis, macrofauna en macrofyten. Als je weet dat andere soorten er ook moeten leven kunnen deze bij de quickscan worden toegevoegd. Bij de quickscan is het belangrijk dat er een kaart wordt gebruikt. Op de kaart moet worden gekeken naar andere habitats waar ze leven in vergelijkbare wateren. Verder moeten de waterstromingen en verbindingspunten van de omliggende gebieden worden bekeken om te zien of er mogelijke knelpunten zijn waardoor de soorten niet het gebied kunnen bereiken. Voor vogels en andere vliegende dieren moet er gekeken worden of er genoeg eten is in de buurt om het aantrekkelijk te maken daar te settelen. Dit is vooral belangrijk voor het Zwarte meer, wegens het vogeleiland.

Wanneer de analyse duidt op mogelijke knelpunten moet er een nadere analyse worden uitgevoerd. De nadere analyse behandelt specifieke soorten.

3.1.6 Ecologische Sleutelfactor 6: Verwijdering

Het doel van ESF 6 is om te analyseren of verwijdering van planten en organismen invloed kunnen hebben op het watersysteem. Desondanks dat het habitat geschikt zou moeten zijn kan mogelijke verwijdering, door grazers of mensen, invloed hebben op het leven in het water. De STOWA heeft een rekentool ontwikkeld die berekend of de verwijdering van planten en organismen invloed heeft op het leven. In de rekentool moeten veel factoren worden ingevuld. Bijvoorbeeld welke organismen en planten er horen te leven, hoe vaak er mechanische verwijdering plaatsvindt van bijvoorbeeld maaiers en welke grazers in het gebied zijn en hoeveel. Na de berekening geeft de rekentool aan welke factoren een invloed hebben op de aanwezigheid van bepaalde soorten in het water. Als de problemen bekend zijn kunnen er mogelijke oplossingen bedacht worden.

3.1.7 Ecologische Sleutelfactor 7: Organische belasting

Het doel van ESF 7 is om de organische belasting op het waterlichaam te testen. Organische stoffen moeten worden afgebroken met behulp van zuurstof. Dit betekent dat bij een overschot is aan organische stoffen in het water de zuurstof in het water gebruikt zal worden om het afbreekproces voort te zetten. Dit kan leiden tot een daling in zuurstof en zelfs tot zuurstofarm water. Weinig zuurstof in het water kan het leven van onderwaterdieren zwaar belemmeren.

ESF 7 bestaat uit een quickscan en een nadere analyse. De quickscan wordt uitgevoerd om snel te bepalen of het waterlichaam het benodigde zuurstofgehalte heeft. De quickscan voer je uit door een veldbezoek of al bekende data te zoeken waar informatie staat over de zuurstofgehalten. Bij het veldbezoek kan worden gekeken of er planten leven die zich in voedselrijke milieus bevindt, wat kan duiden aan een overschot aan nutriënten. Als het twijfelachtig is of het water aan het gevraagde zuurstofgehalte voldoet zal er een nadere analyse moeten worden uitgevoerd.

De nadere analyse is om dieper in de organische belasting in te gaan, als de quickscan blijkt onvoldoende te zijn. Deze analyse geeft een preciezer antwoord met behulp van een rekentool ontwikkeld door STOWA. De rekentool neemt de piek en continu belastingen en verwerkt dit in een berekenen. Hiermee komt er dan een resultaat of het zuurstofgehalte voldoet en zo niet waar het mogelijk aan kan liggen.

3.1.8 Ecologische Sleutelfactor 8: Toxiciteit

Bepaalde chemische stoffen kunnen een toxisch effect hebben op het watersysteem. Bijvoorbeeld zware metalen, medicijnresten en andere microverontreinigingen. Het toxisch effect van de stoffen hangt af van de concentratie en duur van blootstelling. ESF 8 'Toxiciteit' moet een handvat geven aan waterbeheerders om een begrip te krijgen van de invloeden van toxische stoffen in het watersysteem. Daarmee kan dan gekeken worden naar mogelijke maatregelen om de toxiciteit te verminderen. Om de toxiciteit te bepalen wordt er eerst een quickscan uitgevoerd. Deze geeft een overzicht van de hoofdlijnen van het systeem. Hierbij krijg je overzicht waar de mogelijke vervolgvragen liggen en kunnen deze worden aangepakt met een nadere analyse. Om te bepalen of de ESF-toxiciteit een knelpunt kan zijn is een quickscan goed genoeg. Deze analyse geeft een inschatting van de risico's van de aanwezige stoffen. Dit kan door te kijken wat voor stoffen worden geloosd in de omgeving. Aan de andere kant kan je kijken of er onverklaarbare verschijnselen voorkomen, zoals vissoorten die niet voortkomen, terwijl de habitat geschikt is. Als hier blijkt dat er een risico kan zijn, is een nadere analyse noodzakelijk.

In de nadere analyse zal er dieper worden gekeken om te bevestigen of toxiciteit een belangrijke rol speelt in de functionering van het watersysteem. Om de toxiciteit te bepalen wordt een tool gebruikt: Chemiespoor. Chemiespoor geeft het effect van chemische stoffen op de ecologie aan met behulp van modellen. De stoffen worden beschreven en er wordt aangegeven wat de impact is op de ecologie.

Toxicologiespoor geeft een meting van hoe negatief de impact is van bepaalde toxische stoffen op het ecosysteem. Deze meting wordt gedaan met behulp van SIMONI. SIMONI kan de risico's van de stoffen op de ecologie berekenen op basis van concentratie.

Beide sporen moeten op groen staan, om de toxiciteit goed te keuren. Rood betekent dat er maatregelen moeten worden genomen om de toxiciteit te verbeteren.

3.1.9 Ecologische Sleutelfactor 9: Context

Waterlichamen hebben vaak een aangewezen functie. Maar waterlichamen worden vaak gebruikt door meerdere partijen en functies. Hierdoor zijn er verschillende belangen en wensen. Het kan zijn dat mogelijke oplossingen die verzonden zijn om de kwaliteit van het water te verbeteren, een andere partij kan dwars zitten. ESF 9 is ontworpen om te kijken welke functies er allemaal zijn voor het water en welke partijen daarmee te maken hebben. Dat zorgt ervoor de mogelijke opties niet te veel conflict hebben met de huidige functie. Het kan namelijk zijn dat de beste oplossing niet mogelijk is door de andere partijen. Maar geeft dit wel de optie om te zoeken naar alternatieven.

4 Ecologische Sleutelfactor 1: Productiviteit water

4.1 Informatie vooraf

4.1.1 Benodigde data en tools

Om de productiviteit van het water te bepalen is er een water- en stoffenbalans nodig om de toevoer van stoffen te bepalen. Hiervoor is informatie nodig van de gemalen en inlaten rond het Zwarte Meer. Deze informatie is verzameld door Witteveen+bos en geleverd bij de cursus in de vorm van een excelbestand. Dit Excelbestand vormt de basis van de waterbalans en stoffenbalans. De benodigde data voor de water/stoffenbalans zijn als volgt:

1. Oppervlakte waterlichaam (m^2)
2. P-totaalmetingen (mg/l)
3. N-totaalmetingen (mg/l)
4. Bodemhoogte (m)
5. Debiet van de inlaten (m^3/s)

Voor het bepalen van de situatie van het waterlichaam is het model PCLake gebruikt. Dit is een Excel bestand die een watersysteem kan simuleren door data van het te onderzoeken waterlichaam te gebruiken. Hiervoor is de volgende data nodig:

- Waterdiepte (m)
- Oppervlakte moeras (m^2)
- Strijklengte (m)
- Debiet (mm/d)
- Extinctie (m)
- P-belasting ($g/m^2/d$)
- N-belasting ($g/m^2/d$)
- Sedimenttype

Met behulp van deze data en tools wordt de productiviteit van het water uiteindelijk bepaald en is te zien of plantengroei mogelijk is in dit klimaat.

4.1.2 Betrouwbaarheid

Voor de waterbalans is de watertoevoer niet bekend over lange periodes. Hierdoor is er maar een korte bruikbare meetperiode van 2013 tot 2016 beschikbaar. De uiteindelijke conclusie kan daardoor onzeker zijn wegens het tekort aan data, omdat de afgelopen jaren er mogelijk een andere situatie is wegens de droogte van 2018. De basis van de waterbalans is gegeven door Witteveen+bos bij de cursus "Ecologische Sleutelfactoren" en hier kunnen dus ook mogelijk sluitfouten in zitten.

4.2 Waterbalans

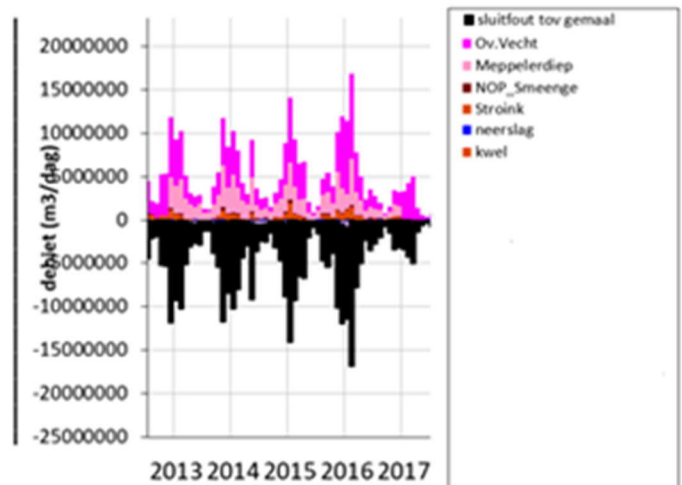
Om zicht te krijgen in hoeveel water er in het Zwarte Meer komt en vanaf waar, is het belangrijk een waterbalans op te stellen. De waterbalans houdt rekening met de volgende inlaten:

- Overijsselsche Vecht
- Meppelerdiep
- Smeenge
- Stroink

Overijsselsche Vecht en Meppelerdiep komen samen uit op het Zwarte Water, de grootste watertoevoer van het Zwarte Meer. Smeenge en Stroink komen uit op het Kadoelermeer die uitmondt op het Zwarte Meer als tweede grootste watertoevoer.

Wat duidelijk te zien is uit de waterbalans van Figuur 8. Is dat de Overijsselsche Vecht de grootste bijdragen levert van het water aan het Zwarte Meer. Daarbij voegt Meppelerdiep net wat minder toe, maar nog steeds een grote hoeveelheid vergeleken de rest. Stroink heeft een aanzienlijk kleinere toevoeging aan het geheel en Smeenge is bijna verwaarloosbaar. De waterbalans vertelt ons dat het Zwarte Water waarschijnlijk de grootste invloed gaat hebben op de stoffenbalans, omdat het aandeel aanzienlijk groter is. Als er mogelijk ingrepen moeten worden gedaan, kan dit hoog waarschijnlijk het beste gedaan worden in de achterlanden van het Zwarte Water.

In Tabel 47 is het gemiddelde debiet te zien van 2013 tot 2016. Het gemiddelde wordt gebruikt als debiet voor de rest van het onderzoek.



Figuur 8: Waterbalans van het Zwarte Meer, data tussen 2013 en 2016 is accuraat.

Tabel 47: Debiet in het Zwarte Meer tussen 2013 en 2016

Jaar	Debiet (mm/d)
2013	247
2014	233
2015	292
2016	229
Gemiddeld	250

4.3

Stoffenbalans

Zoals te zien bij het debiet zijn de grootste waterbronnen van het Zwarte Meer de Overijsselsche Vecht en Meppelerdiep. Deze monden uit op het Zwarte Water. Met behulp van de stoffenbalans wordt bepaald hoeveel fosfor in het Zwarte Meer terecht komt. Hetzelfde Excelbestand van de waterbalans wordt gebruikt bij de stoffenbalans. Hierbij is de gemeten P- en N-belasting nodig voor de vier water toevoeren. Met behulp van de stoffenbalans kan de belasting op het watersysteem worden berekend en kan worden bepaald of het watersysteem geschikt is voor een gezonde ecologische situatie.

4.3.1

P-belasting

De P-belasting wordt bepaald met behulp van de waterbalans. Verder zijn de P-totaalmetingen nodig van de vier inlaten. Deze waren niet beschikbaar dus is er een alternatief genomen. De data zijn verzameld van het meetpunt Genemuiden voor de Overijsselsche Vecht en Meppelerdiep en van de inlaat Kadoelermeer voor Smeenge en Stroink. Het water komt samen op deze twee punten voordat het water het Zwarte Meer instroomt. Daardoor kan dit als vervangende P-totaal worden genomen. De ingevulde data wordt weergegeven in Tabel 5.

Met behulp van de waterbalans is de P-belasting te bepalen in het Zwarte Meer. Dit komt uit op een gemiddelde 0.033 g/m²/d van 2013 tot 2016. Deze data zijn belangrijk voor het model PCLake, wat wordt uitgelegd in 4.4.

4.3.2 N-belasting

Het probleem van de dataverzameling van de P-totaal is hetzelfde met de N-totaal. Dus hetzelfde alternatief is gekozen voor dit probleem. De ingevulde data van N-totaal staat in Tabel 5.

Met behulp van de waterbalans is ook de N-belasting te bepalen in het Zwarte Meer. Dit komt uit op een gemiddelde van 1 g/m²/d van 2013 tot 2016.

Tabel 5: P-totaal en N-totaal van de vier toevoeren van het Zwarte Meer.

Rivier	Ingevulde P-totaal (mg/l)	Ingevulde N-totaal (mg/l)
Overijsselsche Vecht	0.14	4.07
Meppelerdiep	0.14	4.07
Smeenge	0.08	3.74
Stroink	0.08	3.74

4.3.3 Verschil tussen gemeten en berekende N/P-Totaal

Om te valideren dat de waterbalans klopt en de berekende waarden dicht bij de werkelijkheid liggen. Worden de gemeten waarden vergeleken met de berekende waarden van de waterbalans. Als vergelijking wordt het meetpunt Ramsdiep gebruikt in het Zwarte Meer. De resultaten zijn te zien in Tabel 2. Zoals te zien is het verschil van fosfor groter dan dat van stikstof. Mogelijk komt dit doordat fosfor meer in het systeem wordt opgenomen dan stikstof, waardoor in Ramsdiep minder fosfor wordt gemeten. Het kan ook zo zijn dat de waterbalans niet goed klopt met de werkelijkheid. Dit kan worden getest met behulp van Chloride, maar deze data is niet genoeg bekend en wordt niet gemeten in het Ramsdiep. Te zien is dat desondanks het verschil de resultaten redelijk overheen komen en vooral stikstof zeer accuraat is. Het resultaat van de eerste ecologische sleutelfactor kan mogelijk verschillen met de werkelijkheid.

Tabel 6: Verschil tussen gemiddelde van de gemeten en berekende waarden (2013-2016)

Stofsoort	Berekende N/P- belasting (g/m ² /d)	Berekende N/P-Totaal (mg/l)	Gemeten N/P-Totaal Ramsdiep (mg/l)	Vershil (mg/l)	Vershil (%)
P	0.033	0.13	0.11	0.023	21
N	1	4	3.74	0.26	7

4.3.4 N:P ratio

De N:P Ratio wordt gebruikt om te bepalen wat de groei-limiterende factor is in het watersysteem. In tabel 3 is het overzicht van de N:P ratio met de limiterende factor. In het Zwarte Meer is de fosfor 0.13 mg/l en de stikstof 4 mg/l. Dit geeft een N:P ratio van 30, wat betekent dat fosfor veruit groei-limiterend is in het systeem. Aanpassingen moeten worden gedaan aan de fosfortoevoer in het systeem.

Tabel 7: N:P ratio en de groei-limiterende factor

N:P Ratio	≤14	14-16	≥16	30
Groei-limiterende factor	N limiterend	Co-limitatie	P-limiterend	N:P Ratio Zwarte Meer

4.4 PCLake

Momenteel is in het Zwarte Meer een goede plantengroei, de trend laat zien dat 5-10 jaar geleden er geen goede plantengroei was. Toch hoeft dit niet zo te blijven. Het systeem kan zich mogelijk bevinden in een kantelpunt, waardoor het binnen een paar jaar een troebele staat bereikt. Om te simuleren wat er gaat gebeuren in het watersysteem over een bepaalde periode is de tool PCLake ontwikkeld. Deze laat zien of het watersysteem in een positieve of negatieve trend zit, door verschillende gebeurtenissen in een watersysteem (bijvoorbeeld Waterplantengroei en blauwalg) te laten zien in grafieken.

4.4.1 PCLake metamodel

Het metamodel is een vereenvoudigde tool van PCLake. Voor 6 parameters dienen waarden te worden ingevuld (zie Figuur 9) voor het bepalen van de kritische P-belasting en verblijfstijd. Deze kan niet worden ingevoerd voor het Zwarte Meer, doordat het maximale debiet dat mag worden ingevuld 200 mm/d is. In het Zwarte Meer is een gemiddeld debiet van 250 mm/d, daardoor is het metamodel niet representatief voor de daadwerkelijke situatie. Wel laat het zien dat PCLake niet bedoeld is voor hoge debieten met rivierachtige kenmerken, zoals korte verblijfstijden en lange strijklengtes.

Invulformulier PCLake	
Waterdiepte (m) ?	2
Relatieve oppervlakte moeras ?	0.01
Strijklengte (m) ?	1500
Debiet in (mm/d) ?	20
Extinctie (-) ?	0.5
Sedimenttype ?	klei
Run metamodel	

4.4.2 De situaties

Figuur 9: Metamodel van PCLake

4.4.2.1 Gescheiden watersysteem

Bij het model van PCLake kan je vier scenario's tegelijk uitvoeren. Zo kan je bepalen wat verschillende situaties doen met je watersysteem. Bij het Zwarte Meer is er gekozen voor drie verschillende situaties: Het systeem als een geheel en het systeem gescheiden in een ondiep gedeelte (uiterwaard) en een diep gedeelte (vaargeul). Bij het gescheiden systeem is de theorie dat de vaargeul dient als een snelweg voor het water. De ondiepe zone wordt beschouwd als een uiterwaard. Dit zorgt voor twee grote veranderingen: Het debiet verschil, waarvan 2/3 van het debiet door de vaargeul gaat en 1/3 van het debiet door de uiterwaard. De waterdiepte, waar de vaargeul een waterdiepte krijgt van 5 m. en het Zwarte Meer een waterdiepte van 1 m. De uiteindelijke ingevulde data van de tool is te vinden in Tabel 8.

Tabel 8: Ingevulde waarden voor een gescheiden watersysteem in PCLake

	Gezamenlijk	Uiterwaard	Vaargeul
Diepte (m)	1	1	5
Strijklengte (m)	2000	1700	2000
Sediment (-)	0.03 (zand)	0.03	0.03
Moeraszone (%)	3	3.4	0
P-belasting (g/m ² /d)	0.033	0.033	0.033
N-belasting (g/m ² /d)	1	1	1

Debiet (mm/d)	250	83	166
Extinctie (ESF2) (m)	1.37	1.37	1.37

4.4.2.2 Verschillende dieptes en strijklengtes

Het Zwarte Meer heeft niet overal dezelfde diepte of strijklengte. Om te welke invloed verschillende strijklengtes en dieptes hebben zijn er voor 4 verschillende situaties gekozen. Voor de verschillende situaties we de diepte naar 2 meter (de gemiddelde diepere gedeeltes) en de strijklengte naar 8000 meter (afstand van de verbreding van Ramspol tot het vogeleiland). De uiteindelijke ingevulde data is te zien in

	Standaard situatie	Andere strijklengte	Andere diepte	Andere strijklengte & diepte
Diepte (m)	1	1	2	2
Strijklengte (m)	2000	4000	2000	4000
Sediment (-)	0.03 (zand)	0.03	0.03	0.03
Moeraszone (%)	3	3	3	3
P-belasting (g/m ² /d)	0.033	0.033	0.033	0.033
N-belasting (g/m ² /d)	1	1	1	1
Debiet (mm/d)	250	250	250	250
Extinctie (ESF2) (m)	1.37	1.37	1.37	1.37

Tabel 9.

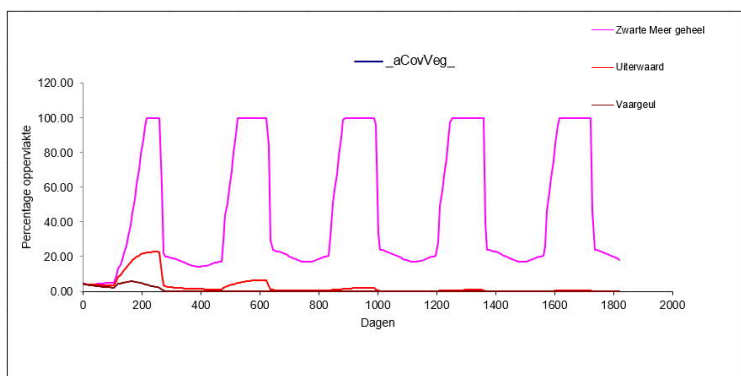
Tabel 9: Ingevulde waarden voor dieptes en strijklengte scenario's in PCLake

	Standaard situatie	Andere strijklengte	Andere diepte	Andere strijklengte & diepte
Diepte (m)	1	1	2	2
Strijklengte (m)	2000	4000	2000	4000
Sediment (-)	0.03 (zand)	0.03	0.03	0.03
Moeraszone (%)	3	3	3	3
P-belasting (g/m ² /d)	0.033	0.033	0.033	0.033
N-belasting (g/m ² /d)	1	1	1	1
Debiet (mm/d)	250	250	250	250
Extinctie (ESF2) (m)	1.37	1.37	1.37	1.37

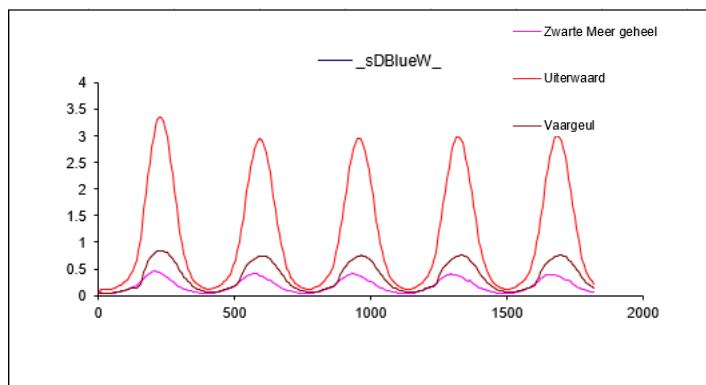
4.4.3 Het resultaat

4.4.3.1 Gescheiden watersysteem

Als het watersysteem wordt gescheiden in een uiterwaard en vaargeul zien de resultaten er niet goed uit vergeleken met het Zwarte Meer in het geheel. In Figuur 11 is te zien dat de vegetatie in beide scenario's snel afsterft. De afstervende vegetatie komt voor de vaargeul door de diepte van 5 meter en voor de uiterwaard door de verhoogde verblijfstijd van het water wegens het lage debiet. Het Zwarte Meer in het geheel is beter vergelijkbaar met de huidige situatie, waar plantengroei uitbundig is. De goede vegetatie komt waarschijnlijk wegens de lage waterdiepte van



Figuur 11: Plantengroei in het Zwarte Meer bij een geheel en gescheiden watersysteem



Figuur 10: De groei van blauwalg in de verschillende scenario's

goede menging komt waarschijnlijk door de opstuwung van de westerse winden en de grote schepen door de vaargeul.

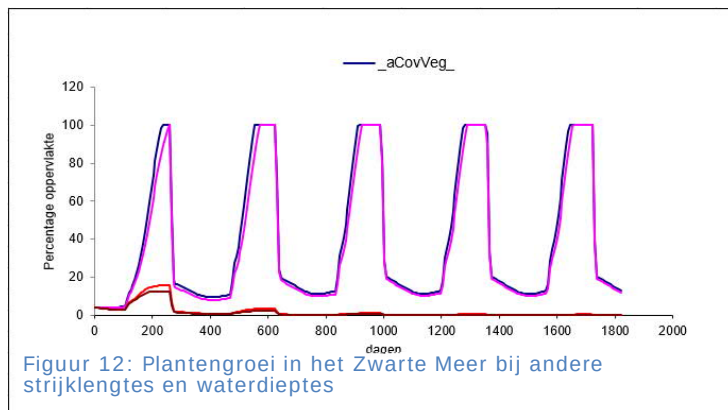
In Figuur 10 is te zien dat de blauwalg goed groeit in het scenario van de uiterwaard. Deze blauwalggroei komt waarschijnlijk door de lage debieten.

het meer en het hoge debiet. Ook kan hieruit worden geconcludeerd dat het water goed mengt. De

4.4.3.2

Verschil in strijklengte en diepte

Als het Zwarte Meer wordt bekeken als een dieper meer met een langere strijklengte, is te zien dat alleen diepte veel impact heeft op de waterplanten, terwijl strijklengte niet veel impact heeft. In Figuur 12 is te zien dat de planten goed groeien bij een diepte van één meter en de strijklengte geen aanzienlijk impact heeft op de plantengroei. Terwijl een waterdiepte van twee meter ervoor zorgt dat de plantengroei drastisch daalt.



Figuur 12: Plantengroei in het Zwarte Meer bij andere strijklengtes en waterdieptes

4.4.4

Kritische waarden

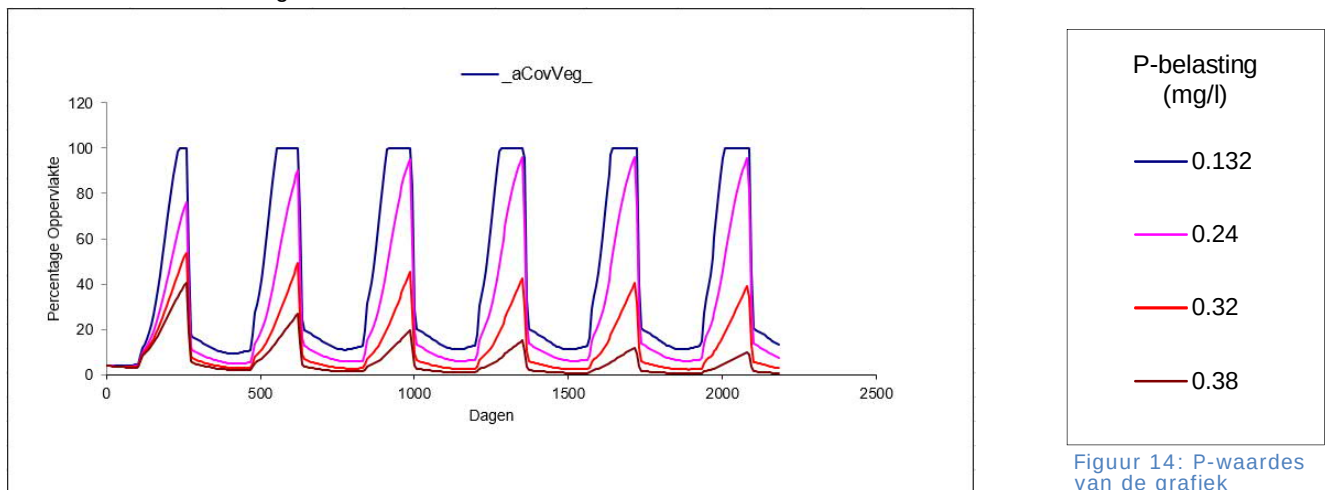
Het Zwarte Meer blijkt volgens het model en in het veld van goede kwaliteit te zijn. Plantengroei is volledig en de blauwalg blijft laag. Toch is het de vraag wanneer het systeem dreigt troebel te raken. Om het moment van vertroebeling te bepalen moet de kritische P- en N-belasting worden bepaald in het watersysteem. De kritische belasting bepalen treft een probleem. De kritische belasting kan worden bepaald met het metamodel van PCLake. Alleen het debiet van het Zwarte Meer overschrijdt de maximale waarden (200 mm/d). Het volledige PCLake model laat niet de kritische waarden zien, alleen deze kan wel worden benaderd via dit model. Door de standaardwaarden te pakken en de P- of N-belasting te veranderen kan je zien wanneer het watersysteem omschakelt naar een

- Standaard Situatie
- Strijklengte 8km
- Diepte 2m
- Strijklengte 8km & Diepte 2m

troebel watersysteem. Deze benadering zal worden gebruikt als kritische grens voor het systeem.

4.4.4.1 Kritische P-belasting

Als de P-belasting te hoog wordt zal het watersysteem vertroebelen, planten zullen afsterven en blauwalg gaat groeien. Door deze plantensterfte te zien kan worden bepaald wanneer de kritische grens is bereikt. In Figuur 13 is de vegetatiegroei zien in vier verschillende scenario's. De ingevulde P-waarde is te zien in Figuur 15. De vegetatie groei weet zich te herstellen bij een P-belasting van 0.24 mg/l, maar bij 0.32 mg/l begint het te dalen. Bij 0.38 mg/l is de meeste vegetatie weg. Dit is dus de kritische grens.

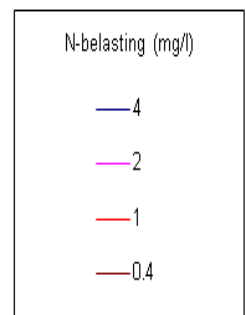


Figuur 13: Vegetatiegroei met verschillende P-belastingen

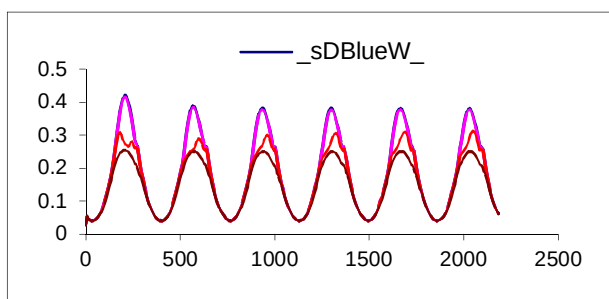
Figuur 14: P-waarden van de grafiek

4.4.4.2 Kritische N-belasting

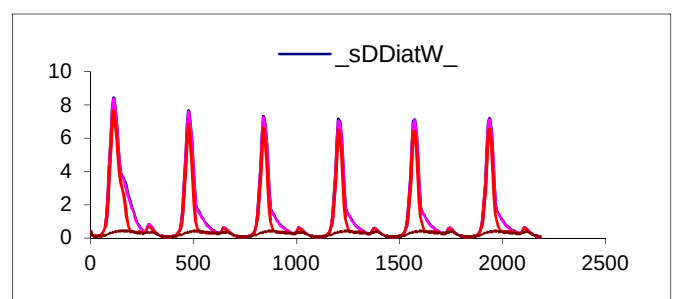
De kritische N-belasting geeft rare waarden in het model. Verhogen van de N-belasting naar 200 mg/l heeft geen effect op de plantengroei of blauwalg. Waarschijnlijk komt dit doordat het systeem fosfor limiterend is. Omdat het Zwarte Meer fosfor limiterend is, wordt de kritische grens van stikstof bepaald door de waarden te verlagen (zie Figuur 15). Opmerkelijk is te zien dat in Figuur 18 de vegetatie pas zakt bij 0.4 mg/l. Daar verlaag het tot 50%. Verder is te zien dat de algen ook zwaar verminderen in het systeem. Diatomeeën komen niet meer voor in het systeem (Figuur 17) en blauwalg mindert ook vergeleken de normale waarden (Figuur 16). Als de waarden verder wordt verlaagd verandert de situatie niet veel. Dus de kritische grens voor N-belasting is 0.4 mg/l.



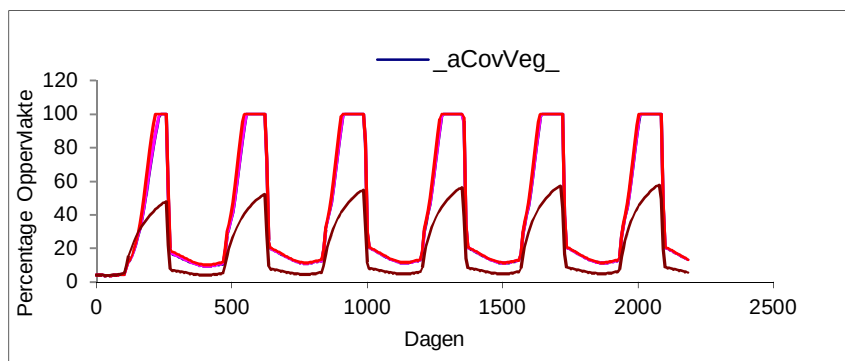
Figuur 15: N-waarden van de grafiek



Figuur 17: Blauwalg in het Zwarte Meer bij verschillende N-belastingen



Figuur 16: Diatomeeën in het Zwarte Meer bij verschillende N-belastingen



Figuur 18: Plantbedekking bij verschillende N-belastingen

4.5

Conclusie

Volgens het PCLake model is het Zwarte Meer in een goede staat met veel plantenbedekking en weinig blauwalg. Deze conclusie reflecteert de realiteit, waar ook veel plantenbedekking te zien is. Door verschillende scenario's te simuleren in PCLake kan geconcludeerd worden dat de waterkwaliteit goed is. Dit komt waarschijnlijk door de lage verblijftijd en de lage waterdiepte van het Zwarte Meer. Het Zwarte Meer zit ver onder de kritische P-belasting, met een kritische P-belasting van 0.32 mg/l tegenover de huidige 0.13 mg/l. Stikstof verhogen heeft geen effect in het model, dit komt waarschijnlijk doordat het Zwarte Meer P-limiterend is. Het verlagen van de N-belasting heeft wel effect maar pas bij lage concentraties. De kritische N-belasting ligt bij 0.4 mg/l tegen de huidige N belasting van 4 mg/l.

Het PCLake model zelf vereist wel een verdere kijk. Er is meer in de tool aan te passen dan nu is gedaan. Met meer aanpassingen kan je dichterbij de realiteit komen dan nu is gedaan. Verder valt te betwijfelen hoe effectief PCLake is voor rijkswateren en vooral voor de watersystemen met meer rivierachtige kenmerken, zoals een hoog debiet. De eenheden die gebruikt worden in de tool (zoals mm/d en g/m²/d) zijn niet veel voorkomend. Een aangepaste versie waar de meer voorkomende eenheden (m³/d en mg/l) worden gebruikt zal fijner overkomen voor gebruikers. Dit scheelt ook omrekenen als je de data wilt gebruiken voor een breder publiek.

De zekerheid van de waterbalans is belangrijk voor de resultaten. Debieten moeten goed worden gemeten in de omgeving voor een accuraat beeld. De gebruikte waterbalans in deze analyse is ingewikkelder dan soms nodig is en ook dit bestand heeft last van de minder voorkomende eenheden. Wel kan je met de waterbalans een accuraat beeld geven van je watersysteem waarmee je dieper kan kijken waar het water en de stoffen vandaan komen.

Het Zwarte Meer bevindt zich in een goede staat en zolang het zijn hoge debiet vasthoudt en geen bodemverlaging komt, zal het Zwarte Meer een flexibel systeem zijn. Daarom is ecologische sleutelfactor 'productiviteit water' goed voor het Zwarte Meer en staat het dus op groen.



5 Ecologische Sleutelfactor 2: Licht

5.1 Informatie vooraf

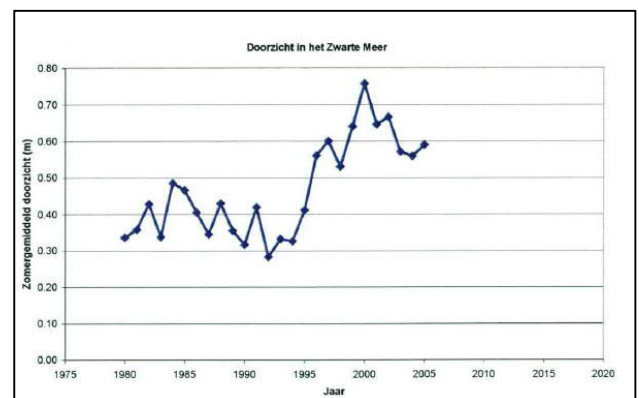
5.1.1 Benodigde data en tools

De tweede sleutelfactor bepaalt of er genoeg licht valt op de bodem van het waterlichaam. Dit betekent dat er 4% licht moet vallen op 70% van de bodem dieper dan 50 cm. Dit is belangrijk voor het plantenleven in het water. Om dit te bepalen heeft STOWA een tool ontwikkeld: "Rekenmodule Onderwaterlicht". Hier zijn vijf variabelen voor nodig:

- Chlorofyl-a concentratie ($\mu\text{g/l}$)
- Gloeirest (%)
- Organisch zwevend-stof (mg/l)
- Humuszuren bij 380 nm (m^{-1})
- De waterdiepte.

5.1.2 Betrouwbaarheid

De data is verzameld via waterinfo en wordt gebruikt voor de verdere berekening van het onderwaterlicht. Voor het Zwarte Meer is informatie beschikbaar van 2010 tot 2017 vanuit meetpunt Ramsdiep. De data ontvangen van waternet mist bij gloeirest veel data. Dit kan leiden tot incorrecte resultaten of pieken in het resultaat. Om de betrouwbaarheid van de meetresultaten niet te laten leiden door de gloeirest is het gemiddelde gebruikt per jaar van de data die beschikbaar is. Daardoor komen de resultaten als gemiddelde lichtinval per jaar. De data die niet kan worden opgehaald voor 2010 wordt vervangen door een ecologisch onderzoek van het Zwarte Meer uit 2007 [1] (zie Figuur 19). Deze data geeft inzicht van 1974 tot 2005.

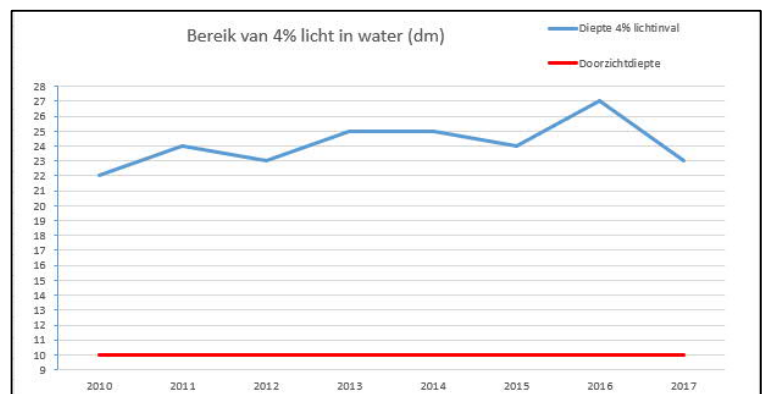


Figuur 19: Doorzicht van het licht in het Zwarte Meer van 1980 tot 2005

5.2 Resultaten

5.2.1 Doorzicht

In Figuur 20 is de diepte te zien waar 4 procent licht is en de doorzichtdiepte. De diepte van vier procent licht ligt twee keer zo hoog als de gemiddelde diepte in het Zwarte Meer. Uit deze grafiek kan je dus concluderen dat de lichtinval goed genoeg is voor plantengroei. Verder loopt de grafiek redelijk gelijk met kleine stijgingen en kleine dalingen, behalve bij 2016. Hier schiet de lijn omhoog. Het is ook te zien dat in 2017 de grafiek weer daalt rond het gemiddelde. In Figuur 19 is het doorzicht te zien van 1980 tot 2005. Het doorzicht is op het hoogste punt in deze periode (rond 2001) 0.25 meter lager dan het laagste punt vanaf 2010.

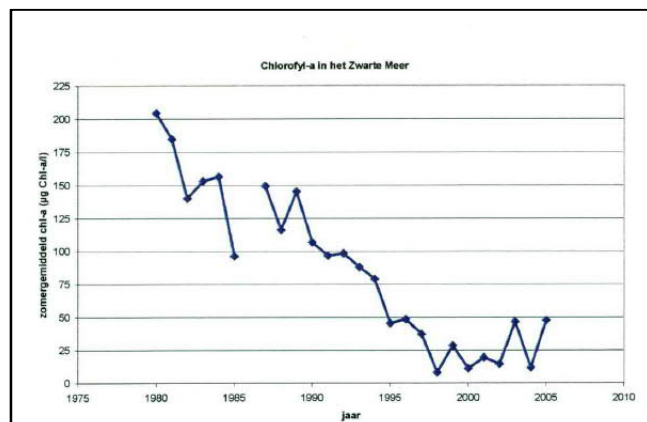


Figuur 20: Doorzicht van het licht in het Zwarte Meer van 2010 tot 2017

5.2.2

Chlorofyl

Het Chlorofyl niveau van het Zwarte Meer is vanaf 1980 sterk gedaald (zie Figuur 21). Op de meting van 2005 staat het zomerhalfjaar gemiddelde op 50 $\mu\text{g/l}$. Als de waarden vergeleken worden met het zomerhalfjaar gemiddelde van 2010 tot 2017 is het te zien dat het chlorofylniveau sterk is gedaald. Als Figuur 22 vergeleken wordt met Figuur 20 is te zien dat de daling in chlorofyl een stijging geeft in doorzicht. Vooral de stijging in doorzicht in 2016 laat een grote daling zien aan chlorofyl. Daarmee valt te zeggen dat de daling in chlorofyl in directe verbinding staat met de stijging van doorzicht in de afgelopen jaren. Chlorofyl komt voor in algen, dit duidt op een vermindering van algen in het water.

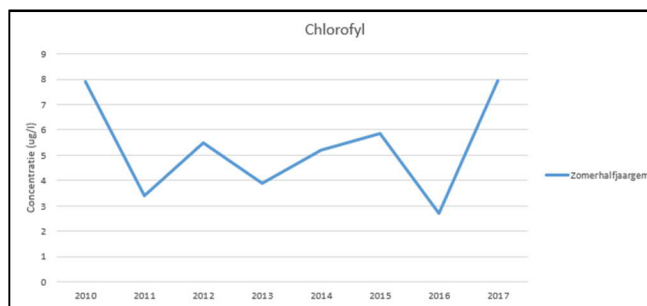


Figuur 21: Chlorofyl in het Zwarte Meer van 1980 tot 2005

5.2.3

Bijdragen beperking van het licht

In Figuur 23 is de bijdragen te zien van de 4 factoren bij het beperken van het licht. Hiervoor is het gemiddelde genomen van 2010 tot 2017. De verdeling die te zien is in Figuur 23 is over de 7 jaar ongeveer hetzelfde. Hierbij kan dus gezegd worden dat de trend van daling in chlorofyl ook voor alle andere stoffen geldt. Het is dus een dalende trend van alle zicht beperkende stoffen in het water. Wat direct opvalt is dat de humuszuren bijna de helft van de totale lichtinval blokkeert. Deze grote hoeveelheid humuszuren komt waarschijnlijk vanuit het Zwarte Water. Humuszuren ontstaan door afbreking van organische stoffen in een zuurstofarme locatie. Humuszuren geven vaak het water een zwartere kleur. Dit is een bekend feit en is ook de reden van de naam van het Zwarte Meer en het Zwarte Water.

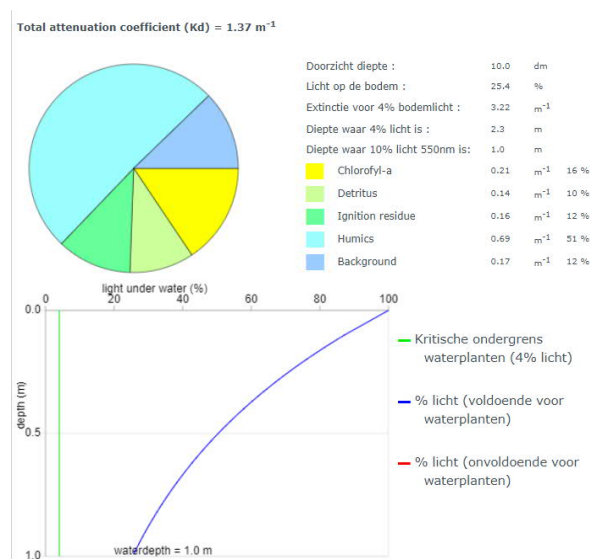


Figuur 22: Chlorofyl in het Zwarte Meer van 2010 tot 2017

5.3

Conclusie

De bodem van het Zwarte Meer is naast de vaargeul nergens dieper dan twee meter. Hierdoor is grotendeels van de bodem van het Zwarte Meer goed belicht. De verbetering van het doorzicht komt door een verlaging van de zicht beperkende stoffen. Hierbij valt dus te concluderen dat ESF 2 voldoende is.



Figuur 23: Verdeling van de gemiddelde zichtbeperking van stoffen van 2010 tot 2017

6 Ecologische Sleutelfactor 3: Productiviteit bodem

6.1 Informatie vooraf

6.1.1 Benodigde data en tools

ESF 3 heeft geen tools die uitgewerkt moeten worden en vraagt maar één ding. Wat is de P-totaal in het sediment. De P-totaal mag niet hoger zijn dan 500 mg/kg sediment. Is dit wel het geval zal er een te hoge fosfor toevoer zijn vanuit de bodem.

6.1.2 Betrouwbaarheid

De enige benodigde data voor ESF 3, P-totaal in het sediment, is niet beschikbaar voor het Zwarte Meer. Doordat de P-totaal niet beschikbaar is, valt er geen goede conclusie te maken voor ESF 3. Om toch nog een inschatting te maken van de situatie wordt er een conclusie getrokken met behulp van schattingen en observaties. Wel staat vast dat als er nader onderzoek nodig is, er grondonderzoek plaats moet vinden in het Zwarte Meer.

6.2 Observaties

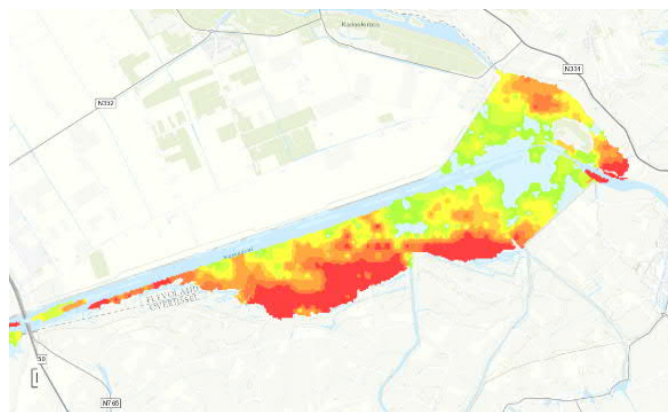
Doordat P-totaal niet beschikbaar is wordt uitgegaan van schattingen en observaties.. Bij de observatie wordt gekeken naar 2 dingen: De bodemsamenstelling en de waterplanten. Goede observaties hoeft niet te betekenen dat P-totaal in de bodem geen probleem is.

6.2.1.1 Bodemsamenstelling

De bodem van het Zwarte Meer is van zand uit de Zuiderzee periode. Zand kan nutriënten slecht vasthouden en zal daardoor waarschijnlijk minder fosfor vasthouden. Wel laat zand snel nutriënten los, dus als er veel fosfor in de bodem zit zal het zand snel zijn fosfor leveren aan het oppervlaktewater.

6.2.1.2 Waterplanten

Waterplanten in het gebied zijn volgens de beheerders in het gebied gevarieerd en vertakt. De planten bedekking grotendeels het gebied, behalve bij de vaargeul (zie Figuur 24). Dit kan ook komen omdat er bij de vaargeul geen metingen worden gedaan. Deze grote hoeveelheid waterplanten kan duiden op een goede fosfor gehalte in de bodem. Dit is alleen niet met zekerheid te zeggen.



Figuur 24: Waterplantenbedekking in het Zwarte Meer

6.3 Conclusie

Als conclusie valt te concluderen dat uit observaties alles er goed uit ziet. Het lijkt dus ook dat de bodem geen hoge fosfor zal hebben. Dit is alleen met geen zekerheid te zeggen en daarom wordt ESF 3 op oranje gezet. Om een goede conclusie te kunnen krijgen zal er onderzoek moeten worden gedaan naar de bodem. Tot dit wordt gedaan en er meer betrouwbare data is, blijft ESF 3 een aandachtspunt.



7 Ecologische Sleutelfactor 4: Habitatsgeschiktheid

7.1 Informatie vooraf

Voor ESF 4 is een breed inzicht nodig van het gebied en hoe de huidige toestand is. ESF 4 is gemaakt in de tool 'Habitatstructuur' van STOWA. De tool is opgedeeld in 3 stappen. In stap 1 moet het waterlichaam worden opgedeeld in drie verschillende zones:

- Oeverzone (Gebied met een bedekking van emergente soorten van >75%)
- Ondiepe zone (Gebied van oeverzone tot 6 meter diep)
- Diepe zone (Gebied vanaf 6 meter diep)

Voor stap 2 is per zone de systeemtoestand bepaald. Er valt te kiezen uit verschillende situaties in de tool. Deze situaties zullen worden bepaald met behulp van het advies van Koos Hartnack (Adviseur Watermanagement en ecologie, Rijkswaterstaat Midden-Nederland District-Noord).

In stap 3 is een confrontatie gegeven naar welke andere ecosysteemtoestand je mogelijk toe kan gaan. Hierbij wordt er aangegeven welke mogelijke parameter (bijvoorbeeld talud of golfslag) in het systeem aangepast moet worden om deze situatie te krijgen. Hier moet de keuze dan worden gemaakt in hoeverre het waard is deze aanpassingen te doen of dat de huidige situatie goed is.

7.2 Eigenschappen zones

7.2.1 Oppervlakte

Voor het Zwarte Meer is de diepe en ondiepe zone bepaald met behulp van de diepte kaart, waar alleen de vaargeul is genomen als een diepe zone die mogelijk meer dan 6 meter diep is. De oeverzone is bepaald met behulp van de expertise van Koos Hartnack (Adviseur Watermanagement en ecologie, Rijkswaterstaat Midden-Nederland District-Noord). De verdeling van het totale oppervlak is te zien in Tabel 10.

Tabel 10: Oppervlakte en de ecosysteemtoestand van de vier zones in het Zwarte Meer

Zone	Oppervlakte (ha)	Percentage (%)	Ecosysteemtoestand
Zuidelijke Oeverzone	53.4	3	Brede rietkraag
Noordelijke oeverzone		1	Stortsteen
Ondiepe zone	1477.6	62	Hoge, dichte vegetatie, complex vertakt
Diepe zone	240	14	Lage vegetatie, niet vertakt

7.2.2 De ecosysteemtoestand

Voor alle 3 de zones moet de ecosysteemtoestand worden bepaald. De ecosysteemtoestanden die beschikbaar zijn, staan in de tool 'Habitatstructuur' van STOWA. De systeemtoestanden zijn ook bepaald met behulp van de expertise van Koos Hartnack. De bepaalde ecosysteemtoestanden staan in Tabel 10.

7.2.2.1 Oeverzone

De oeverzone bij het Zwarte Meer bestaat uit twee verschillende zones: een brede rietkraag die tot het water rijkt in het zuiden en een oever van stortsteen aan het noorden bij de vaargeul. De stortsteen oever is aangelegd om de golfopslag van de schepen in de vaargeul op te vangen. Er zijn ook twee speciale rieteilanden aangelegd om de rietgroei en waterkwaliteit te bevorderen.

7.2.2.2 Ondiepe zone

De ondiepe zone bestaat uit gevarieerde vegetatie (zie Tabel 1, bladzijde 13). Veel van deze vegetatie is ook complex vertakt, verder is te zien in Figuur 24 dat grotendeels van de ondiepe zone dicht begroeid is.

7.2.2.3 Diepe zone

Onder de diepe zone valt alleen de vaargeul. Geoweb lijkt te zeggen dat er geen plantengroei is in de vaargeul. Dat de metingen zeggen dat er geen plantengroei is kan komen doordat er niet wordt gemeten in de vaargeul. Er zijn aanwijzingen dat er mogelijk wel planten zijn. Maar aangezien er geen bevestiging is voor plantengroei wordt er nu uitgegaan van een abiotisch troebel systeem. Het systeem is abiotisch troebel omdat het doorzicht vooral wordt belemmerd door humuszuren. Nader onderzoek om te bevestigen of er wel planten zijn is geadviseerd.

7.3 De confrontatie

Elke zone krijgt op basis van zijn ecosysteemtoestand een handelingsperspectief getoond. Deze handelingsperspectief is een andere ecosysteemtoestand waarbij wordt aangegeven waarnaar gekeken moet worden om dit te bereiken. Elke confrontatie wordt samengevat in Tabel 11.

Tabel 11: Confrontatie van de Ecosysteemtoestand per zone

Zone	Huidige ecosysteemtoestand	Mogelijke ecosysteemtoestand	Parameters	Handeling
Oeverzone	Brede rietkraag	Breed met hoogproductieve vegetatie	- ESF 3 (rood) - Substraatype	Nader onderzoek
		Breed met laagproductieve vegetatie	- ESF 3 (groen) - Substraatype	Nader onderzoek
	Stortsteen	Smalle rietkraag	- ESF 3 - Golfslag en stroming - Substraatype	Maatregel
		Smal met laagproductieve vegetatie	- ESF 3 - Golfslag en stroming - Substraatype	Maatregel
Ondiepe zone	Hoge, dichte vegetatie, complex vertakt	-	-	-
Diepe zone	Abiotisch troebel	Lage vegetatie, enkel vertakt	- ESF 2	Maatregel
			- ESF 1 - ESF 3 - Slibdichtheid	Nader onderzoek

7.3.1 Confrontatie oeverzone

7.3.1.1 Brede rietkraag

De zuidelijke oeverzone bestaat op dit moment uit een brede rietkraag. Deze brede rietkraag heeft twee ecosysteemtoestanden waarnaartoe kan worden gehandeld:

- Breed met hoogproductieve vegetatie
- Breed met laagproductieve vegetatie.

Voor beide ecosysteem toestanden zijn er twee parameters die mogelijk een knelpunt kunnen zijn. ESF 3 en de substraatype (bodemsysteem). Het is niet bekend of de p-totaal meer of minder is dan 500 mg/kg sediment. Doordat ESF 3 onbekend is, wordt het moeilijk om te bepalen of het ecosysteem richting een hoogproductieve of laagproductieve toestand gaat. Het is wel bekend dat de bodem uit vooral zand bestaat. Een zandbodem slaat geen fosfor op. Dit kan betekenen dat een laagproductieve bodem beter is voor het waterlichaam. Om de ecosysteemtoestand precies te bepalen moet er een nader onderzoek komen van de bodem. De vraag is ook of de brede rietkraag niet goed genoeg is. De rietkraag biedt namelijk bescherming voor de oever en schuilplaats voor meerdere N2000 dieren, zoals de Grote Karekiet.

7.3.1.2 Stortsteen

De noordelijke oeverzone bestaat op dit moment uit een stortsteen oever met een steil talud. Dit is wegens de vaargeul en als sterke oeverbescherming. Mogelijk kan er gekeken worden naar twee andere mogelijkheden.

- Smalle rietkraag

- Smal met laagproductieve vegetatie.

Voor beide mogelijke ecosysteem toestanden moet er gekeken worden naar drie dezelfde parameters: ESF 3, substraatype en golfslag en stroming. ESF 3 moet ook in dit geval geanalyseerd worden om te bepalen of het een hoge of lage productieve bodem is. Verder moet er gekeken worden naar de substraatype om te bepalen welke vegetatie er goed kan groeien. Ook blijkt nu al dat riet goed kan groeien in het Zwarte Meer, mits het goed wordt bijgehouden. De golfslag mag bij beide situaties niet te hoog zijn en de stroming niet te snel. Dit kan ervoor zorgen dat het namelijk de vegetatie wegslaat.

Een korte rietkraag is misschien de betere keuze omdat er een sterke golfslag is door de vaargeul, verder biedt het extra habitatsruimte voor natura2000 soorten. De basalten oever kan goed zijn voor microfauna, dus kan de huidige situatie ook voldoen voor genoeg biodiversiteit.

7.3.2 Confrontatie ondiepe zone

De ondiepe zone heeft volgens de tool een goede ecosysteemtoestand. De tool geeft ook geen handelingsperspectief naar een andere toestand. Met dit resultaat kan er dus worden aangenomen dat de ondiepe zone goed is.

7.3.3 Confrontatie diepe zone

De diepe zone wordt nu gezien als een abiotisch ecosysteem. Dit betekent dat er niet genoeg licht gaat tot de bodem om planten te laten groeien. Om waterplanten te krijgen moet er dus een beter doorzicht komen. Dit kan door de bodem te verhogen of ingrepen uit te voeren waardoor het doorzicht verbeterd. Dit is een lastige ingreep doordat de vaargeul een belangrijke rol speelt in het gebied. Verder is er een mogelijkheid verder te kijken naar ESF 1 en 3, waarbij 1 goed is volgens de analyse en 3 zoals vermeld onbekend is. Slibdichtheid kan ook een mogelijke reden zijn, maar bij de vaargeul is dit onwaarschijnlijk.

7.4 Conclusie

De huidige ecosysteemtoestanden zijn voor alle zones goed, behalve bij de vaargeul en de noordelijke oever. Bij de diepe zone en noordelijke oeverzone zijn er mogelijke aanpassingen naar andere toestanden, bij de noordelijke oeverzone is dit niet perse nodig, omdat de huidige situatie ook goed is voor bijvoorbeeld microfauna en heeft het watersysteem al rietvelden in het zuiden. Als een andere ecosysteemtoestand gewenst is. Moet er net zoals voor ESF 3 een bodemanalyse plaatsvinden om te bepalen of de P-totaal meer of minder is dan 500 mg/kg sediment en moet er een plantentelling plaatsvinden in de vaargeul om te bepalen of er waterplanten zijn. Ook is het verhogen van de bodem een mogelijke ingreep voor de diepe zone. Dit zal echter ongewenst zijn wegens de functie als een vaargeul. De ondiepe zone is goed zoals het is volgens de tool. De tool toont namelijk geen andere mogelijke handelingsperspectief. Hieruit valt dus te concluderen dat voor de huidige situatie en functie van het Zwarte Meer de ecosysteemtoestanden goed is. ESF 4 zal dus ook op groen staan.

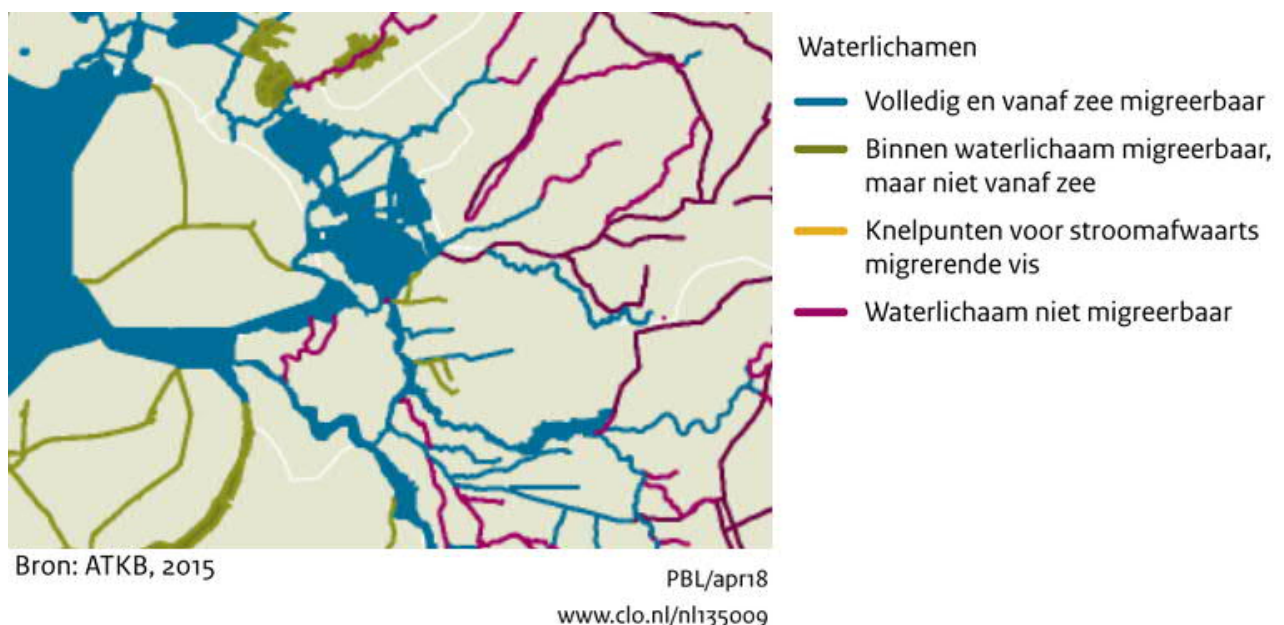


8 Ecologische Sleutelfactor 5: Verspreiding

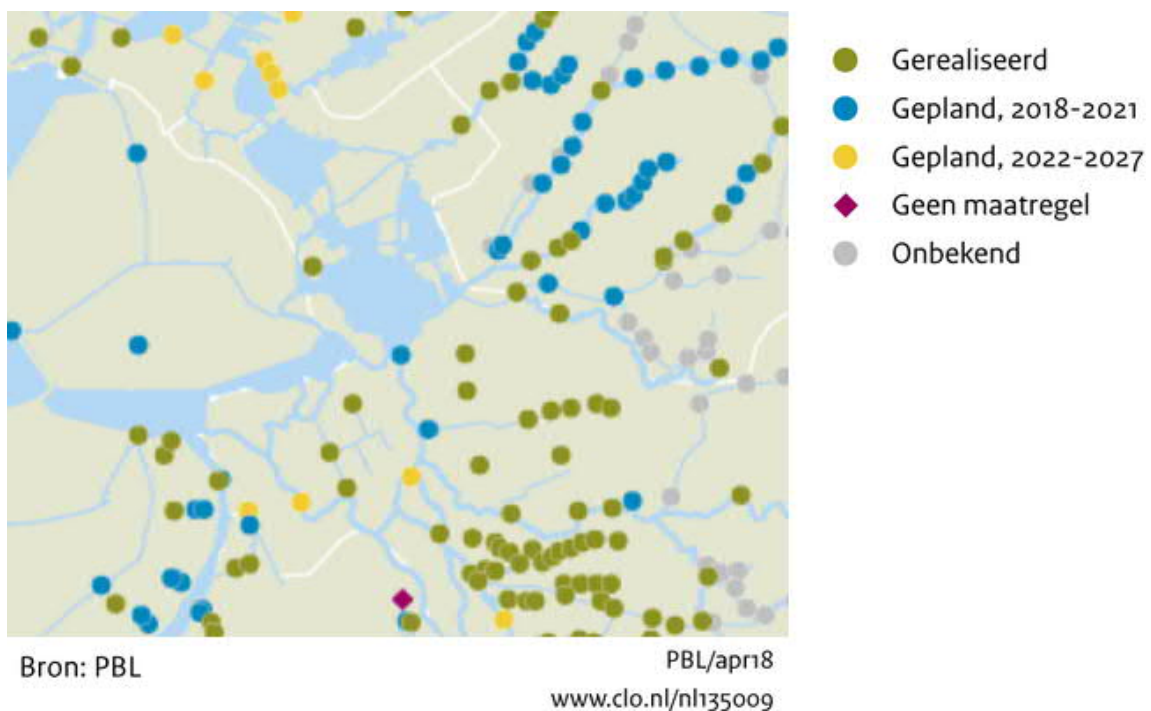
Bij verspreiding is er gekeken of het waterlichaam goed bereikbaar is voor vissen, macrofauna, vogels en planten. Voor vissen is er gekeken of de migratiestroming open zijn. Voor vogels is er gekeken of er genoeg eten is en genoeg rustplaatsen. Voor macrofauna kunnen zich hetzelfde kunnen verplaatsen als vissen, alleen vispassages kunnen een mogelijke barrière zijn. Voor planten is er gekeken of de zaden kunnen meeliften met de vogels en vissen. Als beide goed zijn betekend dit dat waterplanten ook zich kunnen verspreiden.

8.1 Vissen en macrofauna

Voor vissen is gekeken of ze zich kunnen verplaatsen naar het Zwarte Meer en terug. De toegang voor vissen is in het Zwarte Meer goed. Dit valt te zien in Figuur 25. Via het noorden kunnen vissen langs de Kadoelersluis. De Kadoelersluis staat bij normaal weer open. Dit zorgt ervoor dat de meren van Weerribben-Wieden volledig toegankelijk zijn. De Noordoostpolder is niet toegankelijk omdat het is afgesloten door de Voorstersluis. Via het Ketel- en IJsselmeer kunnen vissen door de rest van Nederland en naar de zee verspreiden. Alleen het achterland van het Zwarte Meer is slecht tot niet te bereiken. Het achterland is niet bereikbaar, omdat Meppelerdiep voor vissen niet toegankelijk is door de Grote Kolksluis bij Genemuiden en Beukersschutsluis bij de Beukersgracht. In Figuur 26 is te zien dat er bij de Grote Kolksluis een vispassage is gepland tussen 2018 en 2021. Dit probleem zal dus worden opgelost waardoor meer van het achterland bereikbaar zal zijn. Momenteel is Randmeren-Oost niet bereikbaar vanaf het Zwarte Meer. Dit wordt aangepast in een nabij toekomst en zal later dus geen probleem meer zijn. Ganzendiep is gesloten door een sluis. Er zijn geen toekomstige plannen dit later aan te passen. De verspreiding voor vissen is dus goed in de regio. Naast het achterland kunnen de vissen bijna overal emigreren. Macrofauna geldt hetzelfde. Alleen de vispassage van Genemuiden biedt mogelijk geen extra uitkomst voor de macrofauna.



Figuur 25: Vismigratie 2018. Sommige gebieden op de kaart (bijvoorbeeld Weerribben-Wieden) worden gezien als grote oppervlakten omdat de vissen zich daar vrij kunnen bewegen door alle sloten en meertjes.



Figuur 26: Aanleg van vismigratievoorzieningen, 2018

8.2

Vogels

Voor vogels is de toegang niet van belang maar meer het leefgebied. Er moeten genoeg rustplaatsen en voedingsbronnen te vinden zijn in het Zwarte Meer om te zorgen dat ze langs komen en zaden met zich mee brengen. Voor vogels is het Zwarte Meer zeer geschikt. Het water is redelijk ondiep, er zijn rieteilanden en een specifiek vogeleiland. Voor voedsel is er ook genoeg vis en menselijke druk op het gebied is laag, naast de vaargeul in het noorden van het Zwarte Meer. Voor verdere rustplaatsen is het natuurgebied Weerribben-Wieden een verblijfplek voor vele vogels^[6]. Dit betekent dat vogels genoeg rustplekken hebben en de voedselbronnen goed zijn.

8.3

Waterplanten

Aangezien de verspreiding van vogels, vissen en macrofauna mogelijk is rond het gebied, zullen planten geen probleem hebben zich te verspreiden naar het Zwarte Meer.

8.4

Conclusie

Wegens de open connecties vanaf het IJsselmeer helemaal tot de Weerribben-Wieden, is de verspreiding van vissen en macrofauna goed in het Zwarte Meer. De knelpunten rond het gebied worden binnenkort opgelost, waardoor bijna alles in open verbinding staat. Of bereikbaar is via een vispassage. Vogels hebben rustplaatsen in het Zwarte Meer en er zijn vissen voor ze om te jagen. Verder is de Weerribben-Wieden een broedplek voor verschillende soorten vogels, waardoor ze zich ook snel kunnen verplaatsen naar het Zwarte Meer. Dat vissen, macrofauna en vogels zich goed kunnen verspreiden in het gebied zorgt ervoor dat planten ook de mogelijkheid hebben zich te verspreiden. ESF 'verspreiding' is dus goed voor het Zwarte Meer.



9 Ecologische Sleutelfactor 6: Verwijdering

9.1 Informatie vooraf

Om te weten of verwijdering van waterplanten een probleem is voor het Zwarte Meer, is ESF 'verwijdering' ontwikkeld door STOWA. Bij de ESF is gekeken hoe kwetsbaar de waterplanten zijn aan de hand van de bodemrijkdom, wat van mechanische verwijdering er plaats vindt en hoeveel grazers er in het gebied zijn.

9.1.1 Benodigde data en tools

Voor ESF 'verwijdering' is een tool ontwikkeld door STOWA: ESFVerwijderingstool. Om deze tool te kunnen gebruiken moet de volgende data beschikbaar zijn:

- De aanwezige plantensoorten
- Maaiperiodes en maaimethode
- Grazers in het gebied (per hectare)

9.1.2 Betrouwbaarheid

Voor de aanwezige plantensoorten is er bij de tool een lijst gemaakt met mogelijke waterplanten. Dit betekent dat als er waterplanten zijn in het gebied die niet in de lijst staan, dat deze niet kunnen worden meegerekend in de conclusie (zie Tabel 12). Verder is de tool deels nog op basis van expert judgement. Dit betekent dat het mogelijk anders kan werken dan nu wordt uitgerekend. Verder is de bodemrijkdom lastig te bepalen, doordat er geen beschikbare bodemanalyses zijn voor het Zwarte Meer.

Tabel 12: Beschikbaarheid van de waterplanten in het Zwarte Meer

Planten	Toestand	Beschikbaar in de tool
Schedefonteinkruid	Veel voorkomend	Ja
Doorgroeid fonteinkruid	Amper voorkomend	Ja
Tenger fonteinkruid	Gemiddeld voorkomende	Ja
Aarvederkruid	Veel voorkomend	Ja
Riet	Veel voorkomend	Ja
Zannichellia	Amper voorkomend	Ja
Darmwier	Veel voorkomend	Nee
Draadwier	Veel voorkomend	Nee
Kranswier	Zeer veel voorkomend	Nee
Waternetje	Gemiddeld voorkomend	Nee

9.2 Ingevoerde data

Voor de tool moeten 4 waarden worden ingevuld. De bodemrijkdom, de selectie van waterplanten, de mechanische verwijdering en grazers in het systeem.

9.2.1 Bodemrijkdom

De bodemrijkdom is een inschatting wegens de missende data over de bodem van het Zwarte Meer. Maar wegens de hoge plantengroei in het gebied wordt er nu uitgegaan van een hoge bodemrijkdom. Dit hoeft alleen niet zo te zijn.

9.2.2 Waterplanten

De waterplanten zijn bepaald met behulp van de kaarten van geoweb van Rijkswaterstaat. Zoals eerder vermeld en te zien in Tabel 12 zijn niet alle aanwezige planten in het Zwarte Meer beschikbaar in de tool. Alle beschikbare waterplanten worden meegerekend in de tool.

9.2.3 Mechanische verwijdering

Het Zwarte Meer is een volledige Natura2000 zone en hier wordt niet mechanisch verwijderd. Dit kan alleen mogelijk bij de vaargeul gebeuren als ze last hebben van waterplanten, maar dit is nog niet voorgekomen. Waarschijnlijk wegens de waterdiepte.

9.2.4 Grazers in het watersysteem

Voor grazers in het systeem wordt er naar verschillende dieren gekeken. De meegerekende dieren en hun dichtheid op het Zwarte Meer is te zien in Tabel 13. De vogels zijn bepaald met behulp van de vogeltellingen van Sovon [6]. De vissen zijn bepaald met behulp van de zoetwatervis data van Wageningen [7]. Hierbij is de data gebruikt uit 2017 met als tuig de 'wonderkuil'. Er zijn geen grote grazers aan de oevers, omdat er niet begrazen wordt aan de randen van het Zwarte Meer. Verder is het onbekend of er poelslakken of bevers/muskusratten in het gebied zijn. Hier kan mogelijk verder in worden gekeken.

Tabel 13: Grazers in het Zwarte Meer

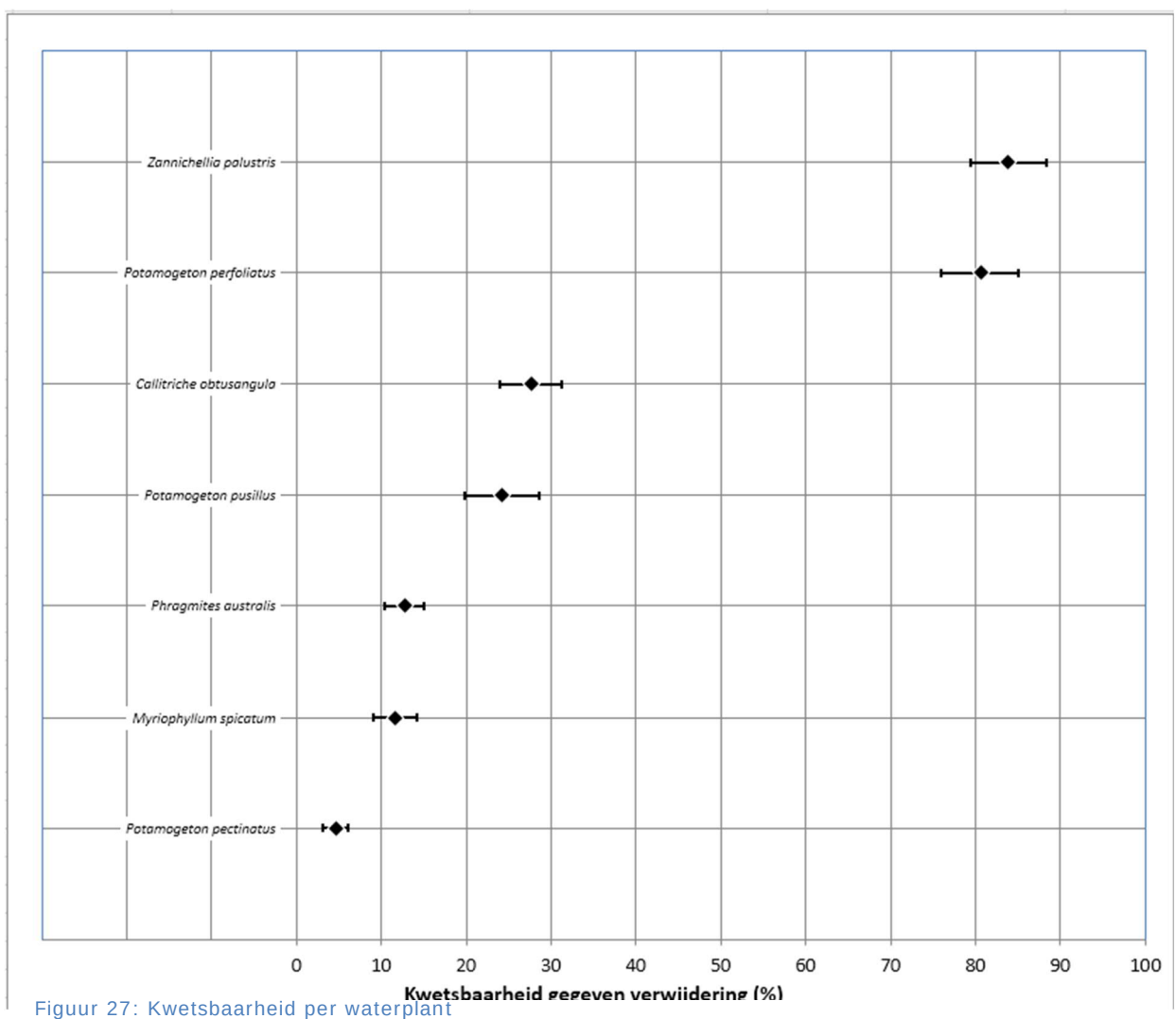
Soorten	Individuen / ha
Eenden	1.3
Meerkoeten	0.5
Ganzen	1.12
Knobbelzwanen	0.21
Kleine Zwanen	0
Rivierkreeften/Wolhandkrabben	9.8
Graskarpers	0.6
Overige vis	114
Bevers/muskusratten	0
Grote grazers op de oever	0
Poelslakken	0

9.3

Resultaat

Na de data ingevuld te hebben in de tool wordt de kwetsbaarheid voor verwijdering gegeven per plantensoort. De resultaten zijn te zien in Figuur 27. Hoe lager de kwetsbaarheid hoe beter de plant het zou moeten doen volgens de tool. De zwarte lijnen door de punten heen geven de foutmarge aan. De tool heeft wel een fout gemaakt in de berekening, want het heeft stomphoekig sterrenkroos (*Callitriche obtusangula*) meegenomen in de berekening. Deze zit niet in het watersysteem en wordt dus niet verder naar gekeken.

Om de accuraatheid te bepalen van de kwetsbaarheid wordt de kwetsbaarheid vergeleken met de toestand. Dit is te zien in Tabel 14. In de tabel is te zien hoe minder kwetsbaar de planten soort is hoe meer de soort voorkomt in het watersysteem. Hiermee valt dus te zeggen dat de tool redelijk accuraat is voor de situatie. Ook valt dit te zeggen dat de planten die nu veel voorkomen in een goede situatie zitten en niet snel zullen verdwijnen. Wel merkbaar is dat doorgroeid fonteinkruid het niet goed doet in het watersysteem. Terwijl andere fonteinkruiden wel bloeien in het watersysteem. Dit kan te maken hebben met de waterdiepte in het Zwarte Meer. In het algemeen hebben bijna alle waterplanten in het gebied die in de tool kunnen worden uitgerekend een lage kwetsbaarheid.



Tabel 14: De toestand en kwetsbaarheid van de planten in het Zwarte Meer

Plantensoort	Latijnse naam	Toestand	Kwetsbaarheid (%)
Zannichellia	Zannichellia Palustris	Amper voorkomend	80-88
Doorgroeid fonteinkruid	Potamogeton perfoliatus	Amper voorkomend	75-85
Tenger fonteinkruid	Potamogeton pusillus	Gemiddeld voorkomende	20-29
Riet	Phragmites australis	Veel voorkomend	10-15
Aarvederkruid	Myriophyllum spicatum	Veel voorkomend	9-14
Schedefonteinkruid	Potamogeton pectinatus	Veel voorkomend	5

9.4

Conclusie

De meeste waterplanten in het watersysteem doen het goed. Naast het doorgroeid fonteinkruid en de Zannichellia hebben alle meegerekende planten een lage kwetsbaarheid komen veel/gemiddeld voor. Voor de planten die niet worden meegerekend in de tool is wel te zien dat ze veel of zelfs zeer veel voorkomen in het Zwarte Meer. Hieruit zou kunnen worden geconcludeerd dat de kwetsbaarheid van de niet meegerekende waterplanten laag is. Wel zou het een verbetering zijn voor de tool als ook deze waterplanten meegerekend kunnen worden. Anders kan worden gesteld dat de huidige beschikbare gegevens in de tool niet voldoende zijn voor het Zwarte Meer.

Naast een mogelijk nader onderzoek waarom doorgroeid fonteinkruid en Zannichellia het slecht doen in het Zwarte Meer ziet de kwetsbaarheid er goed uit. Dit komt waarschijnlijk omdat er niet mechanisch verwijderd wordt, waardoor het grootste obstakel voor plantengroei de vissen en vogels in het gebied zelf zijn. De grootste kwetsbaarheid komt van de grazers, zoals vogelvraat. Om dit tegen te gaan worden op kwetsbare plekken vraatroosters geplaatst. Hieruit valt dus te concluderen dat ESF 6 'verwijdering' goed is.



10 Ecologische Sleutelfactor 7: Organische belasting

10.1 Informatie vooraf

Voor organische belasting is er gekeken of er te veel dood organisch materiaal in het watersysteem terecht komt. Organisch materiaal wordt namelijk afgebroken en dit kost zuurstof. Als er te veel organisch materiaal zit in het systeem zal te veel zuurstof gebruikt worden aan het oplossen van het dood organisch materiaal. Dit resulteert op te weinig zuurstof voor de ecologie in het water, waardoor er veel sterfte aan een te kort aan zuurstof zal voorkomen of de aantallen nooit goed zullen groeien.

10.1.1 Benodigde data en tools

Om de organische belasting te bepalen is er gebruik gemaakt van de tool 'OXY-VAL' van STOWA. Deze tool is speciaal gemaakt voor ESF 7 en bestaat uit veel verschillende factoren. Omdat het zoveel bronnen zijn staat het complete overzicht in 15.1. In het kort is er gekeken naar de volgende factoren:

- Belastingen
- Morfologie
- Hydrologie
- Reaëratie
- Kwaliteit aanvoerwater
- Toestand

Het resultaat uit de tool geeft een inzicht in hoeveel zuurstof in het systeem zit waarbij het minstens 5 mg/l moet zijn voor een gezonde situatie. Daarbij geeft het een oordeel hoe hoog de belasting, gevoeligheid en risico is op overschrijding.

10.1.2 Betrouwbaarheid

De gevraagde waarden voor OXY-VAL zijn bij de belasting vaak niet precies verkrijgbaar (bijvoorbeeld bladval van loofbomen). Hiervoor moeten inschattingen gemaakt worden en kan dus afwijken van de realiteit. Verder is voor kwaliteit aanvoerwater de data gebruikt van meetpunt Genemuiden. Dit omdat het de grootste toevoer en meeste invloed heeft op het Zwarte Meer.

Het biochemisch zuurstofgebruik (BZV) van het Zwarte Meer is onbekend. Verder is de BZV van Genemuiden alleen bekend uit 2012. Dit zorgt ervoor dat deze waarden niet goed betrouwbaar zijn.

10.2 Ingevoerde data

Van de vele bronnen die er in de tool mogelijk zijn, zijn ze niet allemaal van toepassing in het Zwarte Meer. Het Zwarte Meer heeft namelijk geen RWZI's of overstorten direct op het watersysteem aangesloten. De ingevulde waarden zijn te zien in Tabel 15. De grootste belastingen direct op het systeem zelf zijn de afspoeling van mest en bladval van loofbomen. De grootste belasting voor het watersysteem is waarschijnlijk van het aanvoerwater uit het Zwarte Water. De externe belasting zal dan ook het meeste invloed hebben.

Verder is de toestand met behulp van de huidige metingen in het Zwarte Meer toegevoegd. Deze zijn nodig om te bepalen of de tool in de buurt komt van de gemeten waarden en dus de accuraatheid kan worden bepaald. Het biochemisch zuurstofgebruik (BZV) van het Zwarte Meer is onbekend. Uit de BZV is dus moeilijk een conclusie te trekken over de accuraatheid.

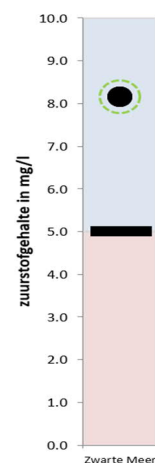
Tabel 15: Ingevoerde belastingen van OXY-VAL op het Zwarte Meer

Factor	Bron	Eenheid	Ingevulde waarden
Belasting watersysteem	Hemelwaterafvoer	m ³ /d	130
	Bladval Loofboom	m ² boomkruin	23000
	Afspoeling mest	Aantal m ² landbouwgrond	22000000
Morfologie watersysteem	Waterdiepte	m	1
	Waterbreedte	m	1700
	Wateroppervlak	m ²	22000000
Hydrologie	Wateraanvoer	m ³ /d	5500000
Reaëratie	Temperatuur	°C	20
	Windinvloed en stroming	Laag/matig/hoog	hoog
Kwaliteit aanvoerwater	Zuurstofgehalte	mgO ₂ /l	6.42
	Ammoniumgehalte	mgNH ₄ -N/l	0.13
Toestand	Zuurstofgehalte	mgO ₂ /l	8.42
	Ammoniumgehalte	mgNH ₄ -N/l	0.086
	BZV-Gehalte	mgO ₂ /l	-

10.3 Resultaat

10.3.1 Oordeel van de tool

Het resultaat van de tool wordt weergegeven in een oordeel (Figuur 29) en een grafiek die weergeeft of de zuurstofgehaltes voldoende zijn (Figuur 28). Het resultaat toont een positieve situatie voor het Zwarte Meer. Het oordeel voor de belasting en gevoeligheid op het watersysteem is laag. Dit concludeert dus dat de risico op overschrijding van de minimumwaarden laag is. Dit komt waarschijnlijk wegens de lage belasting op het watersysteem zelf volgens de tool. Volgens het zuurstofgehalte van Figuur 28 zijn de gehalten meer dan voldoende.



Figuur 28: Oordeel van de zuurstofgehaltes volgens de tool.

oordeel voorwaarden

belasting (per m ²)-->	oordeel	laag
gevoeligheid watersysteem -->	oordeel	laag
verhouding verwachte zuurstofgehalte : minimum toelaatbaar gehalte -->		1.6
risico op overschrijding minimumwaarde o.b.v. belasting en gevoeligheid -->		laag

Figuur 29: Het oordeel van de risico en gevoeligheid op zuurstoftekort door organische belasting volgens de tool

10.3.2

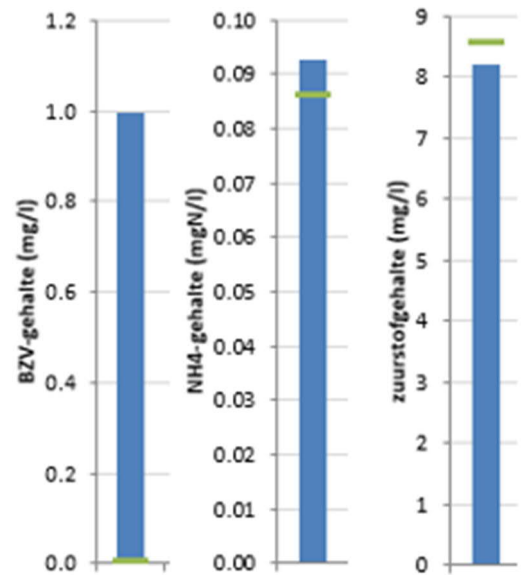
Vergelijking van de tool en gemeten waardes

Om de bepalen of het oordeel van de tool klopt is het belangrijk te kijken naar de huidige gemeten situatie volgens Ramsdiep. De vergelijking is te zien in Figuur 30. De ammoniumgehaltes (NH_4) en zuurstofgehaltes komen goed overeen met de werkelijkheid. Met deze kleine verschillen kan je dus ook vaststellen dat het oordeel klopt. Alleen zoals eerder vermeld zijn de BZV-gehaltes van het Zwarte Meer niet bekend. Hierdoor is het niet zeker of deze gehalten kloppen met de werkelijkheid. Maar aangezien de andere waardes dicht bij de metingen komen, kan worden gezegd dat de BZV-gehaltes ook een goede benadering is. Nader onderzoek is nodig om dit vast te stellen.

10.4

Conclusie

Volgens het oordeel van de tool is in de huidige situatie organische belasting geen probleem in het Zwarte Meer. De tool komt dicht overeen met de werkelijkheid, naast de BZV-gehalten, die onbekend zijn van het Zwarte Meer en alleen beschikbaar zijn uit 2012 voor het Zwarte Water. Maar naast de redelijk onzekere BZV-gehalten ziet het ernaar uit dat er genoeg zuurstof is in het Zwarte Meer. Het enige advies dat kan worden gegeven is dat er mogelijk onderzoek moet worden gedaan naar de BZV-gehalten.



Figuur 30: de BZV-gehalte, NH_4 -gehalte en zuurstof gehalte volgens de tool (blauwe balken) en de gemeten waardes volgens Ramsdiep (groene strepen)



11 Ecologische Sleutelfactor 8: Toxiciteit

11.1 Informatie vooraf

Bij toxiciteit is er gekeken naar de belasting van giftige stoffen op het watersysteem. Als er te veel toxische stoffen in het water zitten kunnen organismen sterven. De norm is om onder de 0.5% sterfte te blijven. Als dit doel is bereikt staat de ESF op groen. Als het sterftepercentage door toxische stoffen hoger is dan 10% staat de ESF op rood. Tussen de 0.5% en 10% staat de ESF op oranje.

11.1.1 Benodigde data en tools

Voor toxiciteit zijn twee tools ontwikkeld "Simoni" en "Chemie spoor". In dit onderzoek is alleengebruik gemaakt van Chemie spoor. Simoni wordt niet gebruikt omdat de tool uitvoering van bioassay nodig is. Dit is voor dit onderzoek niet gedaan. Voor Chemie Spoor is het de bedoeling dat er zoveel mogelijk toxische stoffen worden gemeten en toegevoegd. Er is dus ook geen vaste hoeveelheid benodigde data. Meer data en stoffen maken de tool exacter.

11.1.2 Betrouwbaarheid

De meeste toxische stoffen die kunnen worden ingevuld zijn niet beschikbaar bij Ramsdiep. Hierdoor is de keuze gemaakt om alle stoffen van meetpunt Genemuiden te gebruiken. Dit is dus niet exact hetzelfde bij het Zwarte Meer, maar aangezien het Zwarte water de grootste waterbron is van het Zwarte Meer. Zullen de resultaten redelijk overeenkomen. Verder zijn er nog meer toxische stoffen die gemeten kunnen worden en ingevoerd kunnen worden. In dit onderzoek is het gehouden tot de lijst op bladzijde 56. Dit betekent wel dat er mogelijk een stof niet is meegerekend die meer schade kan aanrichten. Verder is de bekende data minder in meer recente jaren. Daardoor is het resultaat van latere jaren mogelijk onwaar.

11.2 Ingevoerde data

Het volledige overzicht van gebruikte toxische stoffen is te vinden in de bijlage op bladzijde 56, hoofdstuk 15.2. In het kort zijn er totaal 175 stoffen over een periode van 2016 tot 2018 ingevoerd. De jaren zijn opgedeeld in een winter en zomer periode. In Tabel 16 is de hoeveelheid verschillende stoffen te zien per periode.

Tabel 16: Aantal Verschillende stoffen per

Periode	Aantal verschillende chemische stoffen
Winter 2016	30
Zomer 2016	30
Winter 2017	20
Zomer 2017	20
Winter 2018	18
Zomer 2018	19

11.3 Resultaat

11.3.1 Sterfte per periode

De resultaten verschillen per periode van elkaar. Dit is te zien in Tabel 17. Hier valt op dat de totale sterfte in de winter van 2016 zeer hoog is vergeleken de andere periodes. Het is het enige moment dat het sterftepercentage de norm van 0.5% overschrijdt. Alleen in de winter van 2018 komt de totale sterfte tegen de norm aan. Het is ook opmerkelijk dat de toxische druk in de zomer lager ligt dan in de winter. Dit heeft mogelijk te maken met de hogere afspoeling van het achterland in de winter. Het lijkt het erop dat de grenzen worden

Tabel 17: Percentage sterfte door toxiciteit

Periode	Totale sterfte door toxiciteit (%)	Sterfte door de top 5 toxische stoffen (%)
Winter 2016	1	1
Zomer 2016	0.4	0.3
Winter 2017	0.2	0.2
Zomer 2017	0.1	0.1
Winter 2018	0.5	0.5
Zomer 2018	0.1	0.1

Overschreden van tijd tot tijd, maar lang niet het hele jaar of elk jaar. Grotendeels komt de sterfte door de top 5 stoffen. De percentage sterfte van top 5 toxische stoffen is bijna identiek aan de totale sterfte door toxiciteit. Dat betekent dat de druk van de top 5 even hoog is als totaal. De meeste overschrijdende stoffen zullen dus in die top 5 zitten.

11.3.2 Aandeel sterfte top 5 toxische stoffen

Om te kijken naar het aandeel van de top 5 toxische stoffen is er een overzicht gemaakt van de top 5 stoffen en hun aandeel per periode. Het resultaat is te zien in Tabel 18. Van het aandeel in toxische druk is aluminium de grootste. In de winter van 2016 geeft aluminium een toxische druk van 0.7 procent, door deze hoge toxische druk komt het ver boven de rest van de top 5 uit. Bij elke periode, behalve in de winter van 2018 is het aandeel van aluminium het hoogst in het watersysteem. De 2^{de} grootste belaster is de som van ammonium & ammoniak. In de tool is er geen ammoniak ingevuld, maar alleen ammonium. Voor ammoniak zijn namelijk geen meetgegevens beschikbaar van 2016 tot 2018. De som van ammoniak & ammonium kan dus een grotere impact hebben dan het nu heeft.

Tabel 18: Percentage sterfte van de 5 meest toxische stoffen

Sterfte wegens toxische druk per jaar	Aluminium (%)	Som Ammoniak & Ammonium (%)	Vanadium (%)	Zink (%)	Nikkel (%)
2016 (W)	0.7	0.1	0.1	0.1	0
2016 (Z)	0.3	0.1	0	0	-
2017 (W)	0.1	0.2	-	-	-
2017 (Z)	0.1	0	-	-	-
2018 (W)	0.3	0.2	-	0	-
2018 (Z)	0.1	-	-	-	-

Voor Aluminium is de vraag waar deze belasting vooral vandaan komt. Volgens de Emissieregistratie van de RIVM (

Tabel 19) komt de grootste emissies van aluminium van overige industrie. Verder is

Aluminium	Doelgroep	2000	2005	2010	2015	2016	2017
Totaal		11616	130616	93113	51963	65504	58914
	Afvalverwijdering		2426				
	Bouw		0				
	Chemische Industrie		27933	7246	4354	3849	3635
	Energiesector		44				
	Overige industrie		88512	74342	36082	50108	43723
	Verkeer en vervoer	11616	11700	11525	11527	11547	11556

ook te zien dat in de hoge overschrijding in 2016 de emissie van aluminium ook hoger was dan in de andere jaren gebruikt in de tool. Dit kan aanduiding zijn van de toxische druk, maar dit is niet zeker.

Aluminium	Doelgroep	2000	2005	2010	2015	2016	2017
Totaal		11616	130616	93113	51963	65504	58914

	Afvalverwijdering		2426				
	Bouw		0				
	Chemische Industrie		27933	7246	4354	3849	3635
	Energiesector		44				
	Overige industrie		88512	74342	36082	50108	43723
	Verkeer en vervoer	11616	11700	11525	11527	11547	11556

Tabel 19: Emissie van Aluminium

11.4

Conclusie

De situatie van chemische druk in het Zwarte Meer is niet ernstig. Meestal blijft de sterfte door toxische druk onder de 0.5%. Toch zijn er wel uitschieters die niet kunnen worden genegeerd. Vooral omdat het constant één stof is die deze druk grotendeels veroorzaakt: aluminium.

Er kan geconcludeerd worden dat aluminium een mogelijk probleem kan zijn volgens de tool. Verder zijn er talloze andere toxische stoffen die nog niet zijn meegerekend, als er een mogelijke verdachte toxische stof mist is het belangrijk dat deze wordt toegevoegd om te kijken of zijn impact niet te negatief is.

Het resultaat voor het Zwarte Meer is niet alarmerend, de sterfte blijft vaak onder de 0.5%, alleen in de winter weet het erboven te komen voor bepaalde periodes. Verder komt de sterfte niet in de buurt van de 10%. Omdat de norm van 0.5% soms wordt overschreden is en er geen duidelijke dalende trend is wordt de tool op oranje gezet. Er is geen direct gevaar, maar er moet wel rekening mee worden gehouden dat de toxische druk soms wel hoog kan uitschieten.



12 Ecologische Sleutelfactor 9: Context

12.1 Informatie vooraf

Bij de context is er gekeken naar alle ESF'en en waar er verbeteringsmogelijkheden zijn. Bij de verbeteringsmogelijkheden horen ingrepen die de situatie moeten verbeteren. Deze ingrepen worden tegenover de tegenwerkende factoren in het watersysteem gezet waardoor ze mogelijk niet kunnen. Uit de mogelijke ingrepen en blokkeerpunten wordt dan een actie geadviseerd wat dient als uiteindelijk advies van de ESF'en.

De situatie in het Zwarte Meer is volgens de ESF'en goed. Dit is te zien doordat er maar twee ESF'en in een matige situatie zijn. En deze matige situaties zijn zelfs dicht tegen de grens van goed aan. De enige slechte ESF is ESF 3, productiviteit van de bodem. Dit komt niet omdat het een slechte situatie is, maar omdat de situatie compleet onbekend is.

12.2 Resultaat

Als alle ESF'en in een overzichtstabel worden gezet dan krijg je het resultaat zoals te zien in **Fout! Verwijzingsbron niet gevonden.** Er is geen advies voor ESF 1, 2, 5, 6 en 7 behalve dat het moet worden beheerd zoals het is. Voor de overige ESF'en 3, 4 en 8 zijn er wel verbeteringspunten.

12.2.1 ESF 3

Bij ESF 3 is het grote probleem dat er geen bodemanalyses zijn uitgevoerd waardoor de ESF niet kan worden uitgevoerd. Hierdoor is het resultaat van deze ESF onbekend. Het is dus ook geadviseerd om een bodemonderzoek uit te voeren.

12.2.2 ESF 4

Bij ESF 4 is de vaargeul nog niet helemaal geschikt voor een goede situatie. Het licht kan niet goed tot 6 meter diep komen waardoor het biotisch troebel is. Maatregelen hiertegen zijn de bodemophoging of het lichtklimaat (ESF 2) verbeteren. Bodemophoging is geen goede optie in het Zwarte Meer doordat de diepe zone wordt gebruikt als vaargeul. Deze functie kan niet weg en moet omheen worden gewerkt. Verder is het onbekend wat de bodem bevat, dus is het onhandig in de bodem acties uit te voeren. Als er iets gewenst is in de bodem moet er eerst een analyse plaatsvinden. Dus is het belangrijker verder te kijken naar maatregelen voor het lichtklimaat.

Voor de oeverzone is de noordelijke oever kan mogelijk worden verbeterd. Dit hoeft alleen niet. Het stortsteen die er nu is geplaatst is niet geschikt voor bijvoorbeeld vogels, maar wel voor microfauna. Ook biedt het stortsteen bescherming tegen de golfslag van langsvarende schepen.

12.2.3 ESF 8

De laatste ESF die niet helemaal goed is voor het Zwarte Meer is toxiciteit. De toxische druk gaat in bepaalde periodes boven de norm. De grootste twee veroorzakers zijn de som van ammonium en ammoniak en aluminium. Het is daarom geadviseerd te kijken waar deze stoffen vandaan komen en hoe het verminderd kan worden. Dit geldt vooral voor aluminium, omdat dit de grootste bijdrager is van de toxische druk. Voor de som van ammonium en ammoniak is het probleem dat het onbekend is hoeveel ammoniak er in het systeem zit. Dit moet dus worden onderzocht omdat het de toxische druk mogelijk verhoogd.

Tabel 20: Overzicht van de ecologische sleutelfactoren en de verbeterpunten.

ESF	Situatie	Verbeterpunt	Mogelijke ingrepen	Tegenwerkende factoren	Geadviseerde acties
1		-	-	-	-
2		-	-	-	-
3		Onbekend	Onbekend	Onbekend	-Bodemonderzoek
4		Vaargeul	-Bodem ophogen -Lichtklimaat	-Functie vaargeul -Bodem onbekend	-Bodemonderzoek -Maatregelen zoeken voor lichtklimaat
5		-	-	-	-
6		-	-	-	-
7		-	-	-	-
8		Toevoer aluminium	-Verminderen externe bronnen aluminium	-Bron van aluminium onbekend	-Onderzoek aluminiumtoevoer -Monitoren aluminium toevoer in het Zwarte Meer
		Toevoer ammonium & ammoniak	-Verminderen externe bronnen ammonium & ammoniak	-Ammoniak onbekend	-Onderzoek ammoniaktoevoer

12.3

Conclusie

De algemene situatie volgens de ESF-methode van STOWA in het Zwarte Meer is goed. De ingrepen die nog gedaan moeten worden zijn grotendeels in conflict met de vaargeul. Verder is het belangrijk dat er meer bekend wordt over de bodem van het Zwarte Meer, zodat er betere maatregelen kunnen worden bedacht in verband met de bodem. De toevoer van toxische stoffen moet worden gemonitord in het Zwarte Meer zelf.



13 Conclusies en aanbevelingen

De hoofdstukken voorafgaand aan deze conclusie geven de huidige toestand weer met de mogelijke verbeterpunten. Deze voorafgaande hoofdstukken zijn samengevat in deze conclusie. Deze conclusie dient om antwoord te geven over de situatie in het Zwarte Meer, de verbeteringen die nog mogelijk zijn en op de vraag hoe de onderzoeksmethode reflecteert op rijkswateren. Verder zijn er aanbevelingen om het Zwarte Meer te verbeteren en deze methode meer geschikt te maken voor Rijkswateren.

13.1 Conclusie

De conclusie bestaat uit korte samenvattingen van de uitkomsten van alle ESF'en. Uit alle uitkomsten van de ESF'en is dan een uiteindelijk oordeel gevormd over de huidige situatie in het Zwarte Meer. Verder is er een conclusie over het gebruik van de methodiek ecologische sleutelfactoren op de rijkswateren.

13.1.1 Huidige situatie Zwarte Meer

De ecologische sleutelfactoren bestaan uit 9 factoren. Deze factoren vormen samen een overzicht in de situatie van het Zwarte Meer. De situatie per factor wordt aangegeven met een kleur:

Groen: De huidige situatie is goed en er vormen geen knelpunten.

Oranje: De huidige situatie vormt geen direct knelpunt maar er zijn verbeteringspunten of mogelijk risico. Nader onderzoek is dus geadviseerd om een verder oordeel te geven.

Rood: De situatie vormt een vormt een blokkade voor de ecologische verbetering van het watersysteem en vereist aandacht of nader onderzoek.

De uiteindelijke conclusie per ESF is samengevat in Tabel 21.

Tabel 21: Conclusie per Ecologische sleutelfactor

ESF	Conclusie
	Productiviteit water: De productiviteit van het water is hoog in het Zwarte Meer. Maar door het hoge debiet en de ondiepe bodem heeft dit geen negatieve effecten op het watersysteem. PCLake toont ook een goede situatie met voldoende plantengroei.
	Lichtklimaat: Het lichtklimaat in het Zwarte Meer heeft sterke verbetering gezien door de jaren heen. Hierdoor is er zelfs genoeg licht in de diepere zones in het gebied. Het lichtklimaat is dus goed genoeg voor het groeien van gevarieerde plantensoorten.
	Productiviteit bodem: De situatie in het Zwarte Meer ziet er goed uit, dit is alleen niet zeker te zeggen over de bodem. Er is zo goed als niets bekend over de bodem in het Zwarte Meer. Hierdoor is het moeilijk een conclusie te trekken. Het is dus ook sterk geadviseerd om onderzoek te doen naar de bodem van het Zwarte Meer.

	Habitatsgeschiktheid: De habitats van het Zwarte Meer zijn in de ondiepe zone en oeverzone goed. In de diepe zone nog niet. De diepe zone kan beter, maar omdat alleen de vaargeul een diepe zone is. Valt dit door de vingers te zien. De huidige situatie van voor habitatsgeschiktheid is dus goed.
	Verspreiding: De mogelijkheid tot verspreiding in het Zwarte Meer is goed en zal mogelijk alleen maar verbeteren door de visspasages richting het achterland.
	Verwijdering: Doordat er niet mechanisch wordt verwijderd is de situatie goed in het Zwarte Meer. De planten die nu in het systeem leven hebben volgens de tool een lage kwetsbaarheid en het enige wat een mogelijk risico kan zijn is de potentiële vogelvraat. Hier worden al acties tegen ondernomen.
	Organische belasting: Doordat er geen lozingen zijn op het Zwarte Meer is de organische belasting laag. De zuurstofgehalten zijn hoog en er is laag risico op zuurstof tekort.
	Toxiciteit: De toxiciteit gaat soms over de norm van 0,5%. Dit komt grotendeels door aluminium. Doordat de toxiciteit soms over deze norm gaat kan het mogelijk een knelpunt vormen.
	Context: Er zijn niet veel veranderingen nodig in het Zwarte Meer. De meeste veranderingen liggen in de buurt van de vaargeul en deze functie heeft conflicten met het verbeteren van de ecologische situatie. De wensen van het vaarverkeer kan een mogelijk obstakel zijn voor ecologische verbetering in het systeem.

De situatie van het Zwarte Meer is volgens de ecologische sleutelfactoren positief. Naast de ontbrekende data over de bodem van het Zwarte Meer, ziet het er naar uit dat er geen directe knelpunten zijn in het Zwarte Meer. Het watersysteem wordt behandeld als een echte natura2000 zone en dit is te zien. Er zijn geen lozingen op het systeem waardoor de organische druk laag blijft. Mechanische verwijdering is niet aanwezig in het Zwarte Meer waardoor planten de mogelijkheid krijgen te groeien. De meeste problemen zitten in de habitatsgeschiktheid en die worden in het Zwarte Meer veroorzaakt door het vaarverkeer en de vaargeul. Dit is lastig op te lossen bij de context wegens de belangen van de vaargeul. Toxiciteit wordt waarschijnlijk niet direct veroorzaakt in het Zwarte Meer, daar ligt het probleem waarschijnlijk in het aangevoerde water uit het achterland. In het algemeen is de ecologische situatie in het Zwarte Meer goed en zijn de paar problemen in het Zwarte Meer terug te koppelen naar de vaargeul.

13.1.2 Methodiek ecologische sleutelfactoren

13.1.2.1 Het Zwarte Meer

De methodiek ecologische sleutelfactoren werkt goed met het Zwarte Meer, alleen is wel te zien dat de tool niet bedoeld is voor grote meren. Dit is bijvoorbeeld te zien bij ESF 1, waar het metamodel niet bruikbaar is wegens het te hoge debiet. De tools

die gebruikt zijn bij de watersysteemanalyse gaven een reëel situatie, of een goede schatting aan. Zo weergeeft PCLake bij ESF 1 'productiviteit water' een simulatie van het watersysteem dat goed in de buurt komt van de realiteit. En geeft de gegeven kwetsbaarheid van ESF 6 'verwijdering' een goede weerspiegeling vergeleken de aanwezigheid van de plantensoorten binnen het Zwarte Meer. De tools zijn makkelijk te gebruiken en kunnen als je de data al beschikbaar hebt snel inzicht geven over het systeem. Dit is waar een struikelpunt zit in het Zwarte Meer. Niet alle data die gevraagd is voor de analyse waren beschikbaar voor het Zwarte Meer. Bijvoorbeeld data over de bodem, maar ook metingen voor stoffen in het water. Hiervoor moeten dan alternatieven voor worden gevonden, bijvoorbeeld het gebruik van meetpunt Genemuiden.

13.1.2.2 Gebruik voor Rijkswaterstaat

Het tekort aan data is een probleem die deze methode vaker naar boven zal brengen als het vaker zal worden gebruikt. Veel data over het systeem is vereist bij het gebruik van deze analyse en als deze niet beschikbaar zijn kunnen de antwoorden gaan verschillen met de realiteit. Als het Zwarte Meer als voorbeeld moet worden genomen valt er te zeggen dat deze methode geschikt is voor Rijkswateren, mits de data beschikbaar is. Ook als de tool antwoorden weet te geven die mogelijk niet kloppen met de realiteit, kan dit van waarde zijn. Er zijn dan namelijk mogelijk externe factoren buiten de tool die de situatie anders kunnen beïnvloeden. Dus de methode ecologische sleutelfactoren kunnen een verbeterd inzicht geven over watersystemen en hun unieke eigenschappen.

13.2 Aanbevelingen

In de aanbeveling worden de volgende typen aanbevelingen behandeld:

- Aanbevelingen met betrekking tot het verbeteren van de ecologische kwaliteit van het Zwarte Meer
- Aanbevelingen met betrekking tot de monitoring van het Zwarte Meer
- Aanbevelingen met betrekking tot de gebruikte methodiek 'Ecologische sleutelfactoren'.

13.2.1 Verbeteren van de ecologie van het Zwarte Meer

Zoals vermeld in de conclusie is de kwaliteit van het Zwarte Meer volgens de tool op bijna alle vlakken goed. Toch is er nog ruimte voor verbetering binnen het systeem.

Deze is in relatie tot de habitatsgeschiktheid:

- Verbeter de kwaliteit van de noordelijke oeverzone
De noordelijke oeverzone tegen de vaargeul is niet voldoende zoals het nu is. De oeverzone loopt te stijl op en zijn beschermd met basaltblokken. Dit is geen gewenste situatie. Toch moet er rekening worden gehouden met de functie van de vaargeul, een zachte natuurvriendelijke oever is hier dus moeilijk. Het advies is dan ook om te kijken of er rietvelden kunnen worden aangelegd, zodat er wel een ecologisch dienende functie mogelijk is voor de noordelijke oever.

Verder zijn er verder weinig verbeteringen voor de ecologie nodig binnen het Zwarte Meer. De handelingswijze voor het Zwarte Meer is geschikt en de analyse laat dit zien. Wel zijn er eigenschappen die niet mogen veranderen als het Zwarte Meer goed moet blijven functioneren als een gezond watersysteem:

- Geen mechanische verwijdering
- Hoog debiet
- Ondiep watersysteem
- Open watersysteem
- Geen directe RWZI's en lozingen

Deze vijf eigenschappen van het watersysteem zorgen ervoor dat het watersysteem goed blijft functioneren. Zonder deze eigenschappen heb je een kans dat het watersysteem zal omslaan.

13.2.2 Verbeteren van de monitoring van het Zwarte Meer

Er is ruimte voor verbetering in het Zwarte Meer met behoud tot monitoring.

Informatie over het Zwarte Meer schiet op sommige gebieden tekort. Vooral in dataverzameling over de waterkwaliteit en bodemkwaliteit:

- Voer een bodemonderzoek uit voor het Zwarte Meer
Over de bodem van het Zwarte Meer is niets bekend behalve wat van soort bodem het is. Er is geen data beschikbaar over de nutriënten in de bodem of maar iets anders. Door het tekort aan data is het moeilijk te zeggen wat van invloed de bodem heeft op het Zwarte Meer.
- Meet meer data bij het meetpunt Ramsdiep
Er is weinig data beschikbaar voor het Zwarte Meer. Er missen jaartallen in de meetreeksen van Ramsdiep (zie 15.3). Dit zorgt ervoor dat er minder valt te zeggen over de trend in het watersysteem. Ook zitten er fouten in de data die wel beschikbaar is. Waardoor soms van één meetreeks meer dan 50% onbruikbaar is. Dit was zo het geval bij bijvoorbeeld ESF 2. Ook mist er veel toxische data waardoor ESF 8 moest worden gemaakt met behulp van de meetgegevens van Genemuiden. Als er een betrouwbaarder inzicht moet komen over het Zwarte Meer zou deze data beschikbaar moeten zijn voor Ramsdiep.
- Onderzoek de mogelijkheid tot waterplanten in de vaargeul
Tijdens het onderzoek is er meerdere keren verteld dat er mogelijk waterplanten op de bodem van de vaargeul zitten. Dit is alleen niet terug te vinden in een officieel document. Om zeker te zijn of er wel of geen waterplanten zijn bij de vaargeul is het geadviseerd om dit te onderzoeken en vast te leggen.

13.2.3 Gebruik methodiek 'Ecologische sleutelfactoren'

Het onderzoek concludeert dat de methodiek 'Ecologische sleutelfactoren' geschikt is voor de rijkswateren zoals het Zwarte Meer. Grotere Rijkswateren zoals het IJsselmeer of Markermeer zullen een andere uitdaging zijn, vooral ESF 1 'productiviteit water' en ESF 2 'lichtklimaat'. Dit omdat de tool soms vreemd lijkt om te gaan met hoge debieten en waterdieptes. Uit het onderzoek zijn verschillende aanbevelingen te maken:

- Onderzoek het verdere gebruik van PCLake
In PCLake is meer aan te passen dan in dit onderzoek is gedaan. Er zijn veel factoren die worden meegerekend en als er meer tijd en kennis is over deze tool kan het veel exactere situaties weergeven dan het nu heeft gedaan in dit onderzoek. Door deze vele factoren waar PCLake mee rekening houdt is het misschien mogelijk de grote watersystemen te simuleren met een goede vergelijking tot de realiteit.
- Hou rekening met hoge debieten binnen de tools
Debieten zijn voor rijkswateren hoger dan voor meren en plassen. Voor deze hoge debieten is de tool officieel niet gemaakt. Het Metamodel van PCLake (zie hoofdstuk 234.4.1, pagina 23) is niet geschikt voor hoge debieten. Verder geeft het uitgebreide model van PCLake hele hoge kritische grenzen als het debiet hoog is in een watersysteem.
- Hou rekening met dieptes binnen de tools
Rijkswateren zijn gemiddeld vaak dieper dan meren en plassen. Deze dieptes kunnen in de simulatie zeer slechte situaties geven voor het watersysteem (zie hoofdstuk 4.4.3.2, pagina 25). Met een diepte van 2 meter kunnen de tools al aangegeven dat het Zwarte Meer slecht functioneert, ook al is dit niet zo in de realiteit. Wel is de plantengroei slechter in de diepere zones van het Zwarte Meer, alleen wordt dit te extreem afgebeeld bij de tools.

- Gebruik de tool voor inzicht
De tool geeft desondanks de soms niet kloppende resultaten een goed inzicht hoe het eraan toe gaat met het watersysteem. De tool geeft een duidelijk overzicht waar de problemen mogelijk kunnen zitten, waarbij jezelf dan verder kan onderzoeken hoe dit het geval kan zijn.

Uit dit onderzoek valt te concluderen dat de tool geschikt is voor rijkswateren zoals het Zwarte Meer of het Ketelmeer. Voor grotere wateren zoals het IJsselmeer zullen mogelijk meer problemen opduiken. Maar alsnog het inzicht van een ecologische watersysteemanalyse ook hier waarde hebben.

14 Bronnen en Literatuur

1. RWS RIZA rapport 2007.007
2. Geoweb (Rijkswaterstaat)
3. Ecologische Sleutelfactoren bufferzone en waterplanten, tussenrapportage (STOWA, 2018)
4. Netwerk Ecologische Monitoring (Sovon, RWS, CBS, provincies)
5. Brondocument waterlichaam Zwarte Meer, Doelen en maatregelen rijkswateren ministerie van IenM, (Rijkswaterstaat, 2009)
6. Netwerk Ecologische Monitoring (Sovon, RWS, CBS, provincies)
7. Zoetwatervis Data Wageningen Marine Research, 2017 (Wageningen university & research)
8. STOWA (2008) - Van helder naar troebel...en weer terug, rapport 2008-04
9. STOWA (2015) - Ecologische sleutelfactoren voor het herstel van onderwatervegetatie, rapport 2015-17
10. STOWA (2016) - Ecologische Sleutelfactor Toxiciteit, rapport 2016 – 15.
11. STOWA (2018a) – Referenties en matlatten voor natuurlijke watertypen voor de kaderrichtlijn water 2021 – 2017.
12. STOWA (2018b) – Ecologische Sleutelfactor Verwijdering, rapport 2018-26
13. STOWA (2018c) - Ecologische sleutelfactor context ; handvatten voor maatschappelijke afwegingen, rapport 2018-31
14. STOWA (2018d) – Uitwerking ESF Habitat geschiktheid, rapport 2018-4.
15. STOWA (2019) – Realiseren van ecologische waterkwaliteitsdoelen (KRW) Geraadpleegd tussen 1-09-2019 en 31-10-2019
<https://www.stowa.nl/onderwerpen/waterkwaliteit/ecologische-krw-doelen>

15 Bijlagen

15.1 Bijlage 1: Gevraagde data voor de tool OXY-VAI

- Belasting watersysteem
 - Bronnen – piekbelasting
 - Volume overstort gemengd stelsel met frequentie 1x per jaar [m^3]
 - Volume overstort gemengd stelsel + BB-bassin met frequentie 1x per jaar [m^3]
 - Volume overstort DWA-nooduitlaat met frequentie 1x per jaar [m^3]
 - Bronnen – continu
 - RWZI-effluent [m^3/dag]
 - Hemelwaterafvoer [m^3/dag]
 - Aantal septic tanks en IBA's
 - Oppervlakte boomkruin (straal 10 meter van waterlichaam) voor loofbomen en naaldbomen [m^2]
 - Aantal meter oeverlengte voor hondenpoep [m]
 - Aantal eenden
 - Aantal vissers per dag
 - Oppervlakte aangrenzend landbouwgrond [m^2]
- Morfologie watersysteem
 - Waterdiepte [m]
 - Waterbreedte [m]
 - Oppervlakte waterlichaam [m^2]
- Hydrologie
 - Wateraanvoer [m^3/dag]
- Reaëratie
 - Watertemperatuur [$^{\circ}\text{C}$]
 - Fracties bedekking drijflaag kroos of afval [-]
 - Windinvloed
- Kwaliteit aanvoerwater
 - Zuurstofgehalte aanvoerwater [mg/l]
 - Ammoniumgehalte aanvoerwater [mg/l]
 - BZV-gehalte aanvoerwater [mg/l]
- Kwaliteit oppervlaktewater
 - Zuurstofgehalte oppervlaktewater [mg/l]
 - Ammoniumgehalte oppervlaktewater [mg/l]
 - BZV-gehalte oppervlaktewater [mg/l]
- Kwaliteit zuurstofvraag sediment
 - Zuurstofvraag sediment [mg/l]

15.2

Bijlage 2: Ingevoerde waarden voor Toxiciteit

Periode	Stof	Waarde	Eenheid
Winter 2016	4,4'-dichloordifenyldichloorethaan	0.0003	ug/l
Winter 2016	4-tertiar-octylfenol	0.005	ug/l
Winter 2016	aldrin	0.0003	ug/l
Winter 2016	alfa-hexachloorcyclohexaan	0.00006	ug/l
Winter 2016	ammonium	595	ug/l
Winter 2016	antraceen	0.004	ug/l
Winter 2016	barium	57.1	ug/l
Winter 2016	benzo(a)antraceen	0.001	ug/l
Winter 2016	benzo(a)pyreen	0.002	ug/l
Winter 2016	benzo(b)fluorantheen	0.00235	ug/l
Winter 2016	benzo(g,h,i)peryleen	0.00151	ug/l
Winter 2016	benzo(k)fluorantheen	0.0012	ug/l
Winter 2016	bis(2-ethylhexyl)ftalaat (DEHP)	1	ug/l
Winter 2016	calcium	65000	ug/L
Winter 2016	chloride	42000	ug/L
Winter 2016	chryseen	0.004	ug/l
Winter 2016	dibenzo(a,h)antraceen	0.003	ug/l
Winter 2016	fenanthreen	0.00717	ug/l
Winter 2016	fluorantheen	0.00597	ug/l
Winter 2016	hexachloorbutadieen	0.001	ug/l
Winter 2016	kobalt	0.954	ug/l
Winter 2016	koper	3.38	ug/l
Winter 2016	lood	0.835	ug/l
Winter 2016	magnesium	6700	ug/L
Winter 2016	mangaan	247	ug/l
Winter 2016	molybdeen	0.455	ug/l

Winter 2016	naftaleen	0.03	ug/l
Winter 2016	natrium	27000	ug/L
Winter 2016	nikkel	4.06	ug/l
Winter 2016	propiconazol	0.003	ug/l
Winter 2016	pyreen	0.00408	ug/l
Winter 2016	vanadium	3.71	ug/l
Winter 2016	zink	18.6	ug/l
Winter 2016	Zwevende stof	11	mg/l
Winter 2016	Temperatuur	2	oC
Winter 2016	aluminium	439	ug/L
Winter 2016	Zuurgraad	7.29	DIMSLS
Zomer 2016	4,4'-dichloordifenyldichloorethaan	0.0003	ug/l
Zomer 2016	4-tertiair-octylfenol	0.005	ug/l
Zomer 2016	aldrin	0.0003	ug/l
Zomer 2016	alfa-hexachloorcyclohexaan	8.79E-05	ug/l
Zomer 2016	ammonium	118	ug/l
Zomer 2016	antraceen	0.004	ug/l
Zomer 2016	barium	53.3	ug/l
Zomer 2016	benzo(a)antraceen	0.001	ug/l
Zomer 2016	benzo(a)pyreen	0.002	ug/l
Zomer 2016	benzo(b)fluorantheen	0.00121	ug/l
Zomer 2016	benzo(g,h,i)peryleen	0.00121	ug/l
Zomer 2016	benzo(k)fluorantheen	0.000864	ug/l
Zomer 2016	bis(2-ethylhexyl)ftalaat (DEHP)	1	ug/l
Zomer 2016	calcium	68000	ug/L
Zomer 2016	chloride	42000	ug/L
Zomer 2016	chryseen	0.004	ug/l

Zomer 2016	dibenzo(a,h)antracene	0.003	ug/l
Zomer 2016	fenanthreen	0.00479	ug/l
Zomer 2016	fluorantheen	0.00647	ug/l
Zomer 2016	hexachloorbutadieen	0.001	ug/l
Zomer 2016	kobalt	0.53	ug/l
Zomer 2016	koper	3.07	ug/l
Zomer 2016	lood	0.442	ug/l
Zomer 2016	magnesium	5900	ug/L
Zomer 2016	mangaan	141	ug/l
Zomer 2016	molybdeen	0.819	ug/l
Zomer 2016	naftaleen	0.03	ug/l
Zomer 2016	natrium	27000	ug/L
Zomer 2016	nikkel	3.82	ug/l
Zomer 2016	propiconazol	0.00634	ug/l
Zomer 2016	pyreen	0.00471	ug/l
Zomer 2016	vanadium	1.94	ug/l
Zomer 2016	zink	11	ug/l
Zomer 2016	Zwevende stof	5	mg/l
Zomer 2016	Temperatuur	18.7	oC
Zomer 2016	aluminium	126	ug/L
Zomer 2016	Zuurgraad	7.68	DIMSLS
Winter 2017	4,4'-dichloordifenyldichloorethaan	0.0003	ug/l
Winter 2017	aldrin	0.0003	ug/l
Winter 2017	alfa-hexachloorcyclohexaan	0.00006	ug/l
Winter 2017	ammonium	692	ug/l
Winter 2017	antracene	0.004	ug/l
Winter 2017	benzo(a)antracene	0.001	ug/l

Winter 2017	benzo(a)pyreen	0.002	ug/l
Winter 2017	benzo(b)fluorantheen	0.00212	ug/l
Winter 2017	benzo(g,h,i)peryleen	0.00105	ug/l
Winter 2017	benzo(k)fluorantheen	0.000662	ug/l
Winter 2017	bis(2-ethylhexyl)ftalaat (DEHP)	1	ug/l
Winter 2017	calcium	61000	ug/L
Winter 2017	chloride	50800	ug/L
Winter 2017	chryseen	0.004	ug/l
Winter 2017	dibenzo(a,h)antraceen	0.003	ug/l
Winter 2017	fenanthreen	0.00717	ug/l
Winter 2017	fluorantheen	0.00586	ug/l
Winter 2017	hexachloorbutadieen	0.001	ug/l
Winter 2017	magnesium	6500	ug/L
Winter 2017	naftaleen	0.03	ug/l
Winter 2017	natrium	30000	ug/L
Winter 2017	propiconazol	0.00319	ug/l
Winter 2017	pyreen	0.00362	ug/l
Winter 2017	Zwevende stof	19	mg/l
Winter 2017	Temperatuur	1.7	oC
Winter 2017	aluminium	233	ug/L
Winter 2017	Zuurgraad	6.9	DIMSLS
Zomer 2017	4,4'-dichloordifenyldichloorethaan	0.0003	ug/l
Zomer 2017	aldrin	0.0003	ug/l
Zomer 2017	alfa-hexachloorcyclohexaan	0.00036	ug/l
Zomer 2017	ammonium	204	ug/l
Zomer 2017	antraceen	0.004	ug/l
Zomer 2017	benzo(a)antraceen	0.00108	ug/l

Zomer 2017	benzo(a)pyreen	0.002	ug/l
Zomer 2017	benzo(b)fluorantheen	0.00272	ug/l
Zomer 2017	benzo(g,h,i)peryleen	0.00117	ug/l
Zomer 2017	benzo(k)fluorantheen	0.000887	ug/l
Zomer 2017	bis(2-ethylhexyl)ftalaat (DEHP)	1	ug/l
Zomer 2017	calcium	60000	ug/L
Zomer 2017	chloride	77900	ug/L
Zomer 2017	chryseen	0.004	ug/l
Zomer 2017	dibenzo(a,h)antraceen	0.003	ug/l
Zomer 2017	fenanthreen	0.00678	ug/l
Zomer 2017	fluorantheen	0.0134	ug/l
Zomer 2017	hexachloorbutadieen	0.001	ug/l
Zomer 2017	magnesium	8500	ug/L
Zomer 2017	naftaleen	0.03	ug/l
Zomer 2017	natrium	35900	ug/L
Zomer 2017	propiconazol	0.003	ug/l
Zomer 2017	pyreen	0.00487	ug/l
Zomer 2017	Zwevende stof	9	mg/l
Zomer 2017	Temperatuur	20.4	oC
Zomer 2017	aluminium	99.5	ug/L
Zomer 2017	Zuurgraad	7.66	DIMSLS
Winter 2018	4,4'-dichloordifenyldichloorethaan	0.0003	ug/l
Winter 2018	aldrin	0.0003	ug/l
Winter 2018	ammonium	720	ug/l
Winter 2018	antraceen	0.004	ug/l
Winter 2018	barium	64.3	ug/l
Winter 2018	benzo(a)antraceen	0.001	ug/l

Winter 2018	benzo(a)pyreen	0.002	ug/l
Winter 2018	benzo(b)fluorantheen	0.00179	ug/l
Winter 2018	benzo(g,h,i)peryleen	0.000738	ug/l
Winter 2018	benzo(k)fluorantheen	0.000536	ug/l
Winter 2018	calcium	68000	ug/L
Winter 2018	chloride	47000	ug/L
Winter 2018	chryseen	0.004	ug/l
Winter 2018	dibenzo(a,h)antraceen	0.003	ug/l
Winter 2018	fenanthreen	0.00718	ug/l
Winter 2018	kobalt	0.954	ug/l
Winter 2018	koper	2.7	ug/l
Winter 2018	propiconazol	0.003	ug/l
Winter 2018	zink	11.9	ug/l
Winter 2018	Zwevende stof	15	mg/l
Winter 2018	Temperatuur	4.24	oC
Winter 2018	aluminium	361	ug/L
Winter 2018	Zuurgraad	7.4	DIMSLS
Zomer 2018	4,4'-dichloordifenyldichloorethaan	0.0003	ug/l
Zomer 2018	aldrin	0.0003	ug/l
Zomer 2018	ammonium	81.3	ug/l
Zomer 2018	antraceen	0.004	ug/l
Zomer 2018	arseen	1.03	ug/l
Zomer 2018	barium	38.9	ug/l
Zomer 2018	benzo(a)antraceen	0.001	ug/l
Zomer 2018	benzo(a)pyreen	0.002	ug/l
Zomer 2018	benzo(b)fluorantheen	0.00135	ug/l
Zomer 2018	benzo(g,h,i)peryleen	0.000515	ug/l

Zomer 2018	benzo(k)fluorantheen	0.000352	ug/l
Zomer 2018	calcium	44000	ug/L
Zomer 2018	chloride	71400	ug/L
Zomer 2018	chryseen	0.004	ug/l
Zomer 2018	dibenzo(a,h)antraceen	0.003	ug/l
Zomer 2018	fenanthreen	0.00316	ug/l
Zomer 2018	kobalt	0.47	ug/l
Zomer 2018	koper	2.2	ug/l
Zomer 2018	propiconazol	0.003	ug/l
Zomer 2018	zink	2.21	ug/l
Zomer 2018	Zwevende stof	5.3	mg/l
Zomer 2018	Temperatuur	20.8	oC
Zomer 2018	Zuurgraad	8.51	DIMSLS
Zomer 2018	aluminium	66.4	ug/L

15.3 Bijlage 3: Missende data Ramsdiep en Genemuiden

15.3.1 Bijlage 3.1: Missende data Ramsdiep

Naam stof	Afkorting	Missende periode	Totaal (jaren)
Ammonium	NH4	1993 – 2000	7
Nitraat	NO3	1990 - 2009	19
Nitriet	NO2	1993 - 2009	16
Stikstof Kjeldahl	NKj	1993 - 2009	16
Fosfaat	PO4	1990 - 2014	24
Sulfaat	SO4	1990 - 2009	19
P-totaal	Ptot	1992 - 2010	18
Calcium	Ca	1990 - 2011	21
Magnesium	Mg	1990 - 2010	20
Natrium	Na	1990 - 2009	19
Gloeirest	GR	1993 - 2009	16

15.3.2 Bijlage 3.2: Missende data Genemuiden

Naam stof	Afkorting	Missende periode	Totaal (jaren)
Calcium	Ca	1990 - 2010	20
IJzer	Fe	1990 – 2004	14
Natrium	Na	1990 - 2010	20
Gloeirest	GR	1993 - 2009	16