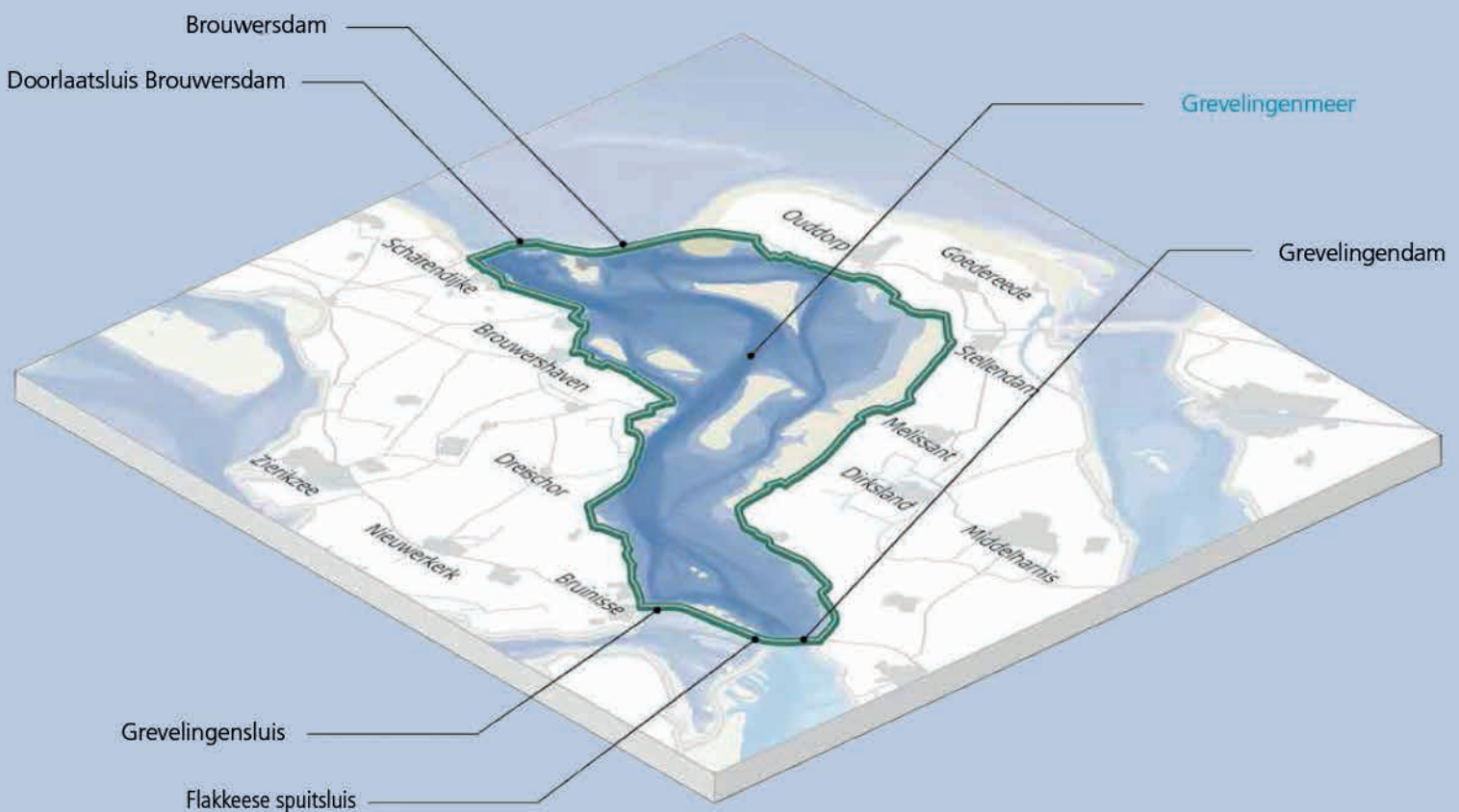


RIJKSWATERSTAAT ZEE EN DELTA

# De ontwikkelingen van het Macrobenthos in het Grevelingenmeer

21 november 2013

078021847078021847:A:A - Definitief, C03041.003067.0100



**DE ONTWIKKELINGEN VAN HET  
MACROBENTHOS IN HET GREVELINGENMEER**

RIJKSWATERSTAAT ZEE EN DELTA

21 november 2013  
078021847078021847:A:A - Definitief  
C03041.003067.0100





# Inhoud

<b>1</b>	<b>Inleiding</b>	<b>5</b>
<b>2</b>	<b>De gegevens</b>	<b>7</b>
2.1	Informatie over macrobenthos	7
2.1.1	Bemonsteringen	7
2.1.2	Biomassa en dichtheid	8
2.1.3	Aantal soorten	8
2.1.4	Similarity index	9
2.1.4.1	Oostelijke en westelijke plot	9
2.1.4.2	Diepteklasse tot -2 meter	10
2.1.4.3	Diepteklasse tussen de -2 meter en -6 meter	11
2.1.4.4	Diepteklasse dieper dan -6 meter	12
2.2	(A)biotische parameters	13
2.3	<i>Beggiatoa</i>	13
<b>3</b>	<b>Analyse van de tijdseries</b>	<b>14</b>
3.1	Inleiding	14
3.2	Methodiek	14
3.2.1	Autocorrelatie	14
3.2.2	Analyse van data zonder (partiele) autocorrelatie	15
3.2.3	Analyse van data met (partiele) autocorrelatie	15
3.3	(Partiele) autocorrelatie functies	15
3.3.1	Dichtheid	15
3.3.2	Totale biomassa	15
3.3.2.1	Biomassa in het voorjaar op het oostelijke plot	16
3.3.2.2	Biomassa in het najaar op het oostelijke plot	16
3.3.2.3	Biomassa 2-6 meter najaar oostelijk plot	17
3.3.3	Biomassa zonder <i>Crepidula</i> en <i>Crassostrea</i>	17
3.3.3.1	Voorjaar west alle dieptes	18
3.3.3.2	Najaar west alle dieptes	18
3.3.3.3	Voorjaar west diepteklasse 0-2 m	19
3.3.3.4	Najaar west diepteklasse 0-2 meter	19
3.3.3.5	Voorjaar west diepteklasse 2-6 meter	20
3.3.3.6	Najaar west diepteklasse 6-45	20
3.3.4	Aantal soorten	21
3.3.4.1	Gevonden autocorrelatie	21
3.3.4.2	Aantal soorten diepte 0-2 meter najaar oostelijk plot	21
3.3.5	Similarity index	21
3.3.5.1	Oostelijk deel voorjaar	22
3.3.5.2	Oostelijk deel voorjaar op een diepte tussen de 2 en 6 meter	22
3.4	Tijdreeksen	23
3.4.1	Onafhankelijke data	23
3.4.1.1	Data per monsterpunt	23
3.4.1.2	Data per jaar en seizoen	24
3.4.2	Data met autocorrelatie	25
3.4.2.1	Biomassa	25

	3.4.2.2	Biomassa zonder <i>Crassostrea</i> en <i>Crepidula</i> .....	25
	3.4.2.3	Aantal soorten .....	26
	3.4.2.4	Similarity index .....	26
3.5		Presentatie van trends .....	26
	3.5.1	Dichtheid .....	26
	3.5.2	Biomassa .....	31
	3.5.3	Biomassa zonder <i>Crepidula</i> en <i>crassostrea</i> .....	34
	3.5.4	Aantal soorten .....	41
	3.5.5	Similarity index .....	42
3.6		Samenvatting .....	45
<b>4</b>		<b>Relatie tussen biologische variabelen en (a)biotische parameters .....</b>	<b>46</b>
4.1		Temporele analyses met MWTL data .....	46
	4.1.1	Sturende parameters in het voorkomen van macrobenthos .....	46
	4.1.2	Beschikbare parameters voor de analyse .....	47
	4.1.3	Analyses .....	52
	4.1.4	Resultaten voor alle diepteklassen .....	52
		4.1.4.1 Dichtheid .....	53
		4.1.4.2 Biomassa .....	53
		4.1.4.3 Aantal soorten .....	54
		4.1.4.4 Similarity index .....	54
	4.1.5	Resultaten voor de diepteklasse tot -2 meter .....	55
		4.1.5.1 Dichtheid .....	55
		4.1.5.2 Biomassa .....	56
		4.1.5.3 Aantal soorten .....	57
		4.1.5.4 Similarity .....	57
	4.1.6	Resultaten voor de diepteklasse -2 meter tot -6 meter: .....	58
		4.1.6.1 Dichtheid .....	58
		4.1.6.2 Biomassa .....	59
		4.1.6.3 Aantal soorten .....	59
		4.1.6.4 Similarity .....	59
	4.1.7	Resultaten voor de diepteklasse -6 meter en dieper .....	60
		4.1.7.1 Dichtheid .....	60
		4.1.7.2 Biomassa .....	60
		4.1.7.3 Aantal soorten .....	61
		4.1.7.4 Similarity .....	61
4.2		Analyses met GTSO data .....	61
	4.2.1	Inleiding .....	61
	4.2.2	Methodiek .....	62
	4.2.3	Resultaten .....	63
		4.2.3.1 Westelijke deel .....	63
		4.2.3.2 Oostelijk deel .....	67
4.3		Relatie benthos en Begiattoa matten .....	69
	4.3.1	Inleiding .....	69
	4.3.2	Methodiek .....	69
	4.3.3	Resultaten .....	70
<b>5</b>		<b>Conclusie en discussie .....</b>	<b>73</b>
	5.1	Algemeen .....	73

5.2	Trend van het benthos in het Grevelingenmeer .....	73
5.3	Urgentie .....	74
5.4	Betekenis voor doelen Natura 2000 en Kaderrichtlijn Water .....	78
5.4.1	Natura 2000.....	78
5.4.1.1	Voedsel voor vogels.....	78
5.4.1.2	Kernopgaves .....	80
5.4.1.3	Beschermde habitattypes in het Grevelingenmeer .....	80
5.4.1.4	Beschermde broedvogels in het Grevelingenmeer .....	80
5.4.1.5	Beschermde vogels (niet-broedend) in het Grevelingenmeer .....	81
5.4.2	Kaderrichtlijn Water .....	81
5.4.2.1	Niveau 1: Functioneren van het ecosysteem .....	82
5.4.2.2	Niveau 2: Leefgebied .....	82
5.4.2.3	Niveau 3: Macrobenthos gemeenschap.....	82
5.4.3	Belangrijke rol van macrobenthos .....	83
5.5	Verklaren trend .....	83
5.5.1	Abiotische metingen.....	84
5.5.1.1	Oostelijke en westelijk deel, alle dieptes.....	84
5.5.1.2	Verdeling in verschillende diepteklassen .....	85
5.5.1.3	Conclusie.....	88
5.5.2	Diepteprofielen .....	89
5.5.3	<i>Beggiatoa</i> matten .....	89
5.6	Mogelijke consequenties van verder openen doorlaat in de Brouwersdam .....	89
5.7	Eindconclusie .....	89
<b>6</b>	<b>Referenties .....</b>	<b>91</b>
<b>Bijlage 1</b>	<b>Extra berekeningen.....</b>	<b>92</b>



# 1 Inleiding

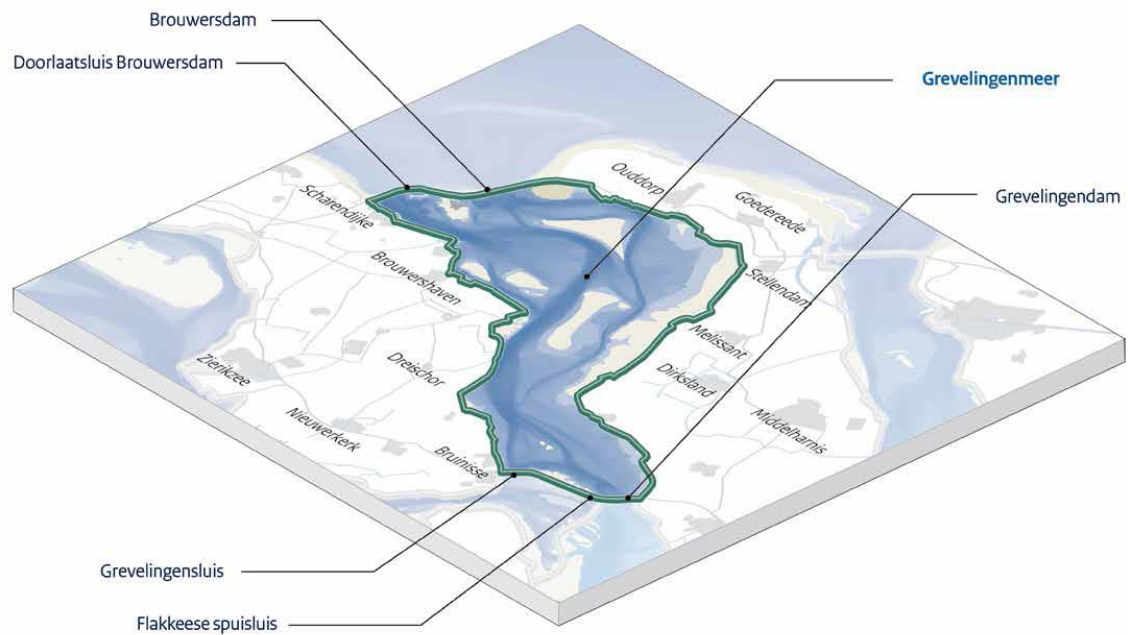
Het Grevelingenmeer is een voormalige zeearm gelegen tussen Goeree-Overflakkee en Schouwen-Duiveland. Het is sinds de afsluiting door de Deltawerken het grootste zoutwatermeer van Europa. Het Grevelingenmeer kwam tot stand na de bouw van de Grevelingendam (1965) die de verbinding met de rivieren afsloot en de bouw van de Brouwersdam (1971) aan de zeezijde.

Om verzoeting tegen te gaan werd in 1978 de Brouwerssluis aangelegd, die in de periode december-maart open staat en die tevens uitwisseling van visbestanden aan weerszijden mogelijk maakt. Het meer is nu relatief arm aan nutriënten en algen en het water is helder. Sinds seizoen 1999/2000 staat de sluis vrijwel permanent open.

Het Grevelingenmeer is van belang voor visetende watervogels. Voor fuut en middelste zaagbek is dit het belangrijkste overwinteringsgebied in Nederland. Ook voor kuifduiker, dodaars, lepelaar en kleine zilverreiger is het gebied van grote betekenis, terwijl geoorde futen in de nazomer in grote getalen in het gebied ruien. Voor de brilduiker is het Grevelingenmeer het belangrijkste overwinteringsgebied. Voor steltlopers die in de noordtak van de Oosterschelde foerageren is het gebied tevens van belang als hoogwatervluchtplaats. Zeer belangrijk broedgebied voor kustbroedvogels van zandplaten en schelpenstrandjes (kluut, bontbekplevier, strandplevier, grote stern, visdief en dwergstern).

De voornaamste druk op het Grevelingenmeer bestaat uit de zuurstofloosheid ten gevolge van thermische stratificatie en toename van de turbiditeit.





Figuur 1: Schematische weergave van het Grevelingenmeer (uit paspoort stuurgroep zuidwestelijke Delta 2013)

De laatste actualisatie van de monitoringsgegevens van het Grevelingenmeer (Wetsteijn, 2011) laat zien dat de bodemdierbiomassa daalt in zowel het westelijke als oostelijke deel. Het doel van deze studie is om de toekomstige ontwikkelingen in het Grevelingen in beeld te brengen. Dit wordt in gedaan door de ontwikkeling van het macrobenthos in de periode 1990-2010 nader te analyseren, en verklaringen voor de ontwikkelingen te zoeken. Daarnaast is een doel van deze studie vast te stellen wat de urgentie is van deze ontwikkelingen (welke kant gaat het op) en wat dit betekent voor instandhoudingsdoelstellingen uit Natura 2000 en de doelstellingen van de Kaderrichtlijn Water.

# 2

## De gegevens

In dit hoofdstuk wordt uiteengezet welke gegevens zijn gebruikt voor de diverse analyses en waar zij vandaan komen. In het geval van nieuwe berekeningen worden de data kort gepresenteerd.

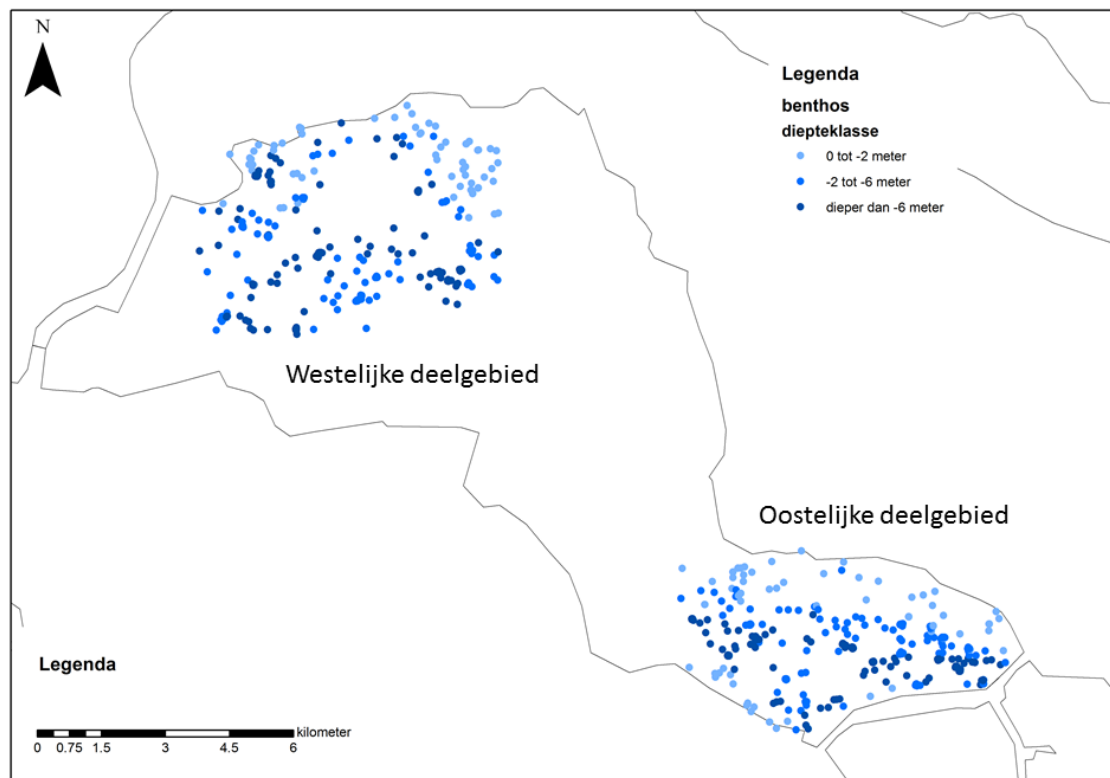
### 2.1 INFORMATIE OVER MACROBENTHOS

#### 2.1.1 BEMONSTERINGEN

De macrobenthos informatie is verzameld in het kader van het MWTL programma. De dataset is als ACCESS database aangeleverd door RWS en bevat de gegevens uit de periode 1992-2010. In het Grevelingenmeer worden twee deelgebieden en drie dieptestrata onderscheiden. De deelgebieden zijn het oostelijke en westelijke deelgebied. De dieptestrata zijn:

- Minder diep dan -2 meter
- Tussen -2 meter en -6 meter
- Dieper dan -6 meter

Sinds het najaar van 1994 worden in ieder deelgebied en ieder dieptestratum jaarlijks telkens tien bemonsteringen uitgevoerd. Figuur 2 laat de ligging van de punten in de deelgebieden en per diepteklasse zien.



Figuur 2: Ligging van de macrobenthos bemonsteringspunten in de periode 1992-2010, per diepteklasse en deelgebied.

### 2.1.2 BIOMASSA EN DICHTHEID

Biomassa en dichtheid zijn per monsterpunt berekend uit de geleverde database. Deze gegevens zijn gelijk aan de informatie zoals gepresenteerd in het Grevelingen rapport (Wetsteijn, 2011).

### 2.1.3 AANTAL SOORTEN

Aantal soorten zijn op gebiedsniveau (per deelgebied, diepteklasse en seizoen) berekend uit de geleverde database. Voor de berekening van het aantal soorten is gebruik gemaakt van de informatie van soorten tot op soortsniveau gedetermineerd. Wanneer organismen tot op geslachtsniveau is gedetermineerd, en niet tot op soortsniveau, zijn ze als groep soorten wel meegenomen.

Bijvoorbeeld:

- Van het geslacht *Nereis* komen *Nereis diversicolor*, *Nereis longissima*, *Nereis succinea* en *Nereis virens* voor. In dat geval zijn de gegevens van de organismen waarvan de determinatie niet verder is gegaan dan *Nereis* niet in de analyse meegenomen.
- In geval van de soort *Amphitrite* heeft geen determinatie tot op soortsniveau plaats gevonden, deze soort is als *Amphitrite spec* meegenomen in de analyse.

Door deze aanpak kunnen de aantallen afwijken van de gegevens zoals gepresenteerd in het Grevelingen rapport (Wetsteijn, 2011).

## 2.1.4 SIMILARITY INDEX

Als maat voor de diversiteit van soorten is de Shannon-Wiener index gebruikt. Deze is berekend uit de dataset zoals aangeleverd door Rijkswaterstaat. Daarbij is de volgende vergelijking gehanteerd:

$$H' = \sum_{i=1}^s p_i \ln p_i$$

waarin

$H'$  = Shannon-Wiener index

$S$  = aantal soorten

$N$  = totaal aantal individuen

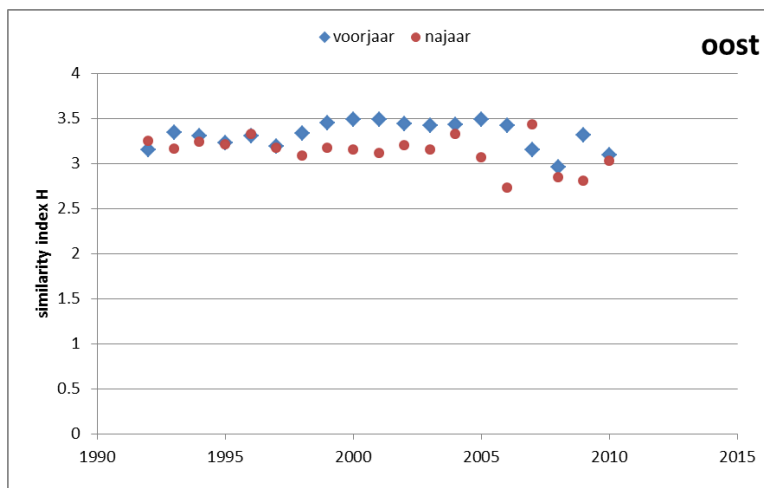
$P_i$  = het relatieve voorkomen van soort  $i$  ten opzichte van het totaal aantal individuen ( $\frac{n_i}{N}$ )

Voor de berekening van de Shannon-Wiener index is wederom gebruik gemaakt van de informatie van soorten tot op soortsniveau gedetermineerd. Wanneer organismen tot op geslachtsniveau is gedetermineerd, en niet tot op soortsniveau, zijn ze als groep soorten wel meegenomen (zie voorbeeld bij aantal soorten in de vorige paragraaf).

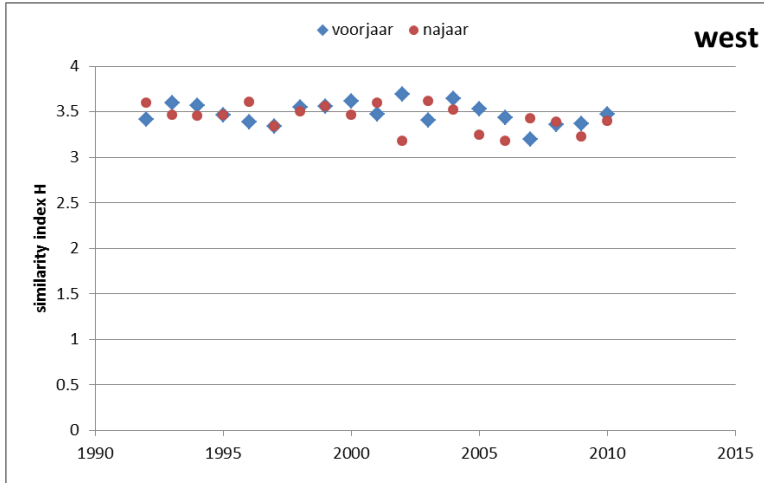
Voor de zo ontstane dataset is de similarity index op oostelijk en westelijk niveau berekend, en per diepteklasse in deze deel gebieden.

### 2.1.4.1 OOSTELIJKE EN WESTELIJKE PLOT

De similarity index van jaar tot jaar, voor voorjaar en najaar, in het oostelijke en westelijke plot is te vinden in Figuur 3 en Figuur 4. Het gemiddelde in het oostelijke plot is 3.3 en 3.1 in respectievelijk voorjaar en najaar. In het westelijke plot is het gemiddelde 3.5 en 3.4 in respectievelijke voor- en najaar.



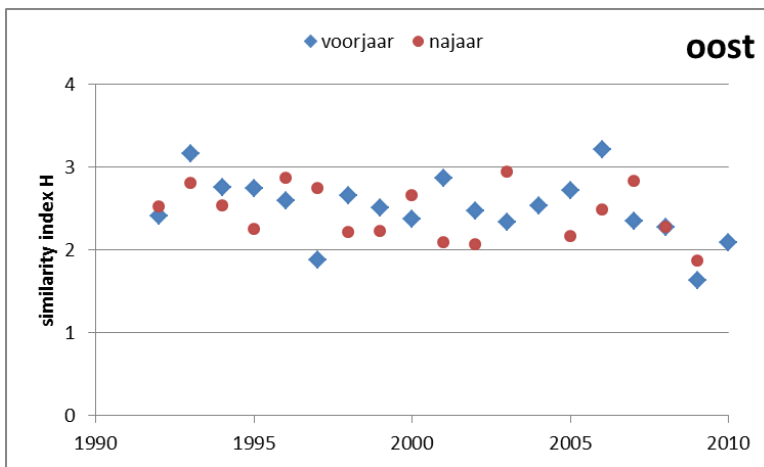
Figuur 3: Similarity index op het oostelijke plot.



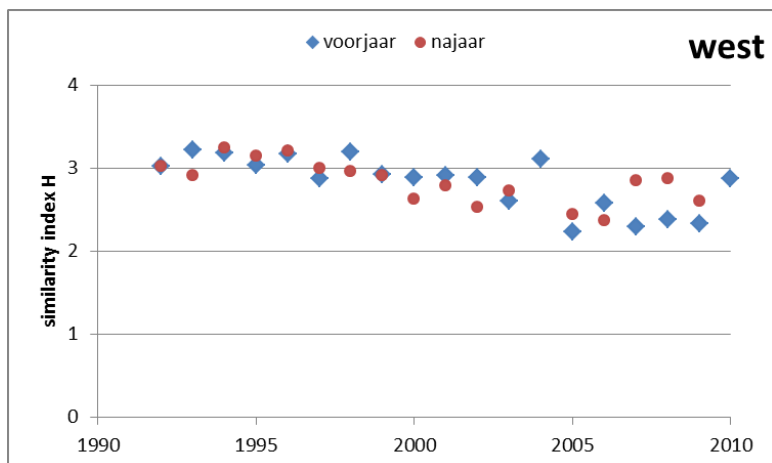
Figuur 4: Similarity index op het westelijke plot.

### 2.1.4.2 DIEPTEKLASSE TOT -2 METER

De similarity index van jaar tot jaar, voor voorjaar en najaar, in het oostelijke en westelijke plot op een diepte tot -2 meter is te vinden in Figuur 5 en Figuur 6. Het gemiddelde in het oostelijke plot is 2.5 en 2.4 in respectievelijk voorjaar en najaar. In het westelijke plot is het gemiddelde 2.8 in zowel voor- als najaar.



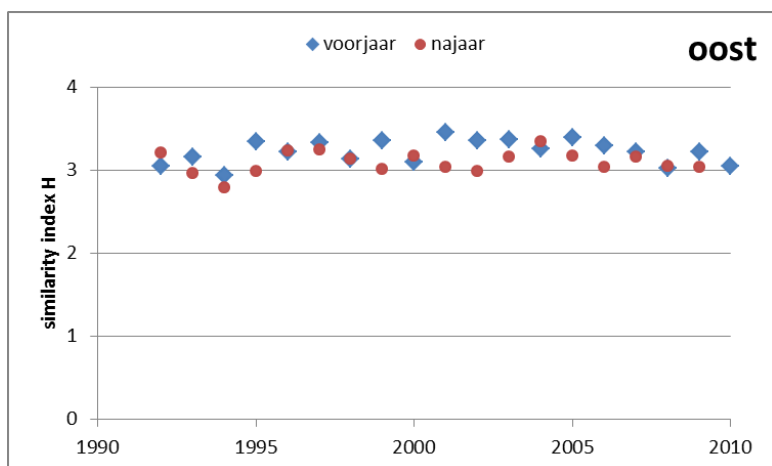
Figuur 5: Similarity index op het oostelijke plot op een diepte tot -2 meter.



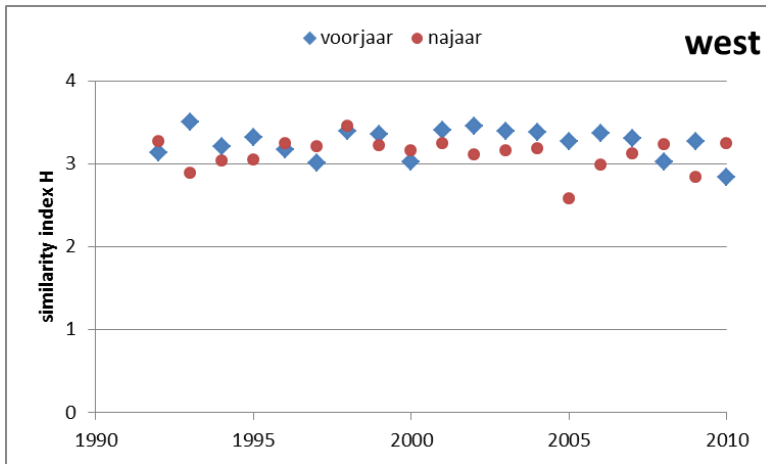
Figuur 6: Similarity index op het westelijke plot op een diepte tot -2 meter.

### 2.1.4.3 DIEPTEKLASSE TUSSEN DE -2 METER EN -6 METER

De similarity index van jaar tot jaar, voor voorjaar en najaar, op een diepte tussen de -2 meter en -6 meter in het oostelijke en westelijke plot is te vinden in Figuur 7 en Figuur 8. Het gemiddelde in het oostelijke plot is 3.2 en 3.1 in respectievelijk voorjaar en najaar. In het westelijke plot is het gemiddelde 3.3 en 3.1 in respectievelijke voor- en najaar.



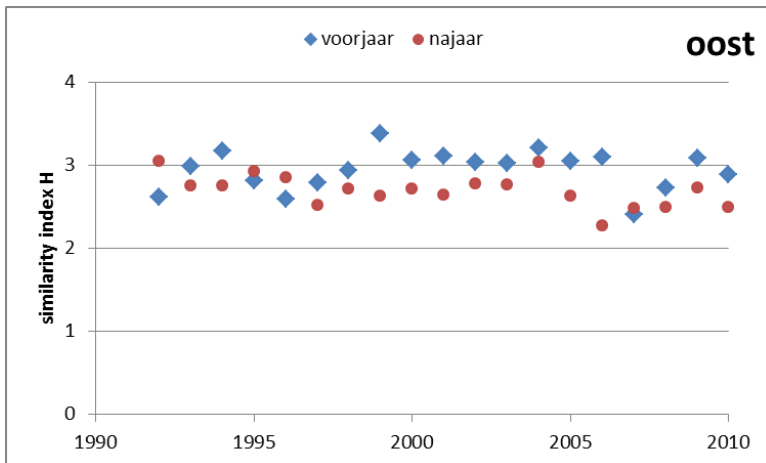
Figuur 7: Similarity index op het oostelijke plot op een diepte tussen -2 en -6 meter.



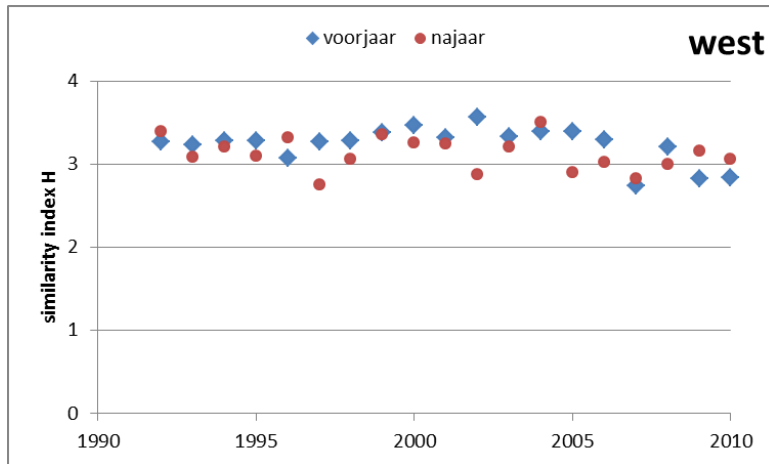
Figuur 8: Similarity index op het westelijke plot op een diepte tussen -2 en -6 meter.

#### 2.1.4.4 DIEPTEKLASSE DIEPER DAN -6 METER

De similarity index van jaar tot jaar, voor voorjaar en najaar, op een diepte dieper dan -6 meter in het oostelijke en westelijke plot is te vinden in Figuur 9 en Figuur 10. Het gemiddelde in het oostelijke plot is 2.9 en 2.7 in respectievelijk voorjaar en najaar. In het westelijke plot is het gemiddelde 3.2 en 3.1 in respectievelijke voor- en najaar.



Figuur 9: Similarity index op het oostelijke plot op een diepte dieper dan -6 meter.



Figuur 10: Similarity index op het westelijke plot op een diepte dieper dan -6 meter.

## 2.2 (A)BIOTISCHE PARAMETERS

In deze studie worden verschillende abiotische parameters gebruikt.

- Inlaatdebiet Brouwersdam
- Verversingstijd Grevelingenmeer

Deze beide parameters zijn door Rijkswaterstaat berekend voor de periode 1992-2008 en aangeleverd.

- Saliniteit
- Zuurstofconcentratie
- Chlorofyl-a concentratie
- Zwevend stof
- Doorzicht
- Watertemperatuur

Deze zes parameters zijn door Rijkswaterstaat aangeleverd voor het meetpunt Dreischor. De informatie is beschikbaar voor de periode 1992-2008

- Instraling
- Windsnelheid

De informatie over deze twee parameters is gedownload van [www.knmi.nl](http://www.knmi.nl) voor het meetpunt Wilhelminadorp, waarna het jaargemiddelde is berekend.

## 2.3 BEGGIATOA

De XY coördinaten van de bemonsteringspunten voor *Beggiatoa* zijn door Rijkswaterstaat aangeleverd. De drie rapporten van Bureau Waardenburg bevatten de gevonden bedekking met *Beggiatoa* per monitoring punt. De rapportages zijn:

- De verspreiding van witte bacteriematten en schade aan het bodemleven in het Grevelingenmeer (Lengkeek, et al., 2010)
- De verspreiding van witte bacteriematten en schade aan het bodemleven in het Grevelingenmeer II (Lengkeek & Bouma, 2011)
- De verspreiding van witte bacteriematten en schade aan het bodemleven in het Grevelingenmeer III (Didderen, et al., 2013)



## 3

## Analyse van de tijdseries

In dit hoofdstuk worden de tijdseries van macrobenthos geanalyseerd op een significante verandering. Er is gekeken naar de trend in totale biomassa, biomassa zonder muiltes en oesters, dichtheid, aantal soorten en biodiversiteit. Hierbij is onderscheid gemaakt tussen het westelijke en oostelijke plot, en de drie diepteklassen. Significante trends zijn gepresenteerd.

## 3.1 INLEIDING

Een tijdserie analyse is de analyse van gegevens die verzameld zijn in de loop van een bepaalde periode en worden vaak gebruikt om met behulp van een model een goede voorspelling te geven. Tijdreeksgegevens hebben een natuurlijke tijdsordening. Dit onderscheidt tijdserie analyse van andere gemeenschappelijke data-analyse problemen, waarbij er geen natuurlijke ordening van de waarnemingen is.

In deze analyses is bewust voor de analyse van een lineaire trend gekozen. Het gaat immers om de vraag of er daling van biologische variabelen is opgetreden of niet in de afgelopen jaren, en niet of er niet-lineaire trend (bijvoorbeeld een sinusachtige vorm) wordt gevonden.

## 3.2 METHODIEK

## 3.2.1 AUTOCORRELATIE

Als eerste stap in de tijdserie analyse is gekeken of de data autocorrelatie vertonen. Hiertoe is de autocorrelatie functie (ACF) bekeken, en de partiële autocorrelatie functie (PACF).

**Auto-correlatie functie (ACF):** De autocorrelatie van een reeks wordt op dezelfde manier berekend als de 'gewone' correlatie tussen twee variabelen  $X$  en  $Y$ . De autocorrelatie is positief als er steeds een aantal opeenvolgende waarnemingen hetzij positief, hetzij negatief afwijkt van de trendlijn. De autocorrelatie is negatief als positieve en negatieve afwijkingen elkaar telkens afwisselen. Wanneer de autocorrelatie wordt berekend van een variabele op twee opeenvolgende tijdstippen, spreekt men van een vertragsingsfactor één ( $\text{lag} = 1$ ). Uiteraard kan ook autocorrelatie voorkomen tussen waarden die meer dan één tijdseenheid uit elkaar liggen. Zo is de autocorrelatie voor ieder gewenst tijdsinterval te berekenen ( $\text{lag} = 2, 3, \dots, k$ ). Het uitzetten van de autocorrelatie tegen het aantal lags in een grafiek of tabel biedt een belangrijk instrument voor de beoordeling van tijdreeksen. Dit wordt de autocorrelatie functie genoemd.

**Partiële autocorrelatie functie (PACF):** Behalve de 'gewone' autocorrelatie functie speelt ook de zogenaamde *partiële* autocorrelatie functie een belangrijke rol in tijdreeksanalyse. De partiële autocorrelatie-coëfficiënt is een maat voor samenhang tussen  $Y_t$  en  $Y_{t-k}$ , waarbij gecorrigeerd is voor de correlatie van  $Y_t$  met tussenliggende waarnemingen

minder dan  $k$  lags terug in de tijd (dus:  $Y_{t-1}, Y_{t-2}, \dots, Y_{t-k}$ ). Grafisch wordt de PACF weergegeven als de partiële autocorrelatie-coëfficiënt uitgezet tegen het aantal lags.

De autocorrelatie en partiële autocorrelatie functie zijn bepaald met behulp van het programma R. Per variabele is gekeken of de (partiële) autocorrelatie significant is of niet.

### 3.2.2 ANALYSE VAN DATA ZONDER (PARTIELE) AUTOCORRELATIE

Wanneer er geen sprake is van (partiële) autocorrelatie zijn de data van jaar tot jaar als onafhankelijke punten beschouwd. Met een Spearman rangcorrelatie is gekeken of er sprake is van een significante daling of stijging van de biologische variabele. Spearman's test gaat niet uit van de data zelf, maar het rangnummers van de data. De test is een verdelingsvrije test, wat betekent dat er geen onderliggende verdeling van de residuen wordt verondersteld. De analyse is uitgevoerd met behulp van R.

### 3.2.3 ANALYSE VAN DATA MET (PARTIELE) AUTOCORRELATIE

In geval van (partiële) autocorrelatie zijn de data niet in de tijd onafhankelijk. Bij deze modellen wordt rekening gehouden met de autoregressie en het voortschrijdende gemiddelde. Voor de analyse is in het geval van autocorrelatie gebruik gemaakt van een ARIMA model in R.

## 3.3 (PARTIELE) AUTOCORRELATIE FUNCTIES

### 3.3.1 DICHTHEID

Wanneer alle gevonden soorten in de dichtheid ( $\#/m^2$ ) worden meegenomen is er geen enkele situatie waar autocorrelatie optreedt. Voor dichtheid wordt de data in de tijdreeksanalyse als onafhankelijk van elkaar beschouwd.

### 3.3.2 TOTALE BIOMASSA

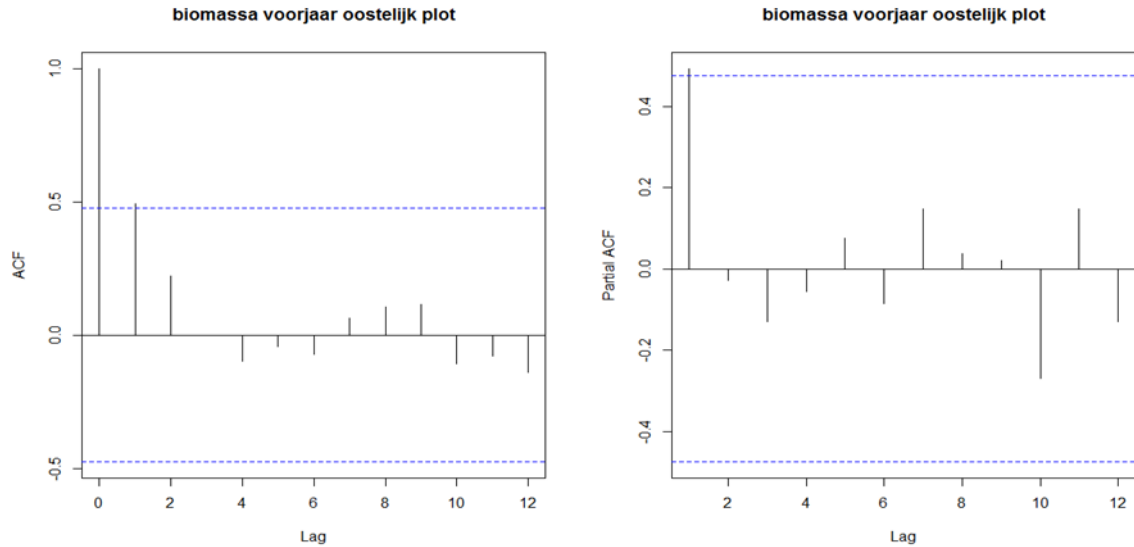
Wanneer de autocorrelatie in de totale biomassa wordt onderzocht zijn er een aantal combinaties waarbij autocorrelatie optreedt. Tabel 1 laat deze zien.

Tabel 1: Gevonden autocorrelaties bij biomassa

	voorjaar	Najaar
Westelijk deel		
Alle dieptes	Nee	Nee
0-2 meter	Nee	Nee
2-6 meter	nee	Nee
6-45 meter	Nee	Nee
Oostelijk deel		
Alle dieptes	Ja, zie paragraaf 3.3.2.1	Ja, zie paragraaf 3.3.2.2
0-2 meter	Nee	Nee
2-6 meter	Nee	Ja, zie paragraaf 3.3.2.3
6-45 meter	Nee	Nee

### 3.3.2.1 BIOMASSA IN HET VOORJAAR OP HET OOSTELIJKE PLOT

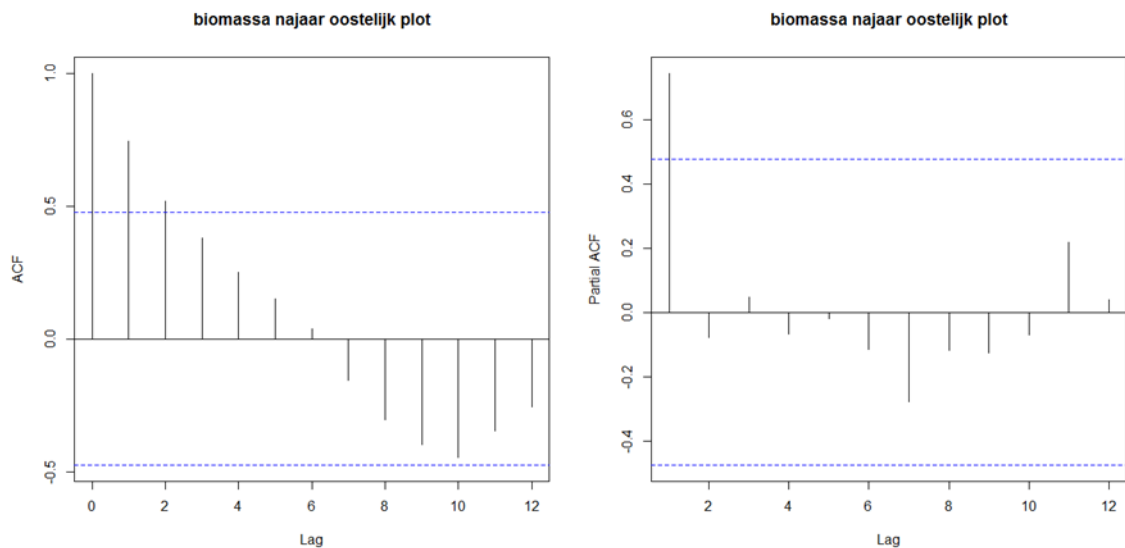
De biomassa in het voorjaar in het oostelijke plot, gemiddeld over alle dieptes, vertoont autocorrelatie in de eerste lag. Figuur 11 laat de autocorrelatie en partiële autocorrelatie zien.



Figuur 11: ACF en PACF van biomassa in het voorjaar in het oostelijke plot

### 3.3.2.2 BIOMASSA IN HET NAJAAR OP HET OOSTELIJKE PLOT

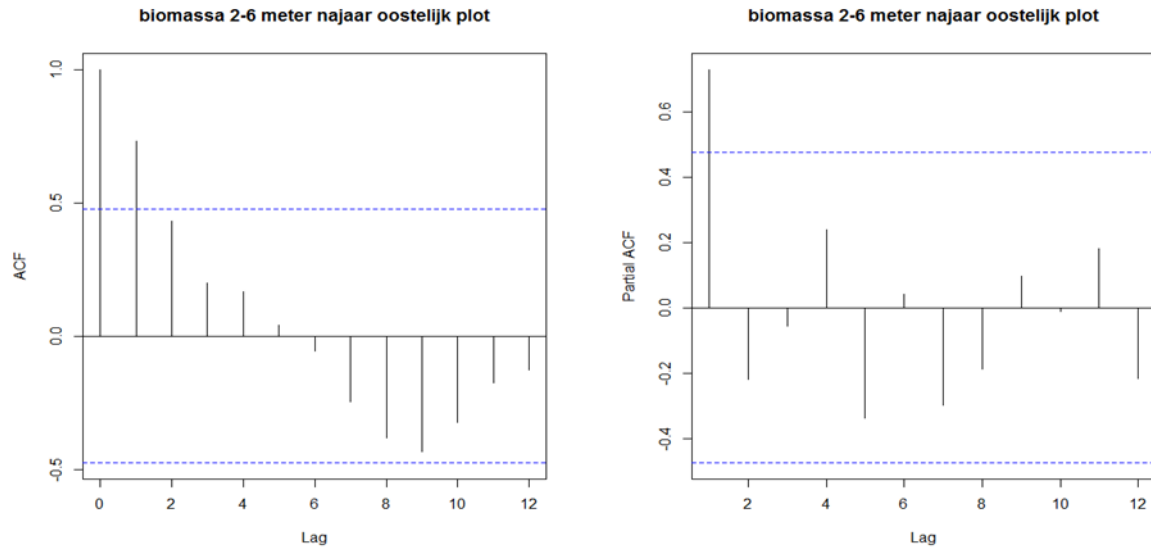
De biomassa in het najaar in het oostelijke plot, gemiddeld over alle dieptes, vertoont autocorrelatie in de eerste en tweede lag. Figuur 12 laat de autocorrelatie en partiële autocorrelatie zien.



Figuur 12: ACF en pACF van biomassa in het najaar in het oostelijke plot

### 3.3.2.3 BIOMASSA 2-6 METER NAJAAR OOSTELIJK PLOT

De biomassa in het najaar in het oostelijke plot, op een diepte tussen de twee en zes meter, vertoont autocorrelatie in de eerste lag. Figuur 12 laat de autocorrelatie en partiële autocorrelatie zien.



Figuur 13: ACF en pACF van biomassa in het voorjaar in het oostelijke plot op een diepte tussen de 2 en 6 meter

### 3.3.3 BIOMASSA ZONDER CREPIDULA EN CRASSOSTREA

Omdat op sommige punten een groot deel van de biomassa wordt bepaald door het muiltje *Crepidula fornicata* en *Crassostrea gigas*. Daarom is ook een analyse zonder deze twee soorten op de biomassa gedaan.

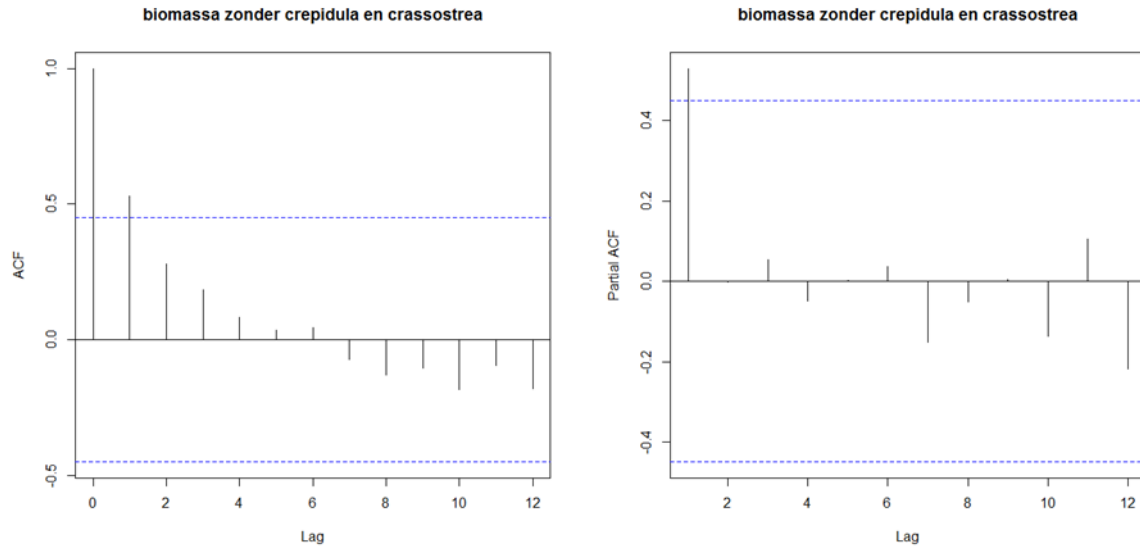
Tabel 2 laat zien welke data autocorrelatie vertoonden en welke niet.

Tabel 2: Gevonden autocorrelaties bij biomassa zonder *Crepidula* en *Crassostrea*

	voorjaar	Najaar
Westelijk deel		
Alle dieptes	Ja, zie paragraaf 3.3.3.1	Ja, zie paragraaf 3.3.3.2
0-2 meter	Ja, zie paragraaf 3.3.3.3	Ja, zie paragraaf 3.3.3.4
2-6 meter	Ja, zie paragraaf 3.3.3.5	Nee
6-45 meter	nee	Ja, zie paragraaf 3.3.3.6
Oostelijk deel		
Alle dieptes	Nee	Nee
0-2 meter	Nee	Nee
2-6 meter	nee	Nee
6-45 meter	nee	Nee

### 3.3.3.1 VOORJAAR WEST ALLE DIEPTES

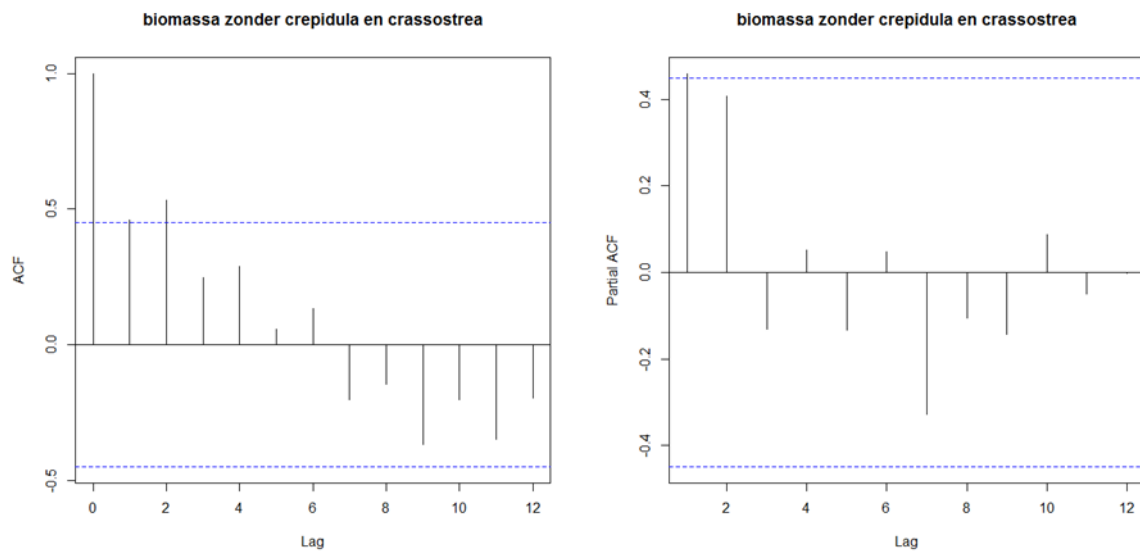
De biomassa in het voorjaar in het westelijke plot vertoont autocorrelatie in de eerste lag. Figuur 14 laat de autocorrelatie en partiële autocorrelatie zien.



Figuur 14: ACF en PACF van biomassa in het voorjaar in het westelijke plot

### 3.3.3.2 NAJAAR WEST ALLE DIEPTES

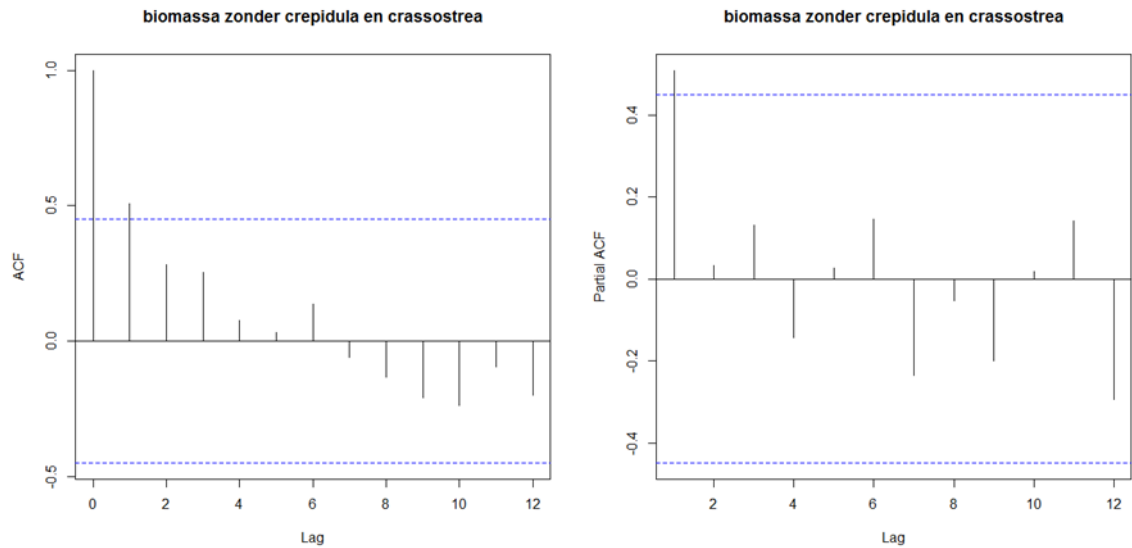
De biomassa in het najaar in het westelijke plot vertoont autocorrelatie in de eerste en tweede lag. Figuur 15 laat de autocorrelatie en partiële autocorrelatie zien.



Figuur 15: ACF en PACF van biomassa in het najaar in het westelijke plot

### 3.3.3.3 VOORJAAR WEST DIEPTEKLASSE 0-2 M

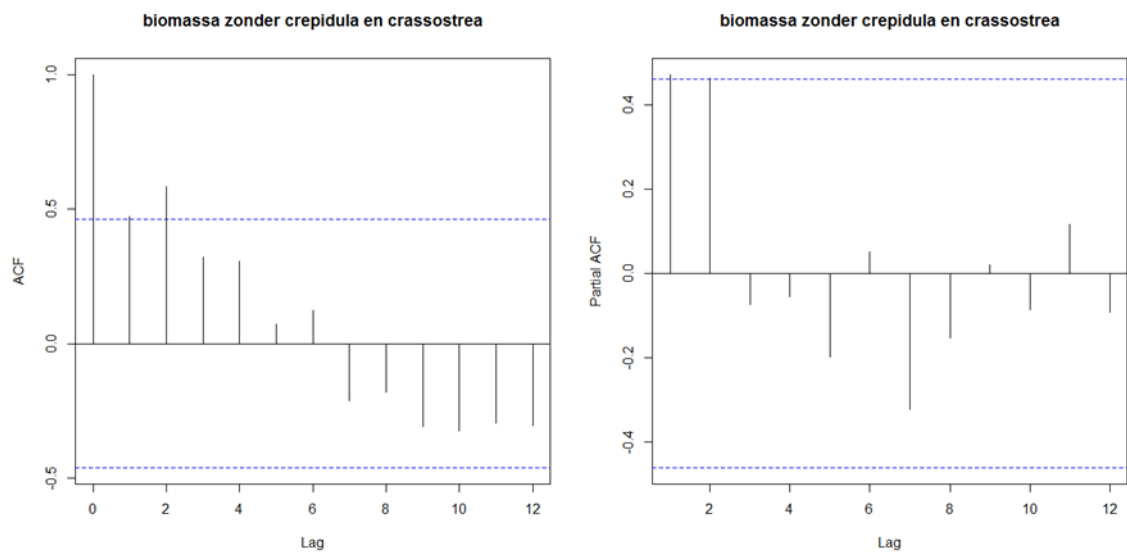
De biomassa zonder muiltjes en oesters vertoont in het voorjaar in het westen in de meest ondiepe diepteklasse autocorrelatie in de eerste lag. Figuur 16 laat AFC en PACF zien.



Figuur 16: ACF en PACF van biomassa in het voorjaar in het westelijke plot

### 3.3.3.4 NAJAAR WEST DIEPTEKLASSE 0-2 METER

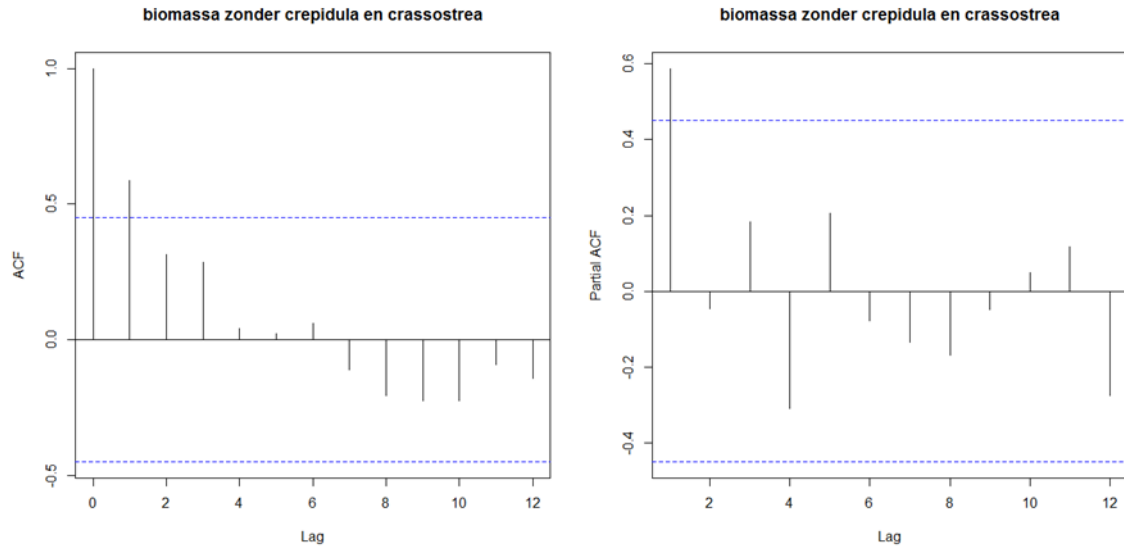
De biomassa zonder muiltjes en oesters vertoont in het najaar in het westen in de meest ondiepe diepteklasse ook autocorrelatie, maar in de tweede lag. Figuur 17 laat AFC en PACF zien.



Figuur 17: ACF en PACF van biomassa in het najaar in het westelijke plot

### 3.3.3.5 VOORJAAR WEST DIEPTEKLASSE 2-6 METER

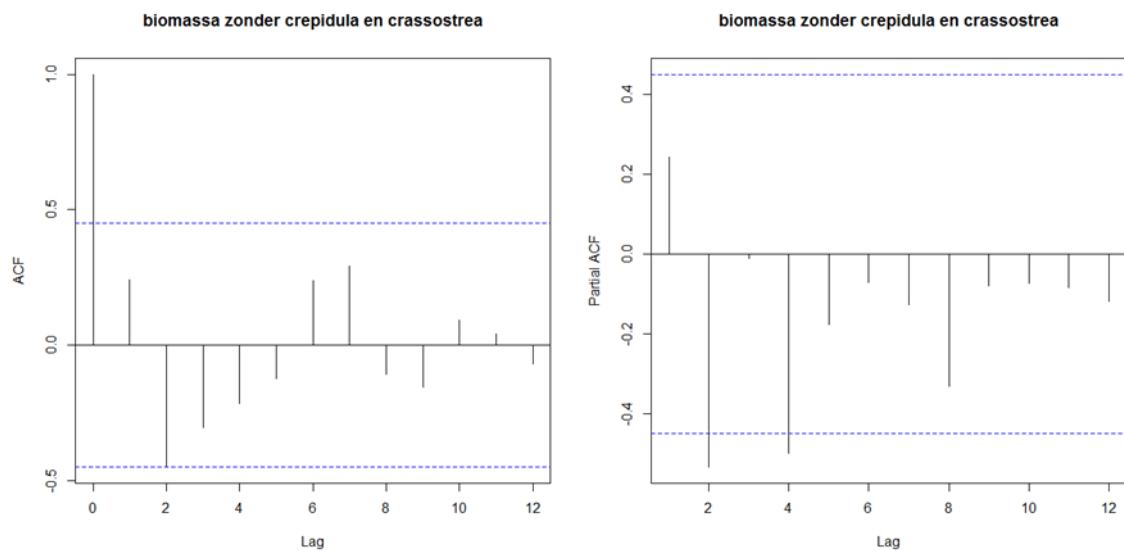
De biomassa zonder muiltjes en oesters vertoont in het voorjaar in het westen in de diepteklasse tussen twee en zes meter autocorrelatie in de eerste lag. Figuur 18 laat AFC en PACF zien.



Figuur 18: ACF en PACF van biomassa in het voorjaar in het westelijke plot

### 3.3.3.6 NAJAAR WEST DIEPTEKLASSE 6-45

De biomassa zonder muiltjes en oesters vertoont in het najaar in het westen in de diepste diepteklasse partiële autocorrelatie in de tweede en vierde lag. Figuur 19 laat AFC en PACF zien.



Figuur 19: ACF en PACF van biomassa in het najaar in het westelijke plot

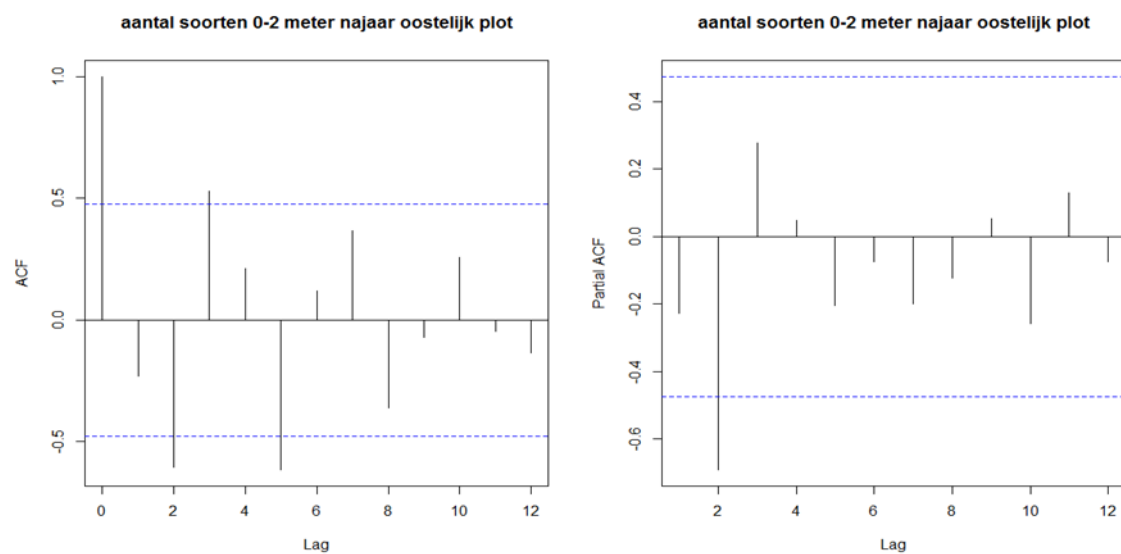
### 3.3.4 AANTAL SOORTEN

#### 3.3.4.1 GEVONDEN AUTOCORRELATIE

Alleen het aantal soorten in het najaar in de diepteklasse tussen 0 en 2 meter vertoonde autocorrelatie, alle overige situaties niet. De autocorrelatie plots worden in de volgende paragraaf gepresenteerd.

#### 3.3.4.2 AANTAL SOORTEN DIEPTE 0-2 METER NAJAAR OOSTELIJK PLOT

Het aantal soorten in het najaar in het oostelijke plot, op een diepte tussen de nul en twee meter, vertoont autocorrelatie in de tweede en derde lag, en een partiële autocorrelatie in de tweede lag. Figuur 12 laat de autocorrelatie en partiële autocorrelatie zien.



Figuur 20: ACF en pACF van het aantal soorten in het najaar in het oostelijke plot op een diepte tussen de 0 en 2 meter

### 3.3.5 SIMILARITY INDEX

De similarity index was in twee gevallen niet onafhankelijk tussen de jaren, Tabel 3 laat dit zien.

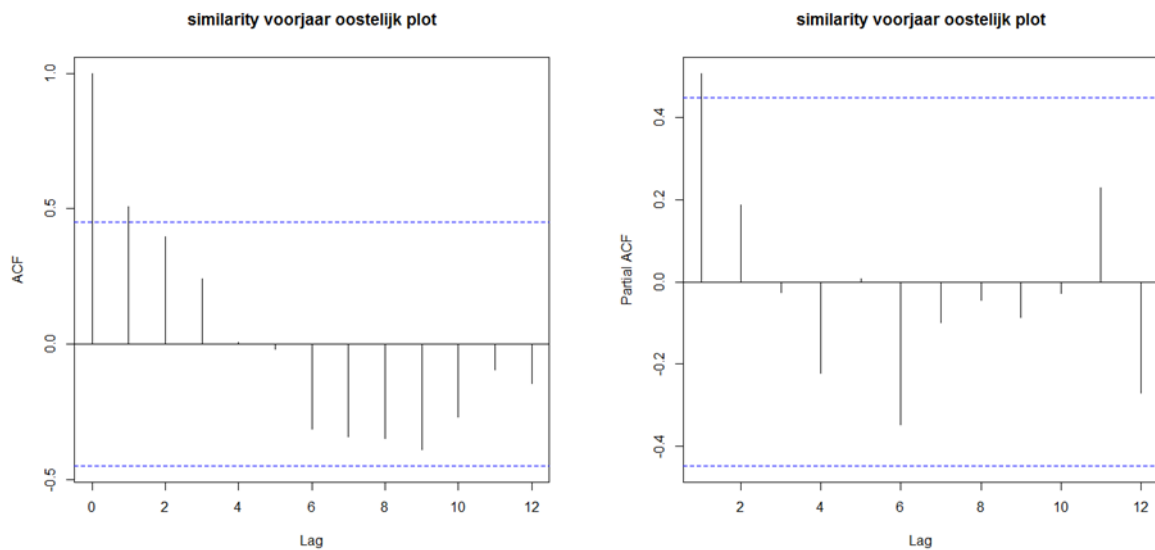
Tabel 3: Gevonden autocorrelaties bij de similarity index.



	Voorjaar	najaar
Westelijk deel		
Alle dieptes	Nee	Nee
0-2 meter	Nee	Nee
2-6 meter	Nee	Nee
6-45 meter	Nee	Nee
Oostelijk deel		
Alle dieptes	Ja, zie paragraaf 3.3.5.1	Nee
0-2 meter	Nee	Nee
2-6 meter	Ja, zie paragraaf 3.3.5.1	Nee
6-45 meter	Nee	Nee

### 3.3.5.1 OOSTELIJK DEEL VOORJAAR

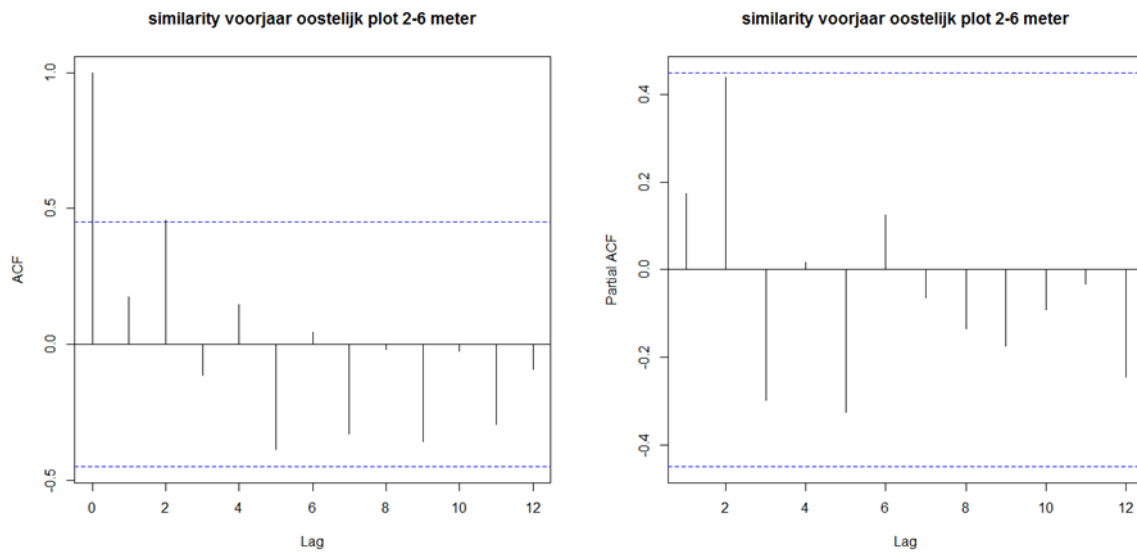
Er is in de eerste lag autocorrelatie voor de similarity index in het voorjaar in het oostelijk plot. Figuur 21 laat de autocorrelatie en de partiële autocorrelatie zien.



Figuur 21: ACF en pACF van de similarity index in het oostelijke plot in het voorjaar.

### 3.3.5.2 OOSTELIJK DEEL VOORJAAR OP EEN DIEPTE TUSSEN DE 2 EN 6 METER

In de dieptezone tussen de 2 en 6 meter diepte in het voorjaar in het oostelijk plot laat de autocorrelatie functie een autocorrelatie in de tweede lag zien.



Figuur 22: ACF en pACF van de similarity index in het oostelijke plot tussen de 2 en 6 meter diepte in het voorjaar.

### 3.4 TIJDREEKSEN

De tijdreeksanalyses zijn uitgevoerd op de data die onafhankelijk waren in de autocorrelatie analyse (paragraaf 3.3). Voor biomassa en dichtheid zijn de analyses uitgevoerd op de gegevens per monsterpunt. Voor aantal soorten en similarity index is dit gezien de aard van de informatie niet mogelijk, en is dit op gegevens per seizoen en jaar uitgevoerd.

#### 3.4.1 ONAFHANKELIJKE DATA

##### 3.4.1.1 DATA PER MONSTERPUNT

Analyses per monsterpunt zijn uitgevoerd voor de dichtheid en de biomassa. Tevens is er naar de biomassa ontwikkeling gekeken zonder de biomassa van *Crepidula* en *Crassostrea*. Tabel 4 geeft het resultaat weer. De Spearman correlatie coëfficiënten geven overal een daling. De significant dalende biologische variabelen zijn geel gekleurd. Een grijs vak geeft aan dat de data autocorrelatie vertoonde en er een ARIMA model is toegepast.

Tabel 4: Spearman correlatie coëfficiënten voor onafhankelijke dat; gele vakken geven een significantie daling aan, grijze vakken geven aan dat deze data niet onafhankelijk waren.

Variabele	dichtheid	biomassa	Biomassa zonder <i>Crassostrea</i> en <i>Crepidula</i>
Voorjaar westelijk deel	-0.296	-0.278	
Najaar westelijk deel	-0.238	-0.285	
Voorjaar oostelijk deel	-0.135		-0.202
najaar oostelijk deel	-0.141		-0.218
Diepte tot 2 meter voorjaar oostelijk deel	-0.263	-0.290	-0.189
Diepte tot 2 meter voorjaar westelijk deel	-0.356	-0.365	
Diepte tot 2 meter najaar oostelijk deel	-0.193	-0.177	-0.181
Diepte tot 2 meter najaar westelijk deel	-0.320	-0.344	
Diepte 2 tot 6 meter voorjaar oostelijk deel	-0.017	-0.100	-0.210
Diepte 2 tot 6 meter voorjaar westelijk deel	-0.152	-0.215	
Diepte 2 tot 6 meter najaar oostelijk deel	-0.152		-0.209
Diepte 2 tot 6 meter najaar westelijk deel	-0.276	-0.317	-0.386
Diepte vanaf 6 meter voorjaar oostelijk deel	-0.119	-0.155	-0.180
Diepte vanaf 6 meter voorjaar westelijk deel	-0.286	-0.212	-0.166
Diepte vanaf 6 meter najaar oostelijk deel	-0.113	-0.139	-0.214
Diepte vanaf 6 meter najaar westelijk deel	-0.209	-0.207	

### 3.4.1.2 DATA PER JAAR EN SEIZOEN

De aantallen soorten in een gebied en de similarity index in een gebied zijn op het niveau van het geselecteerde gebied geanalyseerd. Tabel 5 geeft het resultaat weer. De Spearman correlatie coëfficiënten geven overal een daling. De significant dalende biologische variabelen zijn geel gekleurd. Een grijs vak geeft aan dat de data autocorrelatie vertoonden en er een ARIMA model is toegepast.

Tabel 5: Spearman correlatie coëfficiënten voor onafhankelijke dat; gele vakken geven een significantie daling aan, grijze vakken geven aan dat deze data niet onafhankelijk waren.

Variabele	Aantal soorten	Similarity
Voorjaar westelijk deel	0.176	-0.254
Najaar westelijk deel	-0.082	-0.871
Voorjaar oostelijk deel	0.236	
najaar oostelijk deel	-0.240	-0.851
Diepte tot 2 meter voorjaar oostelijk deel	0.092	-0.439
Diepte tot 2 meter voorjaar westelijk deel	-0.635	-0.767
Diepte tot 2 meter najaar oostelijk deel		-0.092
Diepte tot 2 meter najaar westelijk deel	-0.250	-0.450
Diepte 2 tot 6 meter voorjaar oostelijk deel	0.236	
Diepte 2 tot 6 meter voorjaar westelijk deel	0.071	-0.133
Diepte 2 tot 6 meter najaar oostelijk deel	-0.326	0.260
Diepte 2 tot 6 meter najaar westelijk deel	-0.333	-0.128
Diepte vanaf 6 meter voorjaar oostelijk deel	0.229	0.101
Diepte vanaf 6 meter voorjaar westelijk deel	0.404	-0.111
Diepte vanaf 6 meter najaar oostelijk deel	-0.511	-0.579
Diepte vanaf 6 meter najaar westelijk deel	-0.180	-0.360

### 3.4.2 DATA MET AUTOCORRELATIE

#### 3.4.2.1 BIOMASSA

Er zijn drie situaties waarin de datapunten niet onafhankelijk van elkaar waren. Deze situatie zijn met een ARIMA model geanalyseerd op de trend. In een van de drie situaties werd een significant dalende trend geconstateerd, namelijk in het voorjaar in het oostelijke deel. Tabel 6 geeft de resultaten weer.

Tabel 6: Resultaat ARIMA model

Variabele	Trend
Voorjaar oostelijk plot	Significant dalende trend
Najaar oostelijk plot	Geen significante trend
Najaar oostelijk plot diepte 2-6 meter	Geen significante trend

#### 3.4.2.2 BIOMASSA ZONDER CRASSOSTREA EN CREPIDULA

Er zijn zes situaties waarin de datapunten niet onafhankelijk van elkaar waren, allen gelegen in het westelijke deel. Deze situatie zijn met een ARIMA model geanalyseerd op de trend. In een van de zes situaties werd geen significante trend geconstateerd, namelijk in het najaar in het westelijke deel, in de diepste diepte. Tabel 7 geeft de resultaten weer.

Tabel 7: Resultaat ARIMA model

Variabele	toetswaarde	p	Biomassa
Voorjaar westelijk deel	5.64	<0.001	Significant dalende trend
Najaar westelijk deel	7.92	<0.001	Significant dalende trend
voorjaar westelijke deel diepte 0-2 meter	2.38	<0.05	Significant dalende trend
Najaar westelijke deel diepte 0-2 meter	7.14	<0.001	Significant dalende trend
voorjaar westelijke deel diepte 2-6 meter	3.87	<0.001	Significant dalende trend
Najaar westelijke deel diepte 6-45 meter	1.04	>0.05	Geen significante trend

### 3.4.2.3 AANTAL SOORTEN

Het aantal soorten in het oostelijke deel op een diepte van 0 tot 2 meter was niet onafhankelijk tussen de jaren. Het ARIMA model laat in deze data een significant dalende trend zien.

### 3.4.2.4 SIMILARITY INDEX

Er zijn twee situaties waarin de datapunten niet onafhankelijk van elkaar waren. Deze situatie zijn met een ARIMA model geanalyseerd op de trend. In beide gevallen werd geen significante trend geconstateerd. Tabel 8 geeft de resultaten weer.

Tabel 8: Resultaat ARIMA model

Variabele	toetswaarde	P	Trend
Voorjaar oostelijk deel	1.33	>0.05	Significant dalende trend
Voorjaar oostelijk deel diepte 0-2 meter	0.877	>0.05	Significant dalende trend

## 3.5 PRESENTATIE VAN TRENDS

In deze paragraaf zullen alle biologische variabelen waarin een significante trend is geconstateerd in een figuur worden gepresenteerd, inclusief de trend. Daarbij wordt bepaald met hoeveel de variabele per jaar daalt, en met welk deel de variabele in de 18 jaar met meetgegevens **volgens het model** is afgenomen.

### 3.5.1 DICHTHEID

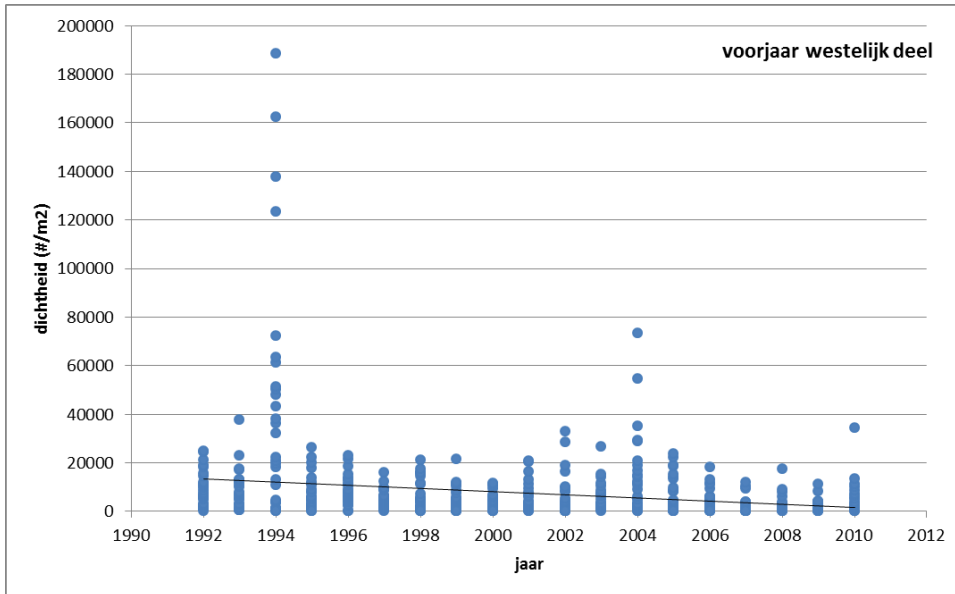
De dichtheid daalde significant in de volgende combinaties van seizoen, locatie en diepteklasse:

- Voorjaar westelijke deel, alle dieptes
- Najaar westelijke deel, alle dieptes
- Voorjaar oostelijke deel, alle dieptes
- Najaar westelijke deel, alle dieptes
- Voorjaar westelijk deel, diepte tussen de 0 en -2 meter
- Najaar westelijk deel, diepte tussen de 0 en -2 meter
- Najaar westelijk deel, diepte tussen de -2 en -6 meter
- Voorjaar westelijk deel, diepte dieper dan -6 meter

#### *Voorjaar westelijk deel, alle dieptes*

In het voorjaar in het hele westelijke deel daalt de dichtheid met 645 organismen per vierkante meter per jaar. Over een periode van 18 jaar is dit een daling met 11605 organismen per vierkante meter. In 2010 is er

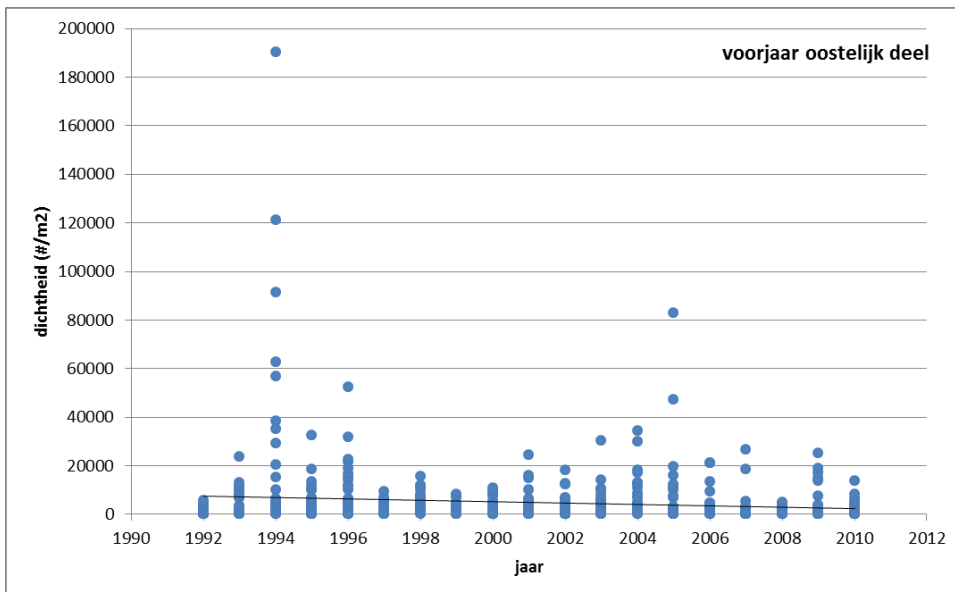
1/9 deel van de dichtheid van 1992 over. Figuur 23 laat de daling zien. De data laten uitbijters zien in de jaren 1994 en 2004. Deze zullen de trend echter niet beïnvloeden omdat de gebruikte test niet van de data zelf, maar van de rangnummers uitgaat. Daarmee is wel de ligging van de punten ten opzichte van elkaar van belang, maar niet de hoogte van de dichtheid. Deze opmerking geldt voor alle onderstaande figuren met uitbijters.



Figuur 23: Dichtheid van jaar tot jaar en de significant dalende trend

#### *Voorjaar oostelijk deel, alle dieptes*

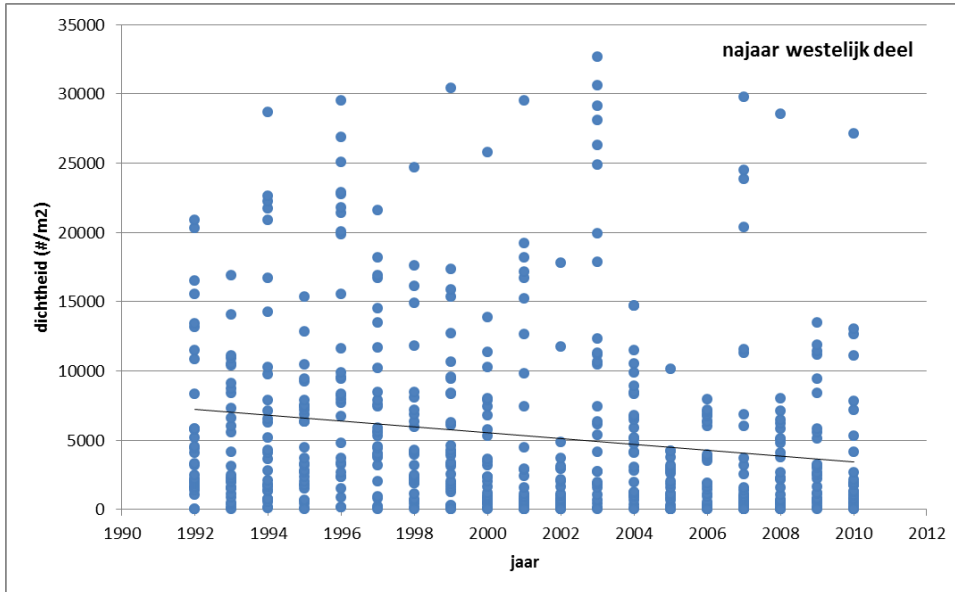
In het voorjaar in het hele oostelijke deel daalt de dichtheid met 277 organismen per vierkante meter per jaar. Over een periode van 18 jaar is dit een daling met 4990 organismen per vierkante meter. In 2010 is er 2/3 deel van de dichtheid van 1992 over. Figuur 24 laat de daling zien.



Figuur 24: Dichtheid van jaar tot jaar en de significant dalende trend

**Najaar westelijk deel, alle dieptes**

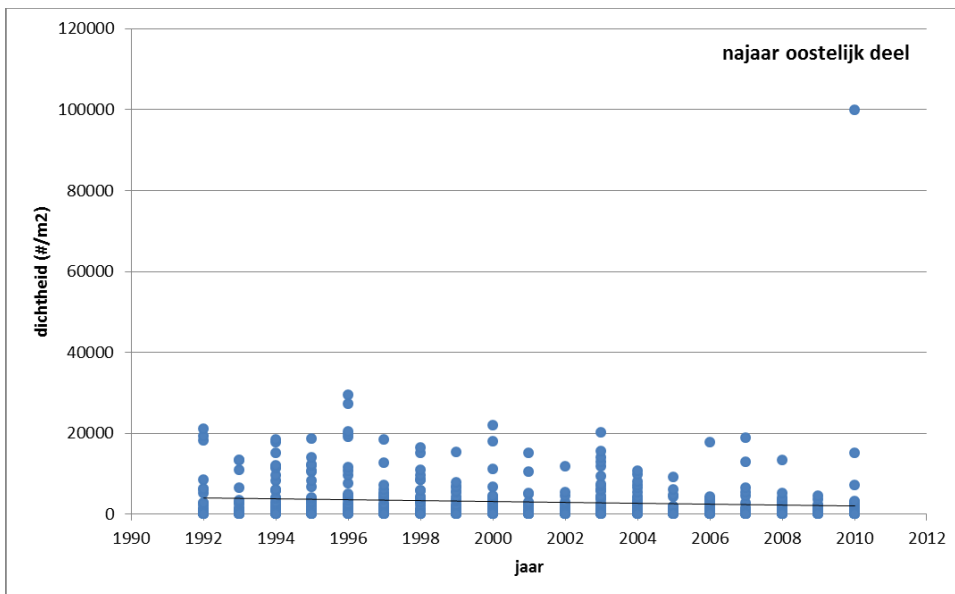
In het najaar in het hele westelijke deel daalt de dichtheid met 211 organismen per vierkante meter per jaar. Over een periode van 18 jaar is dit een daling met 3790 organismen per vierkante meter. In 2010 is er ongeveer de helft van de dichtheid van 1992 over. Figuur 25 laat de daling zien.



Figuur 25: Dichtheid van jaar tot jaar en de significant dalende trend

**Najaar oostelijk deel, alle dieptes**

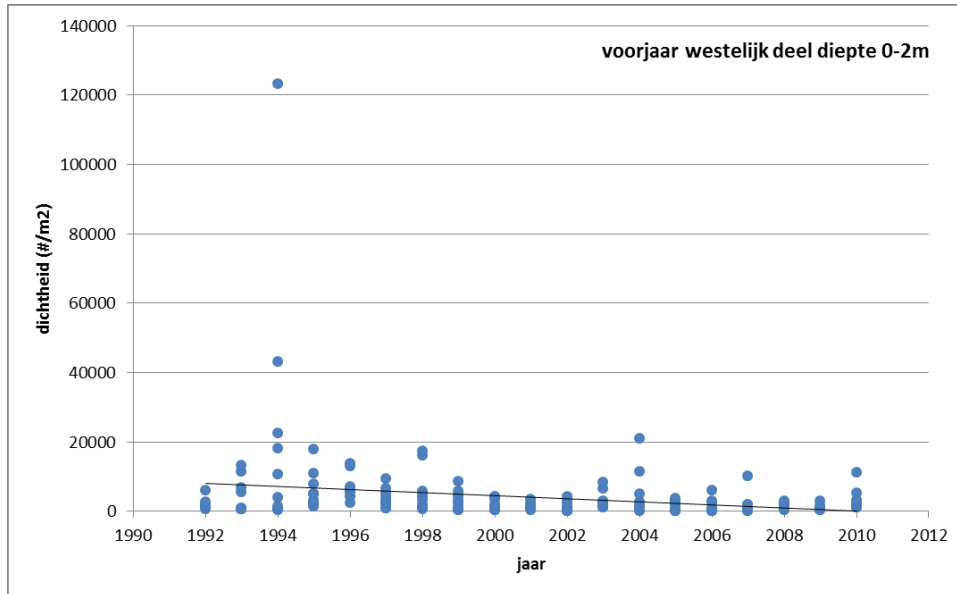
In het najaar in het hele oostelijke deel daalt de dichtheid met 110 organismen per vierkante meter per jaar. Over een periode van 18 jaar is dit een daling met 1972 organismen per vierkante meter. In 2010 is er ongeveer de helft van de dichtheid van 1992 over. Figuur 26 laat de daling zien.



Figuur 26: Dichtheid van jaar tot jaar en de significant dalende trend

**Voorjaar westelijk deel, diepte tussen de 0 en -2 meter**

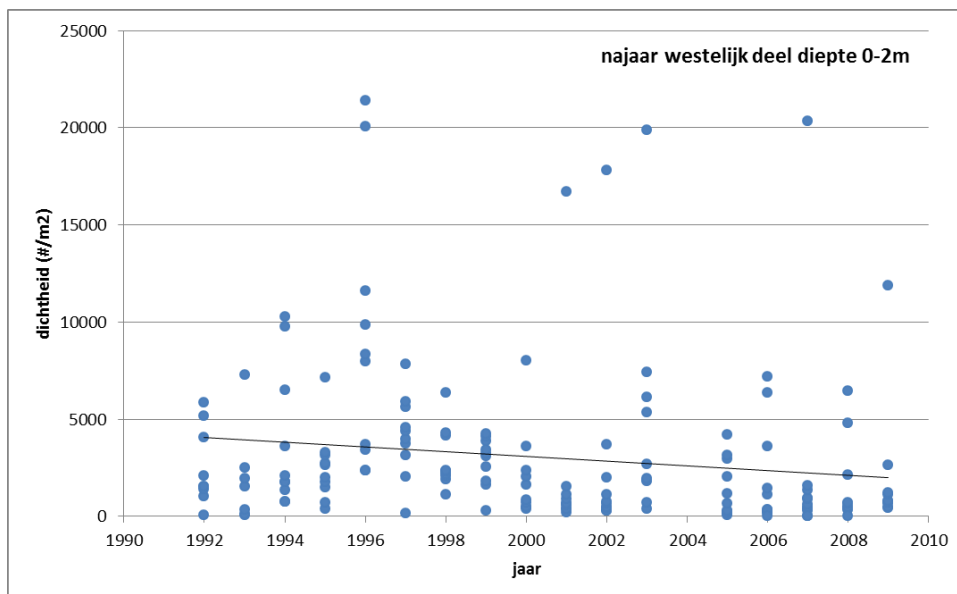
In het voorjaar in het westelijke deel tussen de 0 en -2 meter daalt de dichtheid met 443 organismen per vierkante meter per jaar. Over een periode van 18 jaar is dit een daling met 7969 organismen per vierkante meter. In 2010 is er de dichtheid erg laag en slechts 2% van wat het in 1992 was. Figuur 27 laat de daling zien.



Figuur 27: Dichtheid van jaar tot jaar en de significant dalende trend

**Najaar westelijk deel, diepte tussen de 0 en -2 meter**

In het najaar in het hele westelijke deel tussen de 0 en -2 meter daalt de dichtheid met 123 organismen per vierkante meter per jaar. Over een periode van 18 jaar is dit een daling met 2207 organismen per vierkante meter. In 2010 is er ongeveer de helft van de dichtheid van 1992 over. Figuur 28 laat de daling zien.

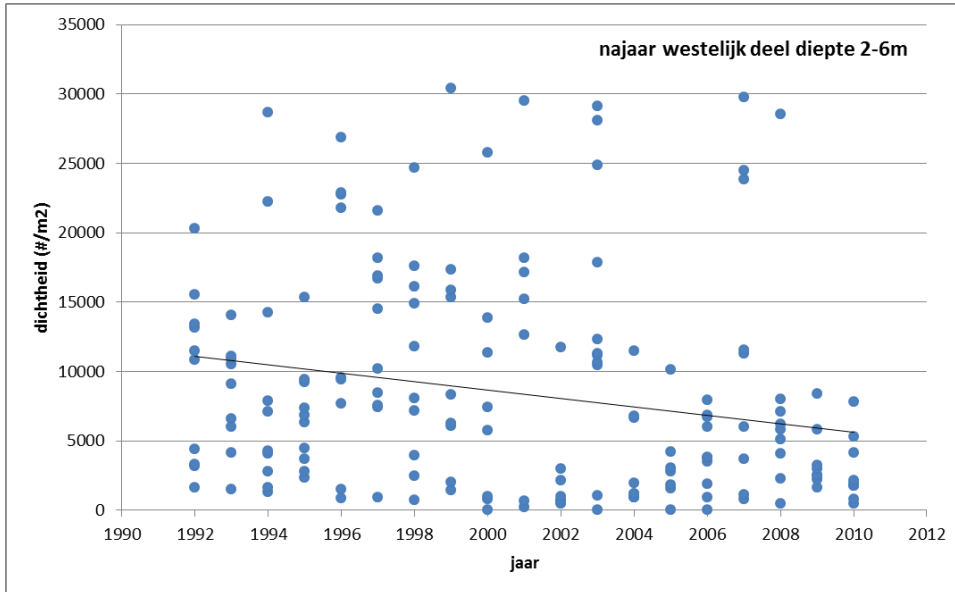


Figuur 28: Dichtheid van jaar tot jaar en de significant dalende trend



**Najaar westelijk deel, diepte tussen -2 meter en -6 meter**

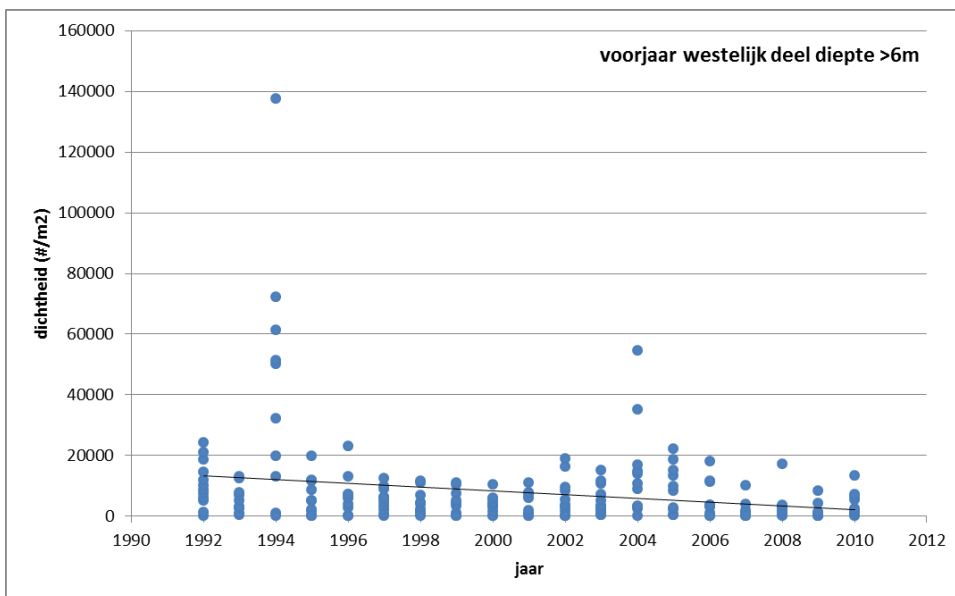
In het najaar in het westelijke deel tussen de -2 en -6 meter daalt de dichtheid met 304 organismen per vierkante meter per jaar. Over een periode van 18 jaar is dit een daling met 5476 organismen per vierkante meter. In 2010 is er ongeveer de helft van de dichtheid van 1992 over. Figuur 29 laat de daling zien.



Figuur 29: Dichtheid van jaar tot jaar en de significant dalende trend

**Voorjaar westelijk deel, dieper dan -6 meter**

In het voorjaar in het westelijke deel tussen de -6 en -45 meter daalt de dichtheid met 624 organismen per vierkante meter per jaar. Over een periode van 18 jaar is dit een daling met 11231 organismen per vierkante meter. In 2010 is er ongeveer 1/6 van de dichtheid van 1992 over. Figuur 30 laat de daling zien.



Figuur 30: Dichtheid van jaar tot jaar en de significant dalende trend

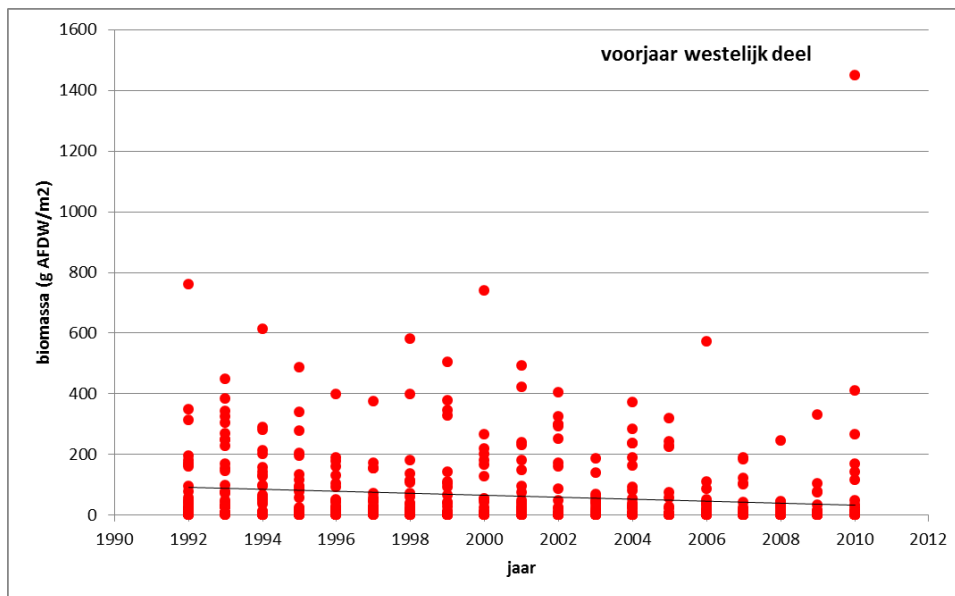
### 3.5.2 BIOMASSA

De biomassa toonde een trend bij de volgende combinaties van seizoen, locatie en diepteklasse:

- Voorjaar westelijke deel, alle dieptes
- Najaar westelijke deel, alle dieptes
- Voorjaar oostelijke deel, alle dieptes
- Voorjaar westelijk deel, diepte tussen de 0 en -2 meter
- Voorjaar oostelijk deel, diepte tussen de 0 en -2 meter
- Najaar westelijk deel, diepte tussen de 0 en -2 meter
- Najaar westelijk deel, diepte tussen de -2 en -6 meter

#### *Voorjaar westelijk deel*

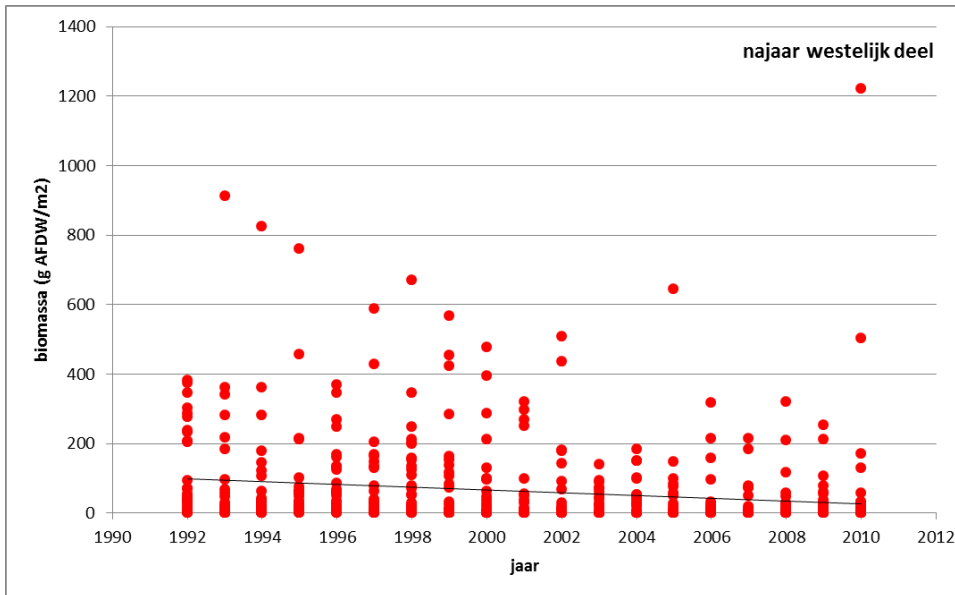
In het voorjaar in het hele westelijke deel daalt de dichtheid met 3.2 gram per vierkante meter per jaar. Over een periode van 18 jaar is dit een daling met 58 gram asvrijdrooggewicht per vierkante meter. In 2010 is er 1/3 deel van de biomassa van 1992 over. Figuur 31 laat de daling zien.



Figuur 31: Biomassa van jaar tot jaar en de significant dalende trend

#### *Najaar westelijk deel*

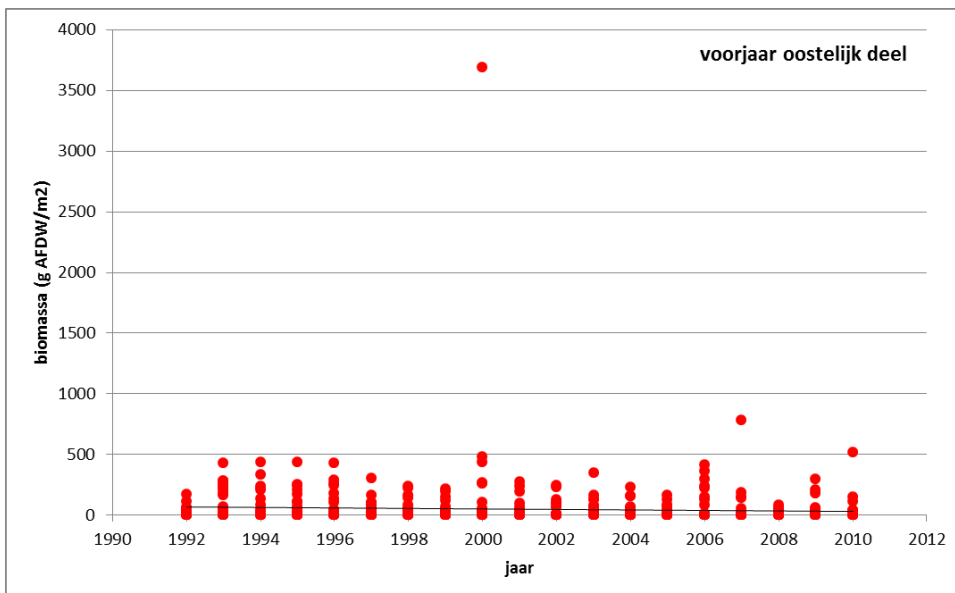
In het najaar in het hele westelijke deel daalt de dichtheid met 4.0 gram per vierkante meter per jaar. Over een periode van 18 jaar is dit een daling met 72 gram asvrijdrooggewicht per vierkante meter. In 2010 is er een kwart van de biomassa van 1992 over. Figuur 32 laat de daling zien.



Figuur 32: Biomassa van jaar tot jaar en de significant dalende trend

**Voorjaar oostelijk deel, alle dieptes**

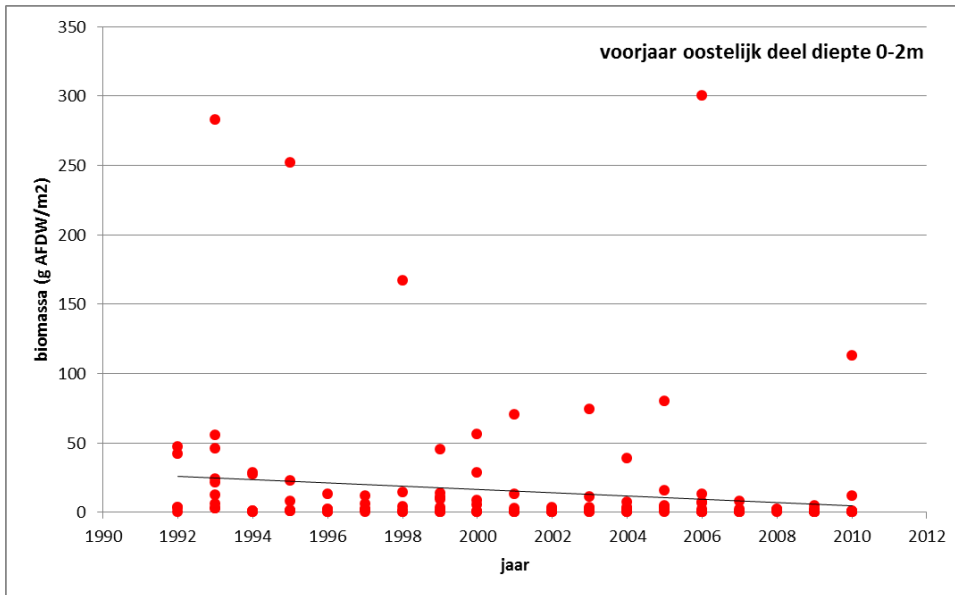
In het voorjaar in het hele oostelijke deel daalt de dichtheid met 2.0 gram per vierkante meter per jaar. Over een periode van 18 jaar is dit een daling met 36 gram asvrijdrooggewicht per vierkante meter. In 2010 is er ongeveer de helft van de biomassa van 1992 over. Figuur 33 laat de daling zien.



Figuur 33: Biomassa van jaar tot jaar en de significant dalende trend

**Voorjaar oostelijk deel, diepte tussen de 0 en -2 meter**

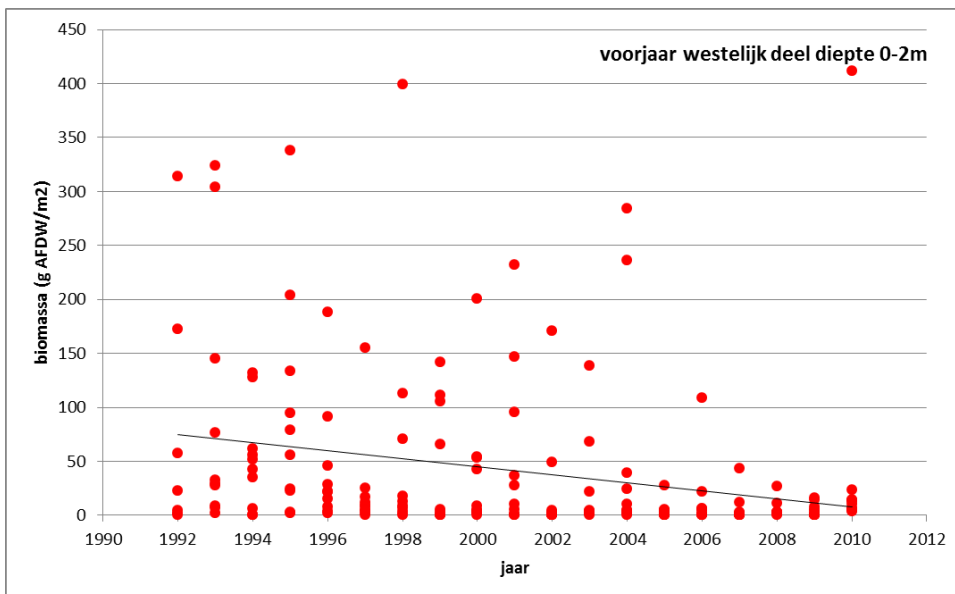
In het voorjaar in het oostelijke deel tussen de 0 en -2 meter daalt de biomassa met 2.0 gram per vierkante meter per jaar. Over een periode van 18 jaar is dit een daling met 21 gram asvrijdrooggewicht per vierkante meter. In 2010 is er een 1/5 van de biomassa van 1992 over. Figuur 34 laat de daling zien.



Figuur 34: Biomassa van jaar tot jaar en de significant dalende trend

#### *Voorjaar westelijk deel, diepte tussen de 0 en -2 meter*

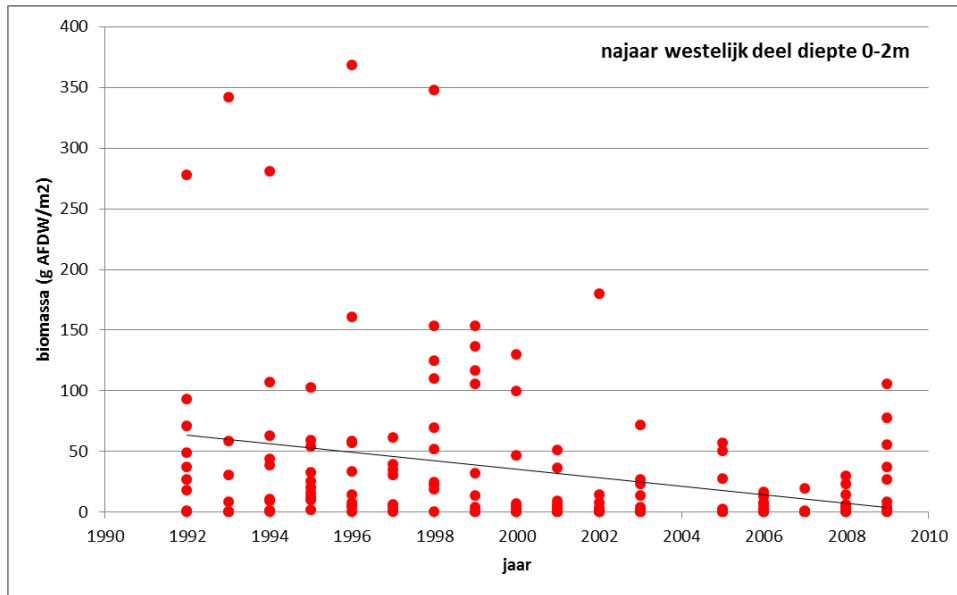
In het voorjaar in het westelijke deel tussen de 0 en -2 meter daalt de biomassa met 3.7 gram per vierkante meter per jaar. Over een periode van 18 jaar is dit een daling met 67 gram asvrijdrooggewicht per vierkante meter. In 2010 is er een 1/10 van de biomassa van 1992 over. Figuur 35 laat de daling zien.



Figuur 35: Biomassa van jaar tot jaar en de significant dalende trend

#### *Najaar westelijk deel, diepte tussen de 0 en -2 meter*

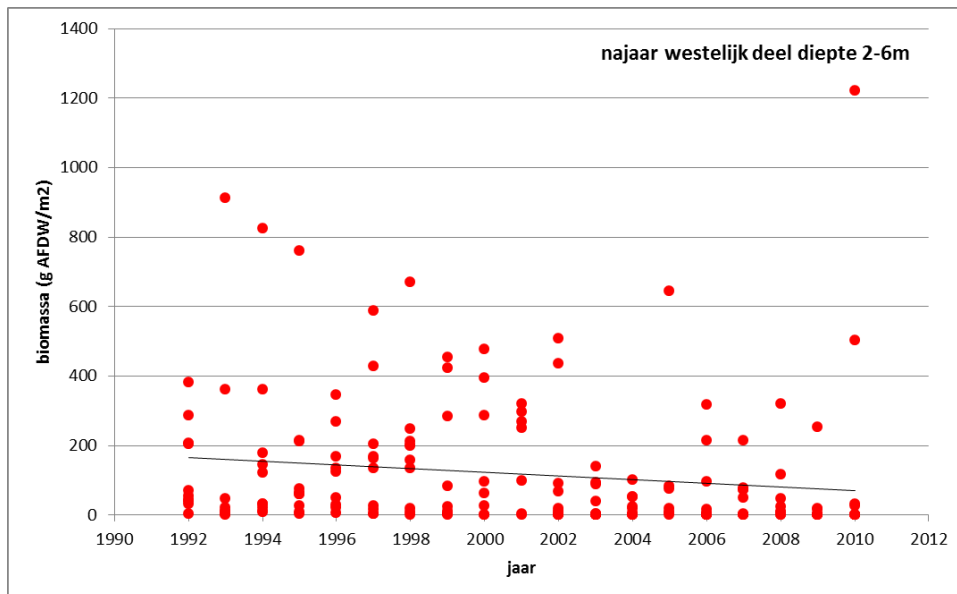
In het najaar in het westelijke deel tussen de 0 en -2 meter daalt de biomassa met 3.5 gram per vierkante meter per jaar. Over een periode van 18 jaar is dit een daling met 63 gram asvrijdrooggewicht per vierkante meter. In 2010 is er slechts 1% van de biomassa van 1992 over. Figuur 36 laat de daling zien.



Figuur 36: Biomassa van jaar tot jaar en de significant dalende trend

#### Najaar westelijk deel, diepte tussen de -2 en -6 meter

In het najaar in het westelijke deel tussen de -2 en -6 meter daalt de biomassa met 5.3 gram per vierkante meter per jaar. Over een periode van 18 jaar is dit een daling met 95 gram asvrijdrooggewicht per vierkante meter. In 2010 is ongeveer de helft van de biomassa van 1992 over. Figuur 37 laat de daling zien.



Figuur 37: Biomassa van jaar tot jaar en de significant dalende trend

### 3.5.3 BIOMASSA ZONDER *CREPIDULA* EN *CRASSOSTREA*

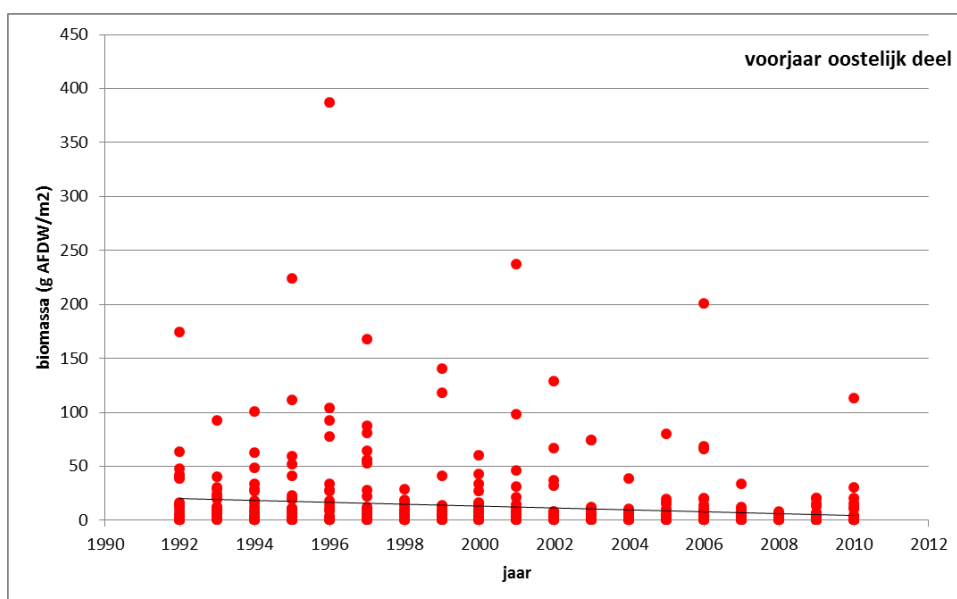
De biomassa zonder *Crepidula* en *Crassostrea* toonde een trend bij de volgende combinaties van seizoen, locatie en diepteklasse:

- Voorjaar westelijk deel, alle dieptes
- Voorjaar oostelijk deel, alle dieptes

- Najaar westelijk deel, alle dieptes
- Najaar oostelijk deel, alle dieptes
- Voorjaar westelijk deel, diepte tussen de 0 en -2 meter
- Najaar westelijk deel, diepte tussen de 0 en -2 meter
- voorjaar westelijk deel, diepte tussen de -2 en -6 meter
- Najaar westelijk deel, diepte tussen de -2 en -6 meter

#### *Voorjaar oostelijk deel, alle dieptes*

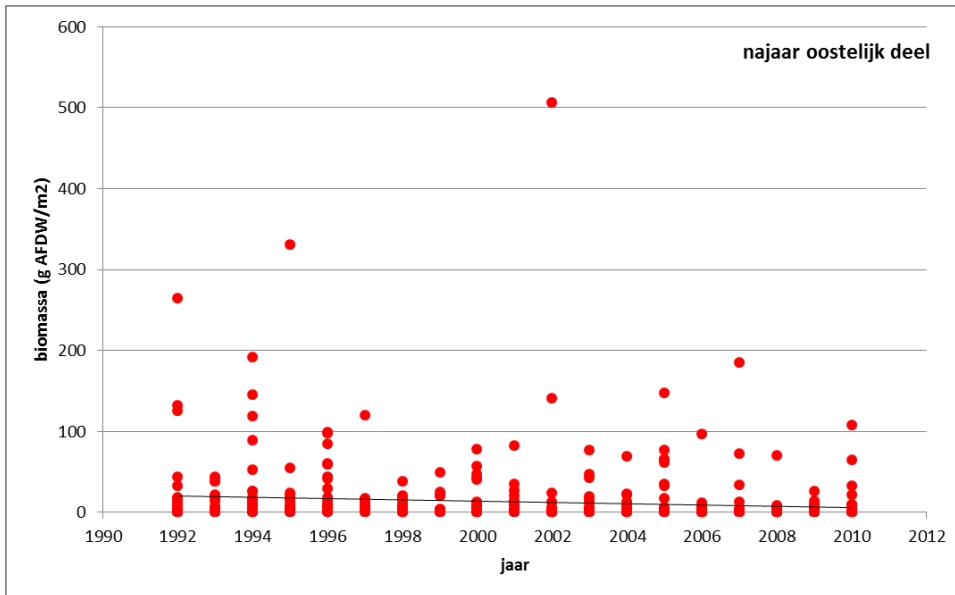
In het voorjaar in het hele oostelijke deel daalt de biomassa zonder *Crepidula fornicata* en *Crassostrea gigas* met 0.86 gram per vierkante meter per jaar. Over een periode van 18 jaar is dit een daling met 16 gram asvrijdrooggewicht per vierkante meter. In 2010 is er 1/5 deel van de biomassa van 1992 over. Figuur 38 laat de daling zien.



Figuur 38: Biomassa van jaar tot jaar en de significant dalende trend

#### *Najaar oostelijk deel, alle dieptes*

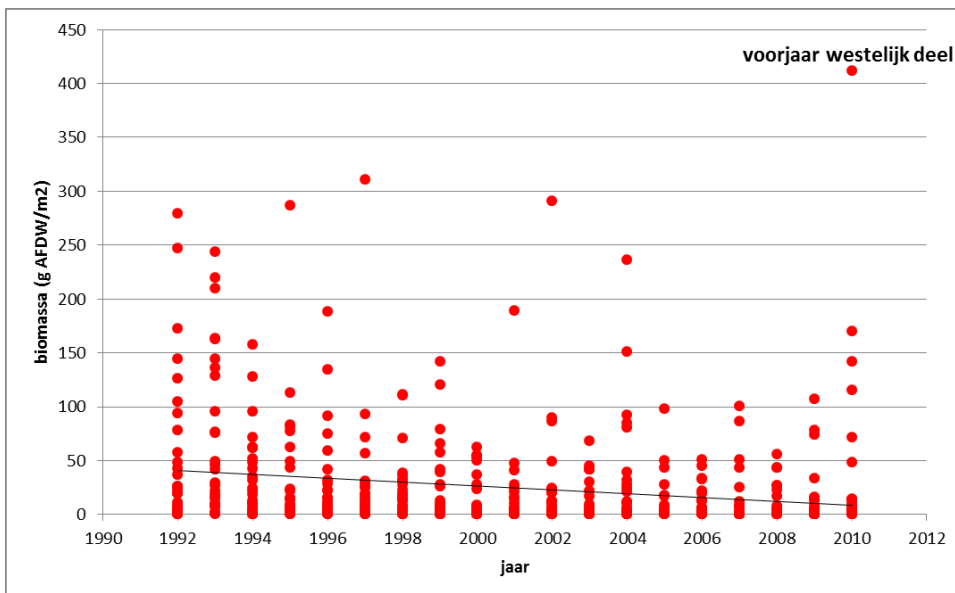
In het najaar in het hele oostelijke deel daalt de biomassa zonder *Crepidula fornicata* en *Crassostrea gigas* met 0.79 gram per vierkante meter per jaar. Over een periode van 18 jaar is dit een daling met 14 gram asvrijdrooggewicht per vierkante meter. In 2010 is er 1/3 deel van de biomassa van 1992 over. Figuur 39 laat de daling zien.



Figuur 39: Biomassa van jaar tot jaar en de significant dalende trend

#### Voorjaar westelijk deel, alle dieptes

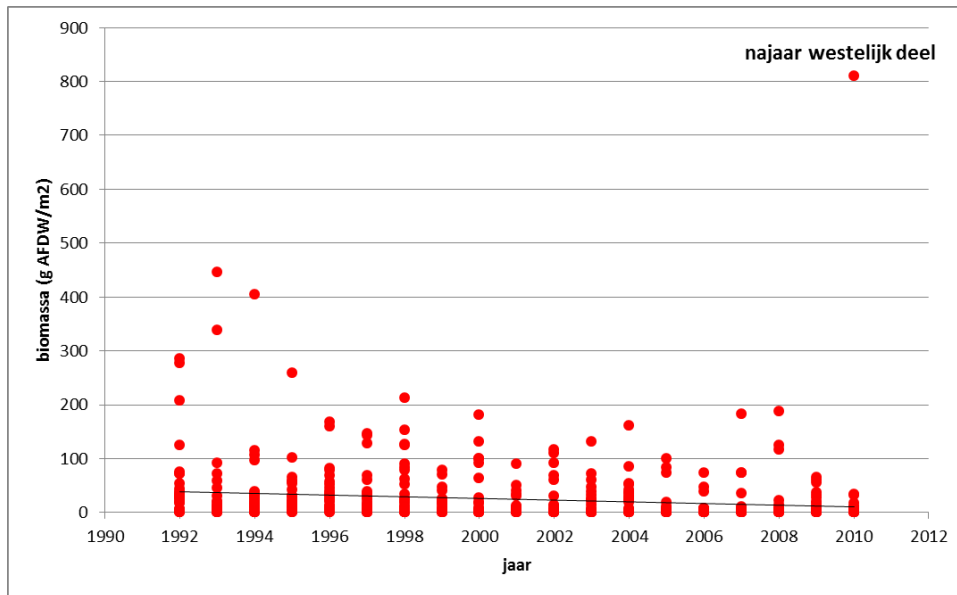
In het voorjaar in het hele westelijke deel daalt de biomassa zonder *Crepidula fornicata* en *Crassostrea gigas* met 1.8 gram per vierkante meter per jaar. Over een periode van 18 jaar is dit een daling met 32 gram asvrijdrooggewicht per vierkante meter. In 2010 is er 1/5 deel van de biomassa van 1992 over. Figuur 40 laat de daling zien.



Figuur 40: Biomassa van jaar tot jaar en de significant dalende trend

#### Najaar westelijk deel, alle dieptes

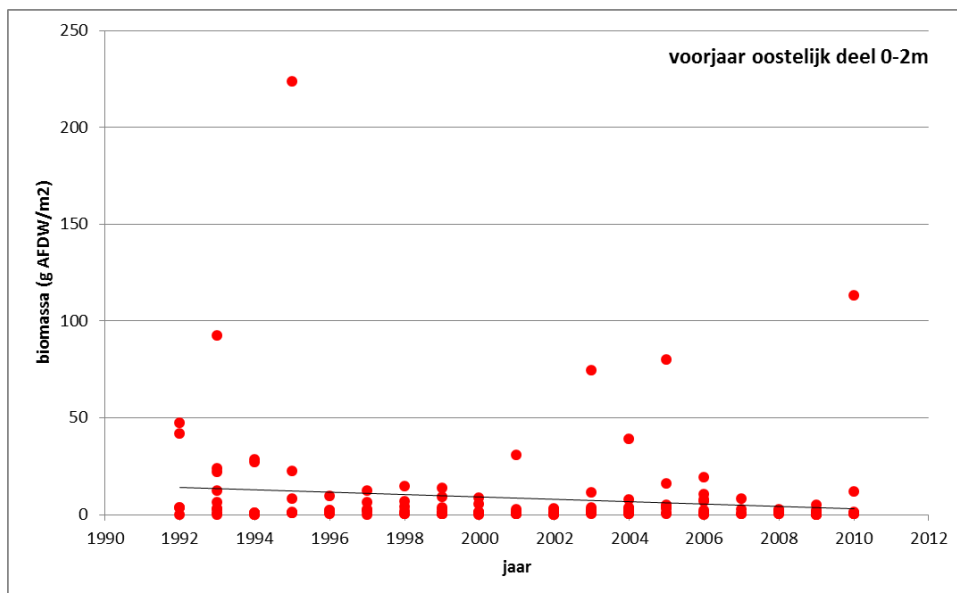
In het najaar in het hele westelijke deel daalt de biomassa zonder *Crepidula fornicata* en *Crassostrea gigas* met 1.7 gram per vierkante meter per jaar. Over een periode van 18 jaar is dit een daling met 28 gram asvrijdrooggewicht per vierkante meter. In 2010 is er 1/5 deel van de biomassa van 1992 over. Figuur 41 laat de daling zien.



Figuur 41: Biomassa van jaar tot jaar en de significant dalende trend

#### *Voorjaar oostelijk deel, diepte tussen de 0 en -2 meter*

In het voorjaar in het oostelijke deel daalt de biomassa zonder *Crepidula fornicata* en *Crassostrea gigas* tussen de 0 en -2 meter met 0.6 gram per vierkante meter per jaar. Over een periode van 18 jaar is dit een daling met 11 gram asvrijdrooggewicht per vierkante meter. In 2010 is er 1/5 deel van de biomassa van 1992 over. Figuur 42 laat de daling zien.



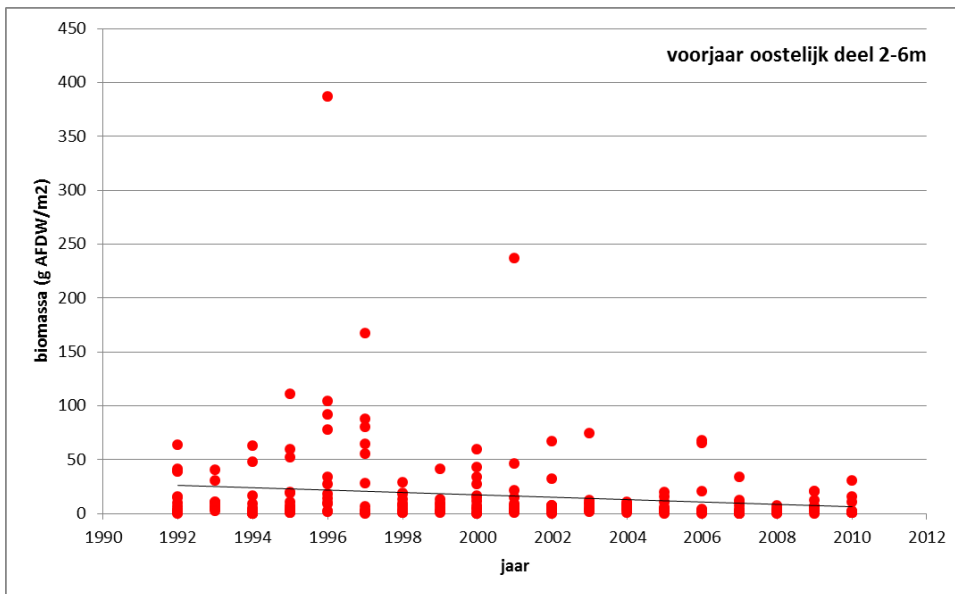
Figuur 42: Biomassa van jaar tot jaar en de significant dalende trend

#### *Voorjaar oostelijk deel, diepte tussen de -2 en -6 meter*

In het voorjaar in het oostelijke deel daalt de biomassa zonder *Crepidula fornicata* en *Crassostrea gigas* tussen de -2 en -6 meter met 1.1 gram per vierkante meter per jaar. Over een periode van 18 jaar is dit een daling



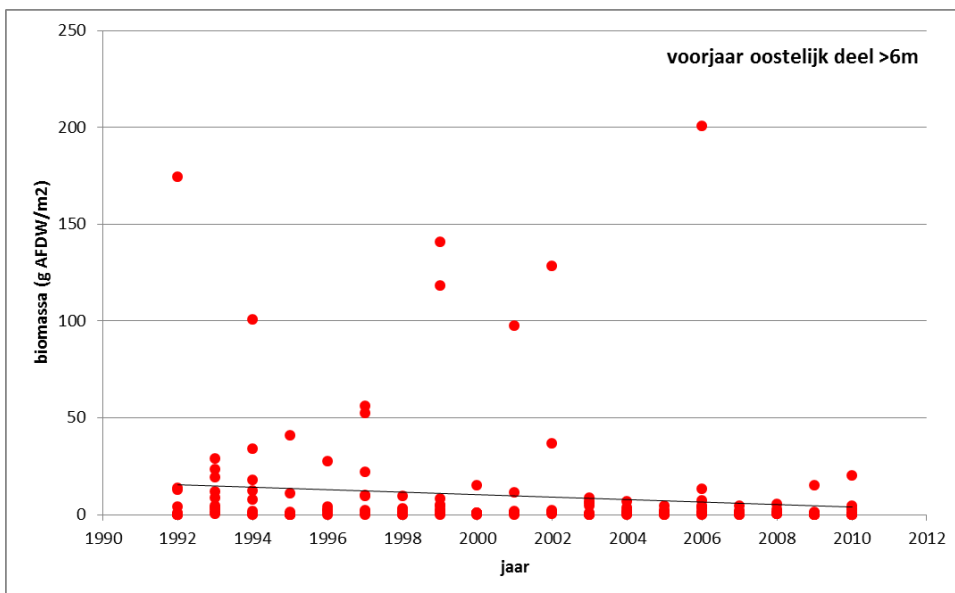
met 20 gram asvrijdrooggewicht per vierkante meter. In 2010 is er 1/5 deel van de biomassa van 1992 over. Figuur 43 laat de daling zien.



Figuur 43: Biomassa van jaar tot jaar en de significant dalende trend

**Voorjaar oostelijk deel, diepte dieper dan -6 meter**

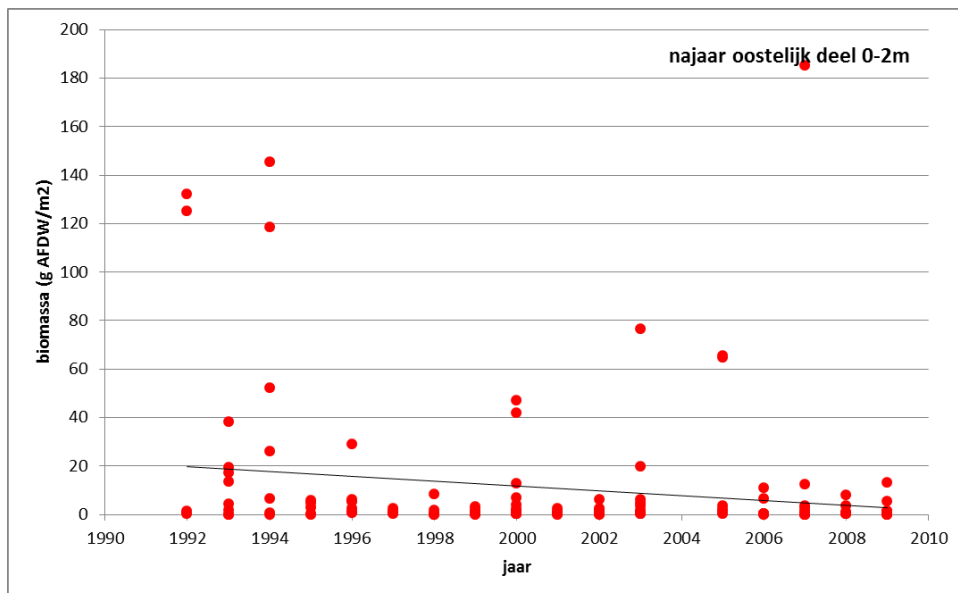
In het voorjaar in het oostelijke deel daalt de biomassa zonder *Crepidula fornicata* en *Crassostrea gigas* op een diepte dieper dan -6 meter met 0.63 gram per vierkante meter per jaar. Over een periode van 18 jaar is dit een daling met 11 gram asvrijdrooggewicht per vierkante meter. In 2010 is er 1/4 deel van de biomassa van 1992 over. Figuur 44 laat de daling zien.



Figuur 44: Biomassa van jaar tot jaar en de significant dalende trend

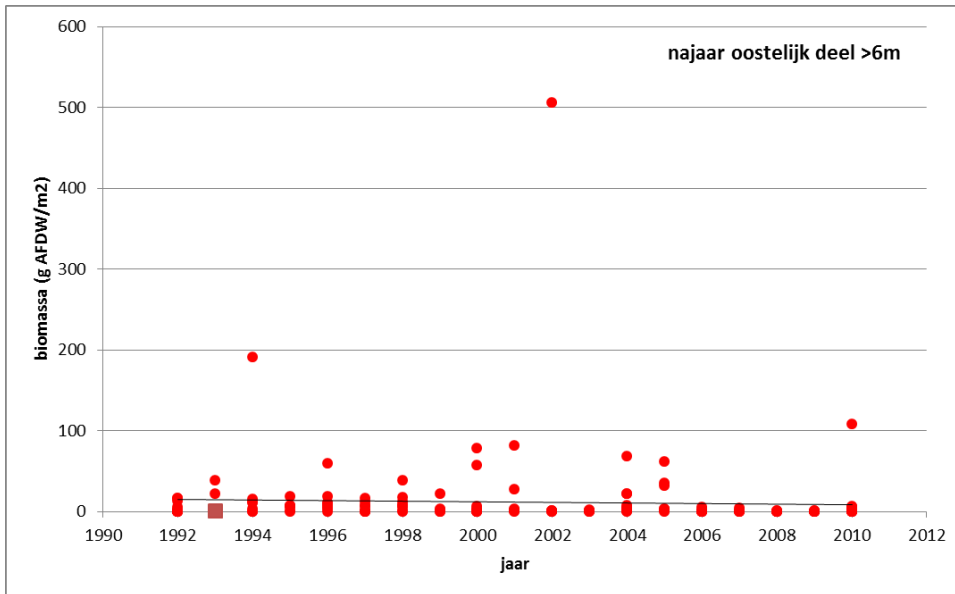
**Najaar oostelijk deel, diepte tussen 0 en -2 meter**

Op een diepte tussen de 0 en -2 meter, in het najaar in het oostelijke deel daalt de biomassa zonder *Crepidula fornicata* en *Crassostrea gigas* 1.0 gram per vierkante meter per jaar. Over een periode van 18 jaar is dit een daling met 18 gram asvrijdrooggewicht per vierkante meter. In 2010 is er 1/10 deel van de biomassa van 1992 over. Figuur 45 laat de daling zien.



**Najaar oostelijk deel, dieper dan -6 meter**

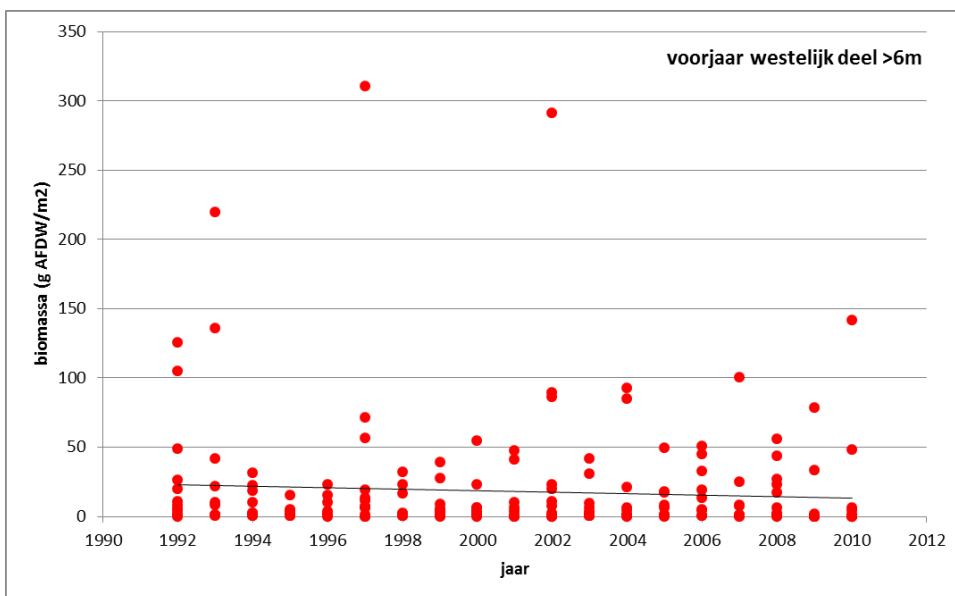
Op een diepte dieper dan -6 meter, in het najaar in het oostelijke deel daalt de biomassa zonder *Crepidula fornicata* en *Crassostrea gigas* 0.38 gram per vierkante meter per jaar. Over een periode van 18 jaar is dit een daling met 6.8 gram asvrijdrooggewicht per vierkante meter. In 2010 is er ongeveer de helft van de biomassa van 1992 over. Figuur 47 laat de daling zien.



Figuur 47: Biomassa van jaar tot jaar en de significant dalende trend

**Najaar westelijk deel, diepte dieper dan -6 meter**

In het najaar in het westelijke deel daalt de biomassa zonder *Crepidula fornicata* en *Crassostrea gigas* op een diepte dieper dan -6 meter met 0.54 gram per vierkante meter per jaar. Over een periode van 18 jaar is dit een daling met 9.7 gram asvrijdrooggewicht per vierkante meter. In 2010 is er ongeveer de helft van de biomassa van 1992 over. Figuur 48 laat de daling zien.



Figuur 48: Biomassa van jaar tot jaar en de significant dalende trend

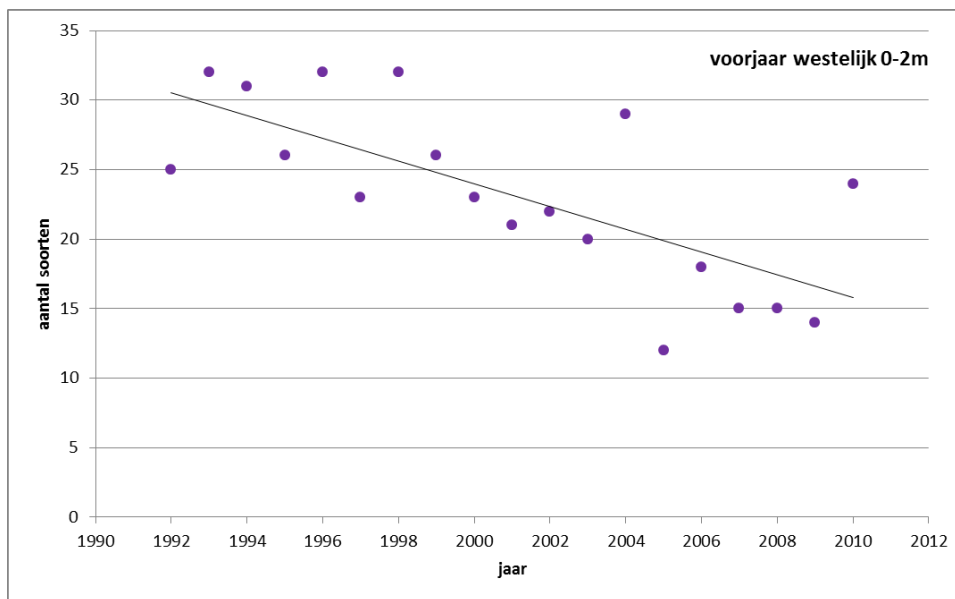
### 3.5.4 AANTAL SOORTEN

Het aantal soorten toonde een trend bij de volgende combinaties van seizoen, locatie en diepteklasse:

- Voorjaar westelijk deel, diepte tussen de 0 en -2 meter
- najaar oostelijk deel, diepte tussen de 0 en -2 meter
- Najaar oostelijk deel, diepte dieper dan -6 meter

#### *Voorjaar westelijk deel diepte tussen de 0 en -2 meter*

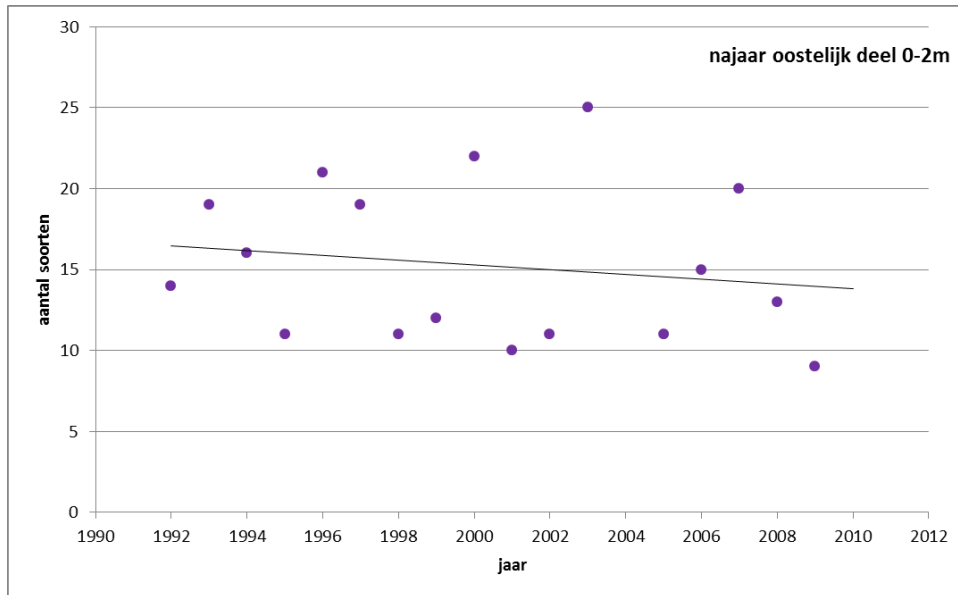
In het voorjaar in het westelijke deel tussen de 0 en -2m daalt het aantal soorten met bijna één per jaar. Over een periode van 18 jaar is dit een daling van 14 soorten, wat bijna een halvering is. Figuur 49 laat de daling zien.



Figuur 49: Aantal soorten van jaar tot jaar en de significant dalende trend

#### *Najaar oostelijk deel diepte tussen de 0 en -2 meter*

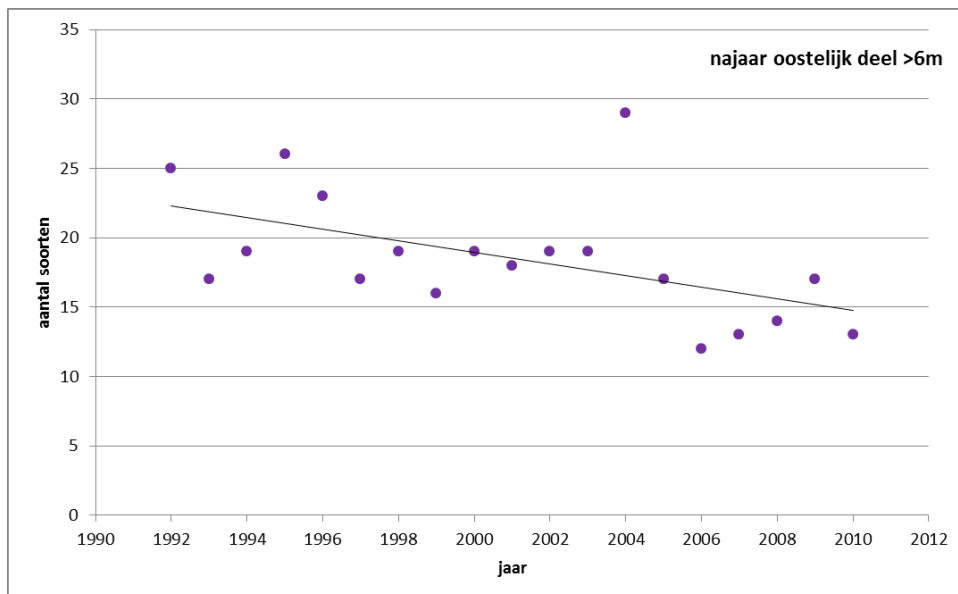
In het voorjaar in het westelijke deel tussen de 0 en -2m daalt het aantal soorten met één per zeven jaar. Over een periode van 18 jaar is dit een daling van 2 soorten. Figuur 50 laat de daling zien.



Figuur 50 Aantal soorten van jaar tot jaar en de significant dalende trend

#### *Najaar oostelijk deel dieper dan -6 meter*

In het najaar in het oostelijke deel tussen de -2m en -45m daalt het aantal soorten met één per twee jaar. Over een periode van 18 jaar is dit een daling van 8 soorten, hetgeen ongeveer een derde is. Figuur 50 laat de daling zien.



Figuur 51: Aantal soorten van jaar tot jaar en de significant dalende trend

### 3.5.5 SIMILARITY INDEX

De similarity index toonde een trend bij de volgende combinaties van seizoen, locatie en diepteklasse:

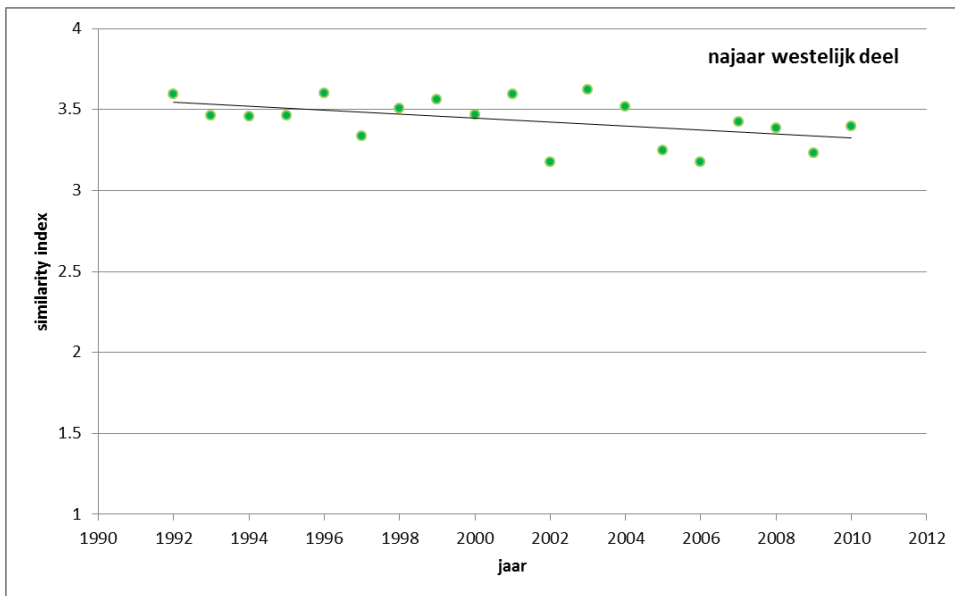
- Najaar westelijke deel, alle dieptes
- Najaar oostelijk deel, alle dieptes
- Voorjaar westelijk deel, diepte tussen de 0 en -2 meter

- Najaar oostelijk deel, diepte dieper dan -6 meter

De waarde van de Shannon index ligt voor een goed ecosysteem tussen de 1.5 en 3.5. In deze analyse wordt gekeken naar het punt dat de index onder 1.5 dreigt te raken.

#### *Najaar westelijk deel, alle dieptes*

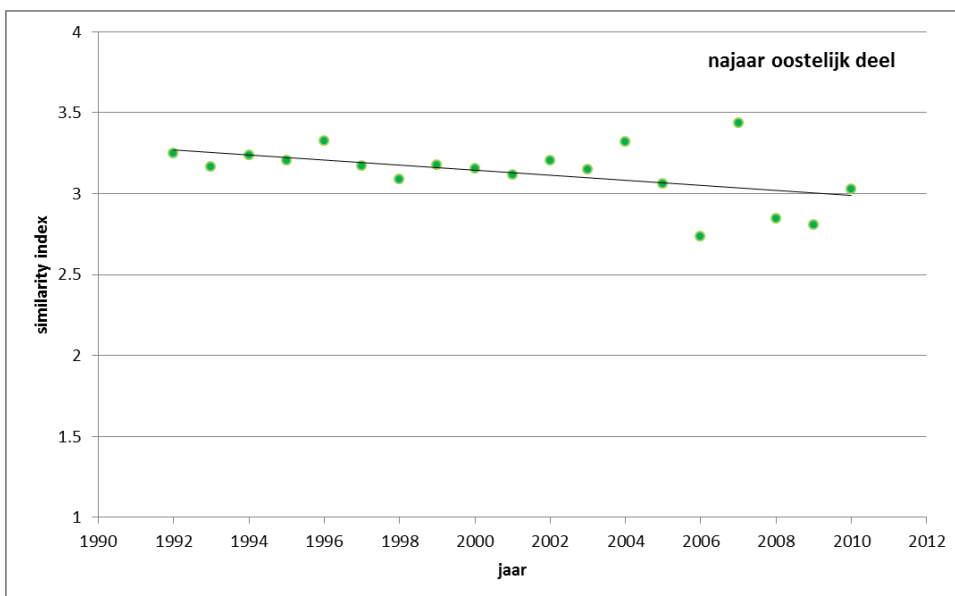
De similarity index daalt in het westelijke deel met 0.012 per jaar. Figuur 52 laat de dalende trend zien.



Figuur 52: Similarity index van jaar tot jaar en de significant dalende trend

#### *Najaar oostelijk deel, alle dieptes*

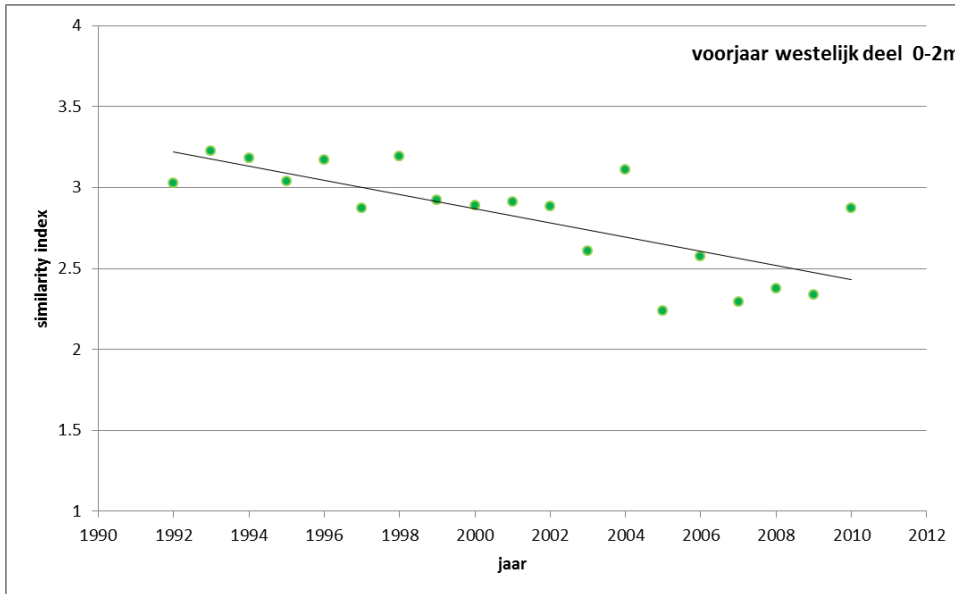
De similarity index daalt in het oostelijke deel met 0.016 per jaar. Figuur 53 laat de dalende trend zien.



Figuur 53: Similarity index van jaar tot jaar en de significant dalende trend

**Voorjaar westelijk deel, diepte tussen de 0 en -2 meter**

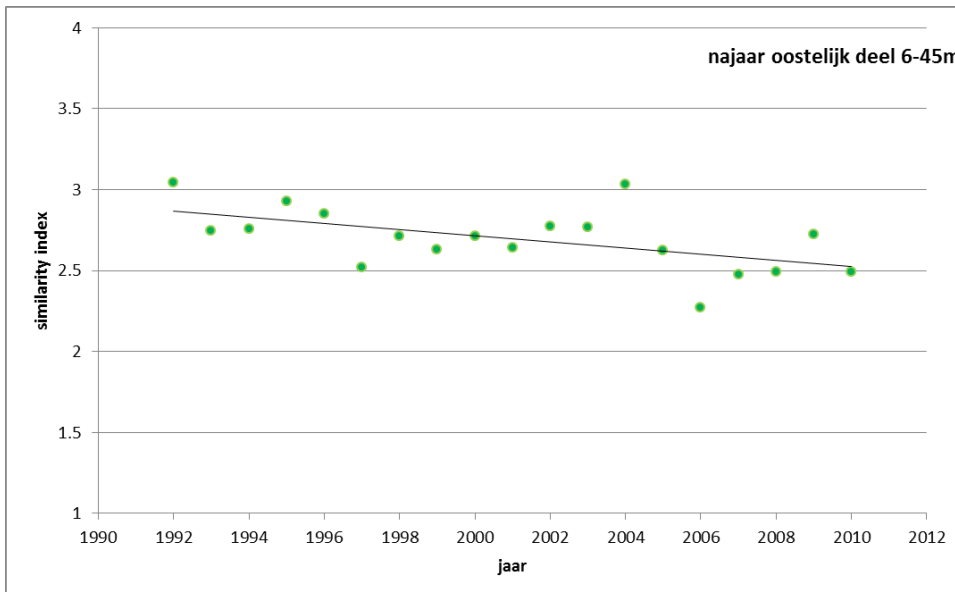
De similarity index daalt in het voorjaar in het westelijke deel op een diepte tussen de 0 en -2 meter met 0.044 per jaar. Figuur 54 laat de dalende trend zien.



Figuur 54: Similarity index van jaar tot jaar en de significant dalende trend

**Najaar oostelijk deel, dieper dan -6 meter**

De similarity index daalt in het najaar in het oostelijke deel op een diepte tussen de -6 en -45 meter met 0.019 per jaar. Figuur 55 laat de dalende trend zien.



Figuur 55: Similarity index van jaar tot jaar en de significant dalende trend

### 3.6 SAMENVATTING

In de voorgaande paragrafen is een trendanalyse uitgevoerd op de diverse combinaties tussen seizoen, deelgebied en diepteklassen. Opvallend is dat er geen enkele stijgende trend is waargenomen, of er is geen trend, of de trend is dalend. De resultaten zijn samengevat in Tabel 9.

Tabel 9: Resultaten van de trendanalyses

Variabele		dichtheid	biomassa	Biomassa zonder	Aantal soorten	Similarity index
Alle dieptes	Voorjaar westelijk deel	Dalend	Dalend	Dalend		
	Najaar westelijk deel	Dalend	Dalend	Dalend		Dalend
	Voorjaar oostelijk deel	Dalend	Dalend	Dalend		
	najaar oostelijk deel	Dalend		Dalend		Dalend
Diepte 0 tot -2 meter	voorjaar westelijk deel	Dalend	Dalend	Dalend	Dalend	Dalend
	najaar westelijk deel	Dalend	Dalend	Dalend		
	voorjaar oostelijk deel		Dalend			
	najaar oostelijk deel				Dalend	
Diepte -2 meter tot -6	voorjaar westelijk deel			Dalend		
	najaar westelijk deel	Dalend	Dalend	Dalend		
	voorjaar oostelijk deel					
	najaar oostelijk deel					
Diepte -6 meter en dieper	voorjaar westelijk deel	Dalend				
	najaar westelijk deel					
	voorjaar oostelijk deel					
	najaar oostelijk deel				Dalend	Dalend

De tabel laat zien dat de meeste dalingen optreden in het westelijke deel. Op een diepte tussen 0 en -2 meter worden de meeste dalingen aangetroffen, maar ook het middelste stratum in het westelijke deel kent dalingen.

Het weglaten van muiltjes en oesters uit de dataset levert over het algemeen eenzelfde beeld op. Het lijkt er niet op dat deze beide soorten het algemene beeld erg veel beïnvloeden.



# 4

## Relatie tussen biologische variabelen en (a)biotische parameters

In dit hoofdstuk wordt getracht de dalende trends te verklaren vanuit voornamelijk abiotische parameters. Dit wordt bekeken op een temporele schaal aan de hand van MWTL data waarbij er wegens de opbouw van de data geen geografisch onderscheid binnen het meer kan worden gemaakt. Met behulp van de GSTO data kan dit wel, maar wel met minder abiotische parameters. Deze analyses zijn in de tweede paragraaf gerapporteerd. Tenslotte is gekeken of er invloed van de witte bacteriematten kon worden vastgesteld.

### 4.1 TEMPORELE ANALYSES MET MWTL DATA

#### 4.1.1 STURENDE PARAMETERS IN HET VOORKOMEN VAN MACROBENTHOS

Het macrobenthos leeft in of op de bodem. Voor een gezonde macrobenthos populatie is het nodig dat het habitat voor de betreffende soorten in orde is, en dat er voldoende voedsel wordt aangevoerd (en voldoende organismen om reproductie succesvol te kunnen maken).

Voor wat betreft het voedsel worden verschillende typen foerageer strategieën onderscheiden:

- Filterfeeders filteren voedsel uit de waterkolom
- Surface en subsurface deposit feeders halen hun voedsel uit het sediment of schrapen het aan de oppervlakte van het sediment
- Predatoren eten ander macrobenthos, dit is een relatie met terugkoppeling, deze groep maakt procentueel geen groot deel uit van het macrobenthos en wordt verder niet in beschouwing genomen.

Om relaties te kunnen leggen tussen de voedselbeschikbaarheid en macrobenthos variabelen is informatie nodig over de hoeveelheid voedsel in de waterkolom en het sediment. In principe zou het macrobenthos moeten worden gekoppeld aan de primaire productie van het systeem (zowel in het water als op de bodem) gedurende een bepaalde periode. Deze data worden echter zeer sporadisch verzameld. Alternatief is het gebruik van chlorofyl-a gegevens, hoewel die het netto resultaat van productie en consumptie weergegeven.

Voor wat betreft het habitat is de stabiliteit van de bodem van belang. Daarbij zijn diepte, stroomsnelheid en sedimentsamenstelling belangrijke parameters. Verder moet er voldoende zuurstof zijn om te kunnen respireren, en de saliniteit binnen de tolerantiegrenzen van de soorten.

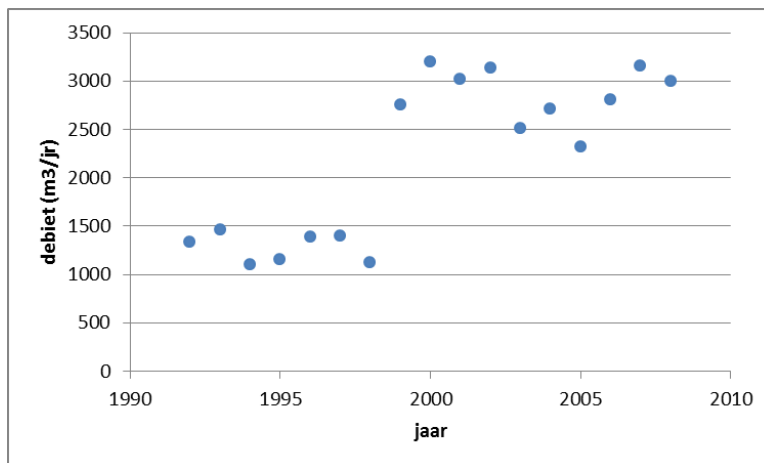
Mogelijk is de stratificatie ook van invloed op de kwaliteit van het habitat en daarmee het macrobenthos. Dit zou tot uiting moeten komen in de zuurstofconcentraties op de bodem. Deze informatie is echter niet voorhanden uit de MWTL data, en daarom wordt er gekeken naar de sturende parameters als inlaatdebiet/verversingstijd, watertemperatuur/instraling en windsnelheid.

#### 4.1.2 BESCHIKBARE PARAMETERS VOOR DE ANALYSE

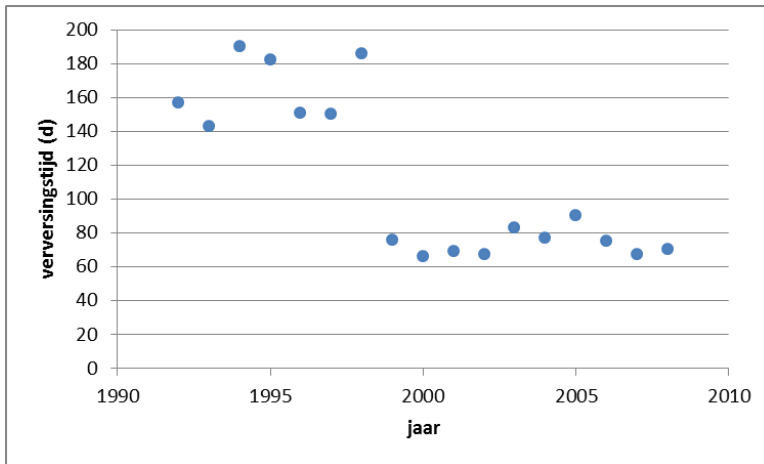
Zoals al uit de vorige paragraaf blijkt worden veel parameters die eigenlijk nodig zijn voor de analyse niet gemeten, of zijn op een ander niveau dan wenselijk beschikbaar. Voor dit project waren door de opdrachtgever gegevens beschikbaar gesteld via de rapportage van Wetsteijn, en als jaargemiddelde waarden van het MWTL meetpunt te Dreischor. Op dit meetpunt worden diverse parameters op tweewekelijkse of maandelijks basis gemeten op een diepte van één meter onder het wateroppervlak. De wel beschikbare parameters worden hieronder behandeld, en er wordt bekeken hoe de parameter het macrobenthos zou kunnen beïnvloeden.

##### *Inlaatdebiet en verversingstijd*

De mate waarin het water in het Grevelingenmeer verversed wordt kan van invloed zijn op het macrobenthos. Verversing leidt tot aanvoer van voedingsstoffen en afvoer van afvalstoffen, en heeft invloed op de zuurstofcondities in het meer. Voor de analyse is gebruik gemaakt van het totale inlaatdebiet in de Brouwersdam in m<sup>3</sup>/jaar (Figuur 56), en de verversingstijd in het meer (Figuur 57). Beide gegevens zijn afkomstig uit Wetsteijn (2011). De hypothesen bij deze parameters zijn: een hoge inlaatdebiet en een lage verversingstijd hebben een positieve invloed op het macrobenthos.



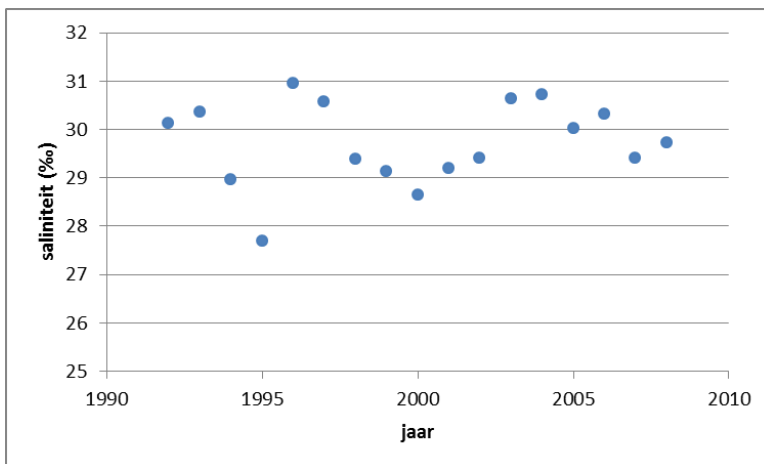
Figuur 56: Inlaatdebiet Brouwersdam



Figuur 57: Verversingstijd

### Saliniteit

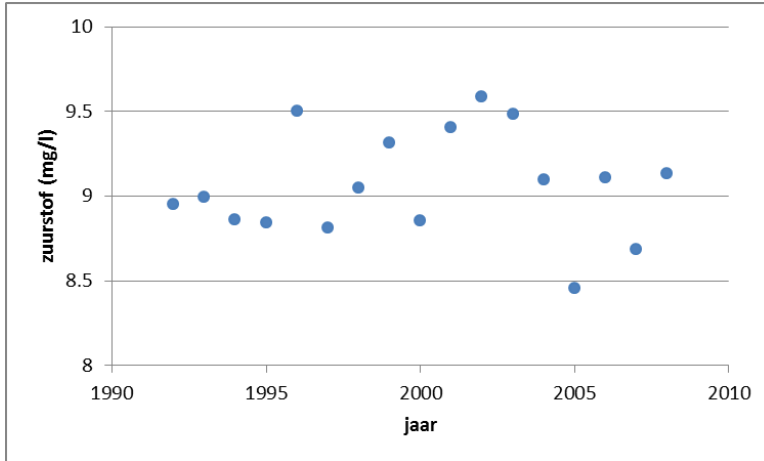
Saliniteit is geleverd in de vorm van jaargemiddelde gegevens van het meetpunt Dreischor. De saliniteit van het Grevelingenmeer ligt bijna op het niveau van de Noordzee. Figuur 58 geeft het verloop van de jaargemiddelde saliniteit weer. De kleine variatie hierin zal waarschijnlijk geen invloed hebben op het macrobenthos. Er kan ook niets worden gezegd over het effect van deze parameters, zolang de saliniteit geen grote variatie vertoont. Om te onderzoeken of er echt geen relatie is wordt de parameter wel in de analyse meegenomen.



Figuur 58: Saliniteit

### Zuurstofconcentratie

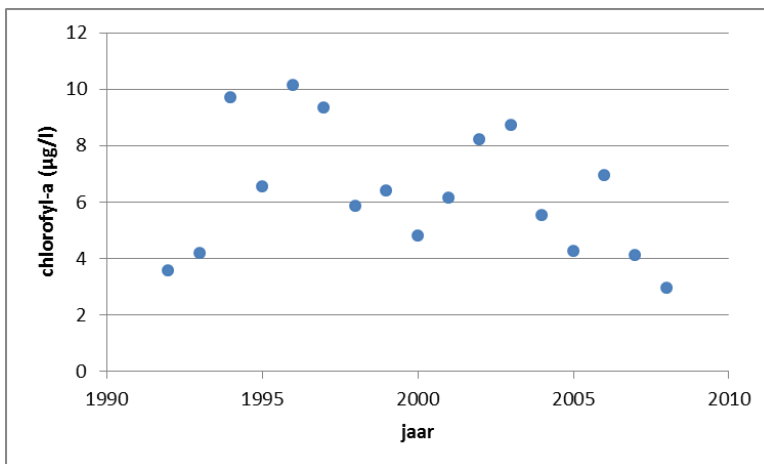
Zuurstof is van groot belang voor macrobenthos, bij te lage gehalten sterft het. In paragraaf 4.2 zal een uitgebreidere analyse naar het effect van zuurstofveranderingen in het meer worden uitgevoerd. In deze temporele analyse wordt volstaan met een jaargemiddelde waarde, geleverd door RWS (meetpunt Dreischor, één meter onder wateroppervlak gemeten). De variatie in dit jaargemiddelde is niet hoog, en wordt getoond in Figuur 59. De parameter wordt wel in de analyse meegenomen. De hypothese is dat lagere zuurstofconcentraties een negatief effect op het benthos hebben, maar dit wel vanuit een drempelwaarde gebeurd.



Figuur 59: Zuurstofconcentratie

### *Chlorofyl-a concentratie*

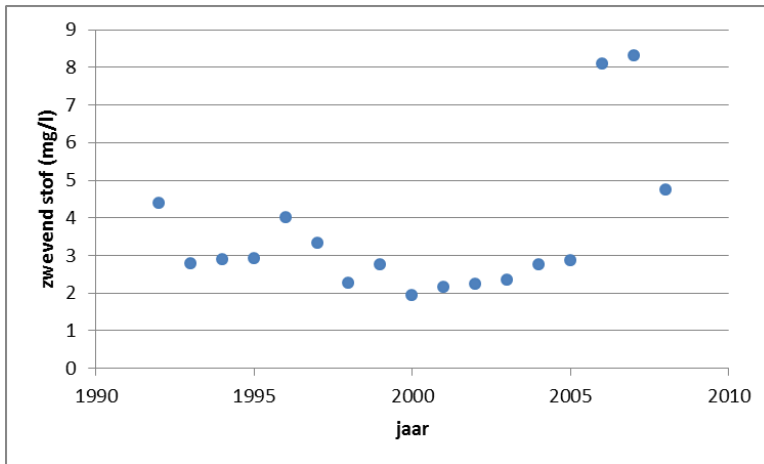
De chlorofyl-a concentratie staat voor het voedsel voor het macrobenthos. De hypothese is dat een stijging van de chlorofyl-a concentraties een positief effect op het macrobenthos heeft. In deze analyse was bij voorkeur gerekend met de concentraties in de bloei maand, of de totale chlorofyl-a productie over een seizoen. Deze informatie was echter niet beschikbaar voor de analyse, daarom is volstaan met de jaargemiddelde waarde, afkomstig van het meetpunt Dreischor. Figuur 60 laat het verloop van de door RWS aangeleverde jaargemiddelde concentraties tussen 1992 en 2008 zien.



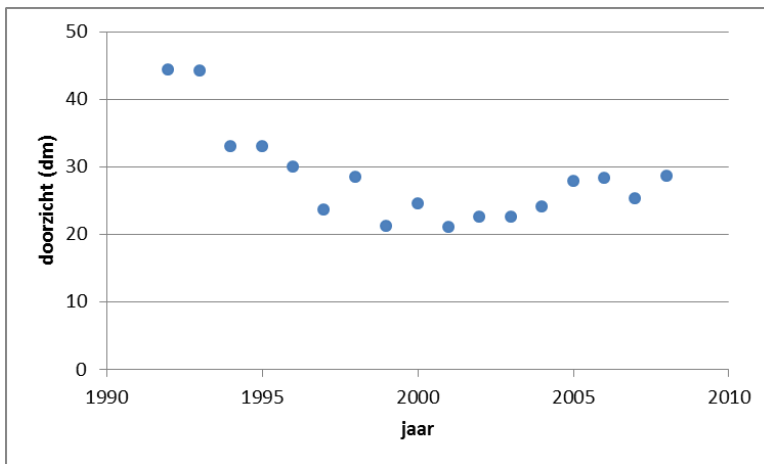
Figuur 60: Chlorofyl-a concentratie

### *Zwevend stof en doorzicht*

De hoeveelheid zwevend stof beïnvloedt het doorzicht in het meer. Het doorzicht is van belang voor de primaire productie, het proces wat voedsel genereert voor het macrobenthos. Meer zwevend stof leidt tot minder doorzicht, wat (in geval van een lichtgelimiteerd systeem) leidt tot minder primaire productie en daarmee een negatief effect op macrobenthos. Zwevend stof en doorzicht is geleverd in de vorm van jaargemiddelde gegevens van het meetpunt Dreischor. Figuur 61 laat het verloop van het doorzicht tussen 1992 en 2008 zien, met hoge waarden in 2006 en 2007. Figuur 62 laat zien dat tot ongeveer het jaar 2000 het doorzicht afnam, en daarna stabiliseerde.



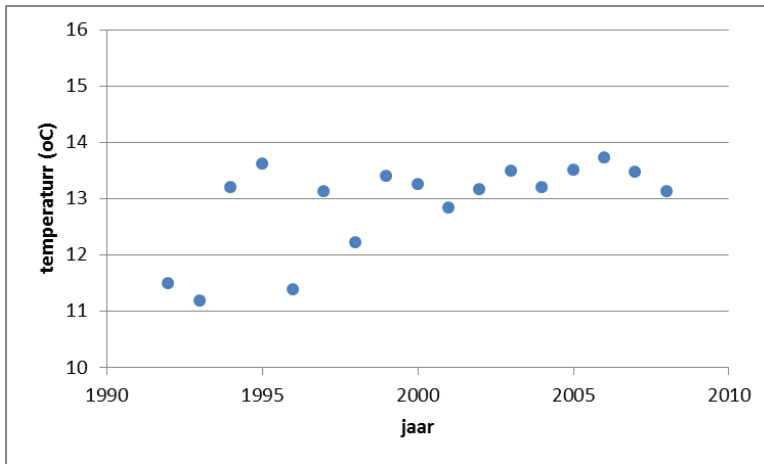
Figuur 61: Zwevend stof



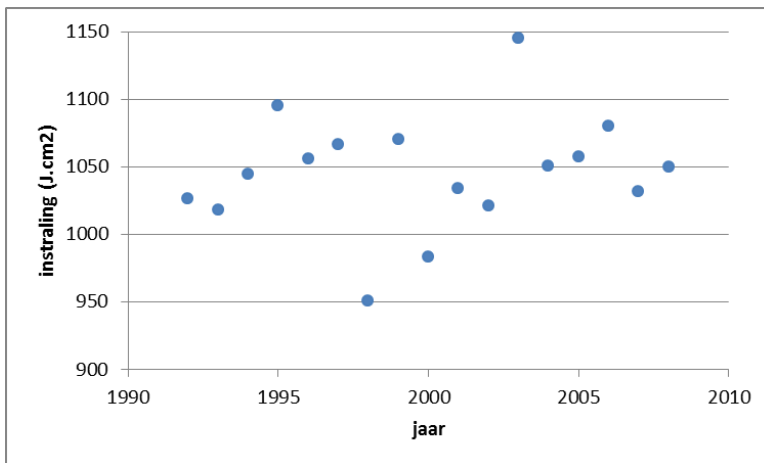
Figuur 62: Doorzicht

### ***Watertemperatuur en instraling***

Door temperatuurverhoging in het voorjaar warmt de bovenste laag van het meer op, wat tot stratificatie kan leiden. Instraling van zonlicht bepaald deels de watertemperatuur. Stratificatie kan zuurstofloosheid op de bodem tot gevolg hebben, wat tot achteruitgang van het macrobenthos kan leiden. De watertemperatuur (oC) is een jaargemiddelde waarde van het meetpunt Drieschor, afkomstig uit de dataset aangeleverd door Rijkswaterstaat (Figuur 63). De instraling (J/cm<sup>2</sup>) voor de locatie Wilhelminadorp per dag is gedownload van [www.knmi.nl](http://www.knmi.nl) en over het jaar gemiddeld (Figuur 64). Temperatuurverhoging leidt tot een snellere primaire productie en daarmee meer voedsel voor macrobenthos. Anderzijds wordt het risico op stratificatie groter bij een hogere temperatuur. De hypothese is dat het macrobenthos door deze stratificatie een negatief effect ondervind van een verhoging van temperatuur en instraling.



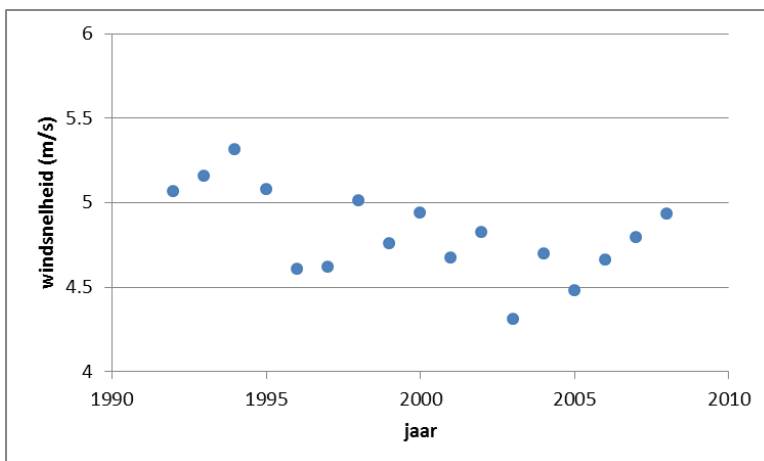
Figuur 63: Temperatuur



Figuur 64: Instraling

### Windsnelheid

Door wind kan de stratificatie verminderd worden omdat de waterkolom meer gemengd wordt. Grotere windsnelheden kunnen daarom een positief effect op het macrobenthos hebben. De windsnelheid (m/s) voor de locatie Wilhelminadorp per dag is gedownload van [www.knmi.nl](http://www.knmi.nl) en over het jaar gemiddeld. Figuur 65 laat het verloop zien.



Figuur 65: Windsnelheid

Tabel 10 vat de in de analyse meegenomen parameters samen. Hoewel dat vanuit ecologisch oogpunt niet altijd de meest optimale verklaring zal geven, is uitgegaan van jaargemiddelde waarden. Dit is vooral ingegeven door de beschikbaarheid van de parameters.

Tabel 10: Parameters

Parameter	Eenheid	Samenstelling	Hypothese toename
Inlaatdebiet	m <sup>3</sup> /jaar	Totaal over het gehele jaar	positief voor macrobenthos
Verversingstijd	dagen	Totaal over het gehele jaar	Negatief voor macrobenthos
Saliniteit	‰	Jaargemiddelde Dreischor	-
Zuurstofconcentratie	mg/l	Jaargemiddelde Dreischor	Positief voor macrobenthos
Chlorofyl-a concentratie	µg/l	Jaargemiddelde Dreischor	Positief voor macrobenthos
Zwevend stof gehalte	mg/l	Jaargemiddelde Dreischor	Negatief voor macrobenthos
Doorzicht	dm	Jaargemiddelde Dreischor	Positief voor macrobenthos
Watertemperatuur	°C	Jaargemiddelde Dreischor	negatief voor macrobenthos
Instraling	J/cm <sup>2</sup>	Jaargemiddelde Wilhelminadorp	negatief voor macrobenthos
Windsnelheid	m/s	Jaargemiddelde Wilhelminadorp	Positief voor macrobenthos

#### 4.1.3 ANALYSES

De analyses zijn uitgevoerd met Generalized Linear Modelling (GLM). Als verdeling is een negatief binominale verdeling aangehouden. Bij ieder model is gecontroleerd of de dispersie niet te groot of te klein was. Biomassa, dichtheid, aantal soorten en de similarity index zijn gekoppeld aan iedere individueel parameter. Tevens is via een multivariate analyse (wederom met een negatief binominale verdeling) gekeken welke parameters bijdragen aan de verklaring van de biologische variabelen.

#### 4.1.4 RESULTATEN VOOR ALLE DIEPTEKLASSEN

In de eerste groep analyses wordt gekeken naar de verklaring van een dalende trend in dichtheid, biomassa, aantal soorten en similarity index zonder onderscheid in diepteklasse. De volgend significant dalende trends werden aangetroffen:

- Dichtheid in het voorjaar in het westelijke deel
- Dichtheid in het najaar in het westelijke deel
- Dichtheid in het voorjaar in het oostelijke deel
- Dichtheid in het najaar in het oostelijke deel
- Biomassa in het voorjaar in het westelijke deel
- Biomassa in het najaar in het westelijke deel
- Biomassa in voorjaar in het oostelijke deel
- Similarity index in het najaar in het westelijke deel
- Similarity index in het voorjaar in het oostelijke deel
- Similarity index in het najaar in het oostelijke deel

#### 4.1.4.1 DICHTHEID

De trendanalyse liet in alle vier gevallen een significante lineaire daling van de dichtheid zien.

Tabel 11 laat zien welke individuele relaties tussen de dichtheid en een abiotische parameter significant ( $p < 0.05$ ) waren. Het inlaatdebiet en de windsnelheid heeft in geen van de gevallen invloed op de dichtheid. Wanneer alleen de zeer significante relaties ( $p < 0.01$ ) worden bekeken wordt in het westen in het voorjaar geen relatie gevonden en in het oosten met het zwevend stof gehalte. In het najaar is de dichtheid voor al aan het weer gekoppeld, namelijk aan temperatuur (oost) en instraling (west, oost).

Tabel 11: p-waarden van de relatie tussen dichtheid en abiotiek, de zeer significante relaties zijn donkerblauw gekleurd

Seizoen	gebied	inlaat	ververs	sal	zuurstof	Chl-a	doorz	Zs	temp	Instr	Wind
Voorjaar	west	ns	ns	ns	0.033	0.031	ns	0.033	ns	Ns	ns
	oost	ns	ns	0.017	ns	ns	ns	0.006	ns	Ns	ns
najaar	west	ns	0.033	ns	ns	ns	ns	ns	0.028	0.008	ns
	oost	ns	ns	ns	ns	ns	0.014	ns	<0.001	<0.001	ns

De stepwise modellen laten voor iedere periode een set van verklarende variabelen zien. Tabel 12 laat zien welke relaties tussen de dichtheid en de abiotische parameters significant zijn. Het inlaatdebiet heeft een significante relatie met de dichtheid in het najaar in het oostelijke deelgebied. Ook de verversingstijd is hier significant, net als in het najaar in het westelijke deelgebied. Saliniteit heeft een significante relatie met dichtheid in het voorjaar in het oostelijke deelgebied en zuurstof heeft een significante relatie met dichtheid in het voorjaar in het westen en in het najaar in het oosten. Chlorofyl-a heeft een significante relatie met de dichtheid in het voorjaar, zowel west als oost, het doorzicht is alleen significant in het oosten, zowel in het voorjaar als het najaar. Het zwevende stof gehalte heeft een significante relatie met de dichtheid in het voorjaar, zowel oost als west, de temperatuur wederom alleen in het oosten, zowel voorjaar als najaar. De instraling is significant in het najaar en de windsnelheid heeft een significante relatie met dichtheid in het voorjaar van het oostelijke deelgebied.

Tabel 12: Stepwise modellen voor de dichtheid, \* geeft een significante relatie aan

Seizoen	Gebied	Inl	ver	sal	zrs	chl	doorz	zs	temp	inst	wind	D <sup>2</sup>	P
Voorjaar	West				*	*		*				0.56	<0.001
	Oost			*		*	*	*	*		*	0.88	<0.001
najaar	West		*							*		0.37	<0.01 $\wedge$ >0.001
	Oost	*	*		*		*		*	*		0.57	<0.001

Inl=inlaatdebiet; ver=verversingstijd; sal=saliniteit; zrs=zuurstof; chl=chlorofyl-a; doorz=doorzicht; zs=zwevend stof; temp=temperatuur; inst=instraling; wind=windsnelheid

#### 4.1.4.2 BIOMASSA

Voor de relatie tussen de biomassa en de abiotische factoren wordt de relatie in het westelijke deel onderzocht voor beide seizoenen, en het voorjaar in het oostelijke deel. In het najaar werd in het oostelijke deel geen dalende of stijgende trend aangetroffen.



In Tabel 12 is te zien dat het inlaatdebiet, de verversingstijd, de saliniteit, het doorzicht, het zwevende stof gehalte en de windsnelheid geen significante relatie hebben met de dichtheid op basis van de individuele modellen. Zuurstof heeft dit alleen in het najaar, chlorofyl-a zowel in het voorjaar als in het najaar en temperatuur en instraling alleen in het najaar.

Tabel 13: p-waarden van de relatie tussen dichtheid en abiotiek, de zeer significante relaties zijn donkerblauw gekleurd

Seizoen	variabele	inlaat	ververs	sal	zuurstof	Chl-a	doorz	zs	temp	instr	Wind
voorjaar	West	ns	ns	ns	Ns	<0.001	ns	ns	ns	ns	ns
	Oost	<0.002	<0.001	0.003	Ns	<0.001	ns	ns	ns	0.007	0.011
Najaar	West	ns	ns	ns	<0.001	0.001	ns	ns	<0.001	0.014	Ns

Tabel 14 laat zien dat op basis van het stepwise model alle variabelen een significante relatie hebben met de biomassa. Het inlaatdebiet heeft dit in alle drie combinaties van seizoen en gebied, zuurstofgehalte, chlorofyl-a gehalte en de temperatuur hebben dit wel, zowel in het voorjaar als in het najaar..

Tabel 14: Stepwise modellen voor de biomassa, \* geeft een significante relatie aan

seizoen	Gebied	Inl	ver	sal	zrs	chl	doorz	zs	temp	instr	wind	D <sup>2</sup>	P
voorjaar	West	*		*	*	*			*			0.50	<0.01 \ 0.001
	Oost	*	*	*		*	*	*		*	*	0.84	<0.001
Najaar	west	*	*		*	*	*		*	*		0.86	<0.001

Inl=inlaatdebiet; ver=erversingstijd; sal=saliniteit; zrs=zuurstof; chl=chlorofyl-a; doorz=doorzicht; zs=zwevend stof; temp=temperatuur; inst=instraling; wind=windsnelheid

#### 4.1.4.3 AANTAL SOORTEN

Het aantal soorten liet voor de totale diepte geen significant dalende trend zien. Er zijn daarom geen verklarende relaties met de abiotiek gezocht.

#### 4.1.4.4 SIMILARITY INDEX

De similarity index daalt significant in het najaar in het oostelijke en westelijke deel. De similarity index is niet significant gerelateerd aan de abiotische factoren volgens zowel de individuele als de stepwise modellen, dit is te zien in Tabel 15 en Tabel 16. In bijlage 1 staan de analyses met de seizoenen en gebieden zonder significante trend.

Tabel 15: p-waarden van de relatie tussen similarity index en abiotiek, de zeer significante relaties zijn donkerblauw gekleurd

Seizoen	Gebied	inlaat	ververs	sal	zuurstof	Chl- a	doorz	Zs	temp	instr	Wind
Voorjaar	Oost	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
Najaar	West	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
	Oost	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns

Tabel 16: Stepwise modellen voor de similarity index, \* geeft een significante relatie aan

Seizoen	variabele	inl	ver	sal	zrs	chl	doorz	zs	temp	inst	wind	D <sup>2</sup>	P
Voorjaar	oost											1.0	Ns
najaar	West											1.0	Ns
	oost											1.0	Ns

Inl=inlaatgebied; ver=verversingstijd; sal=saliniteit; zrs=zuurstof; chl=chlrofy-l-a; doorz=doorzicht; zs=zwevend stof; temp=temperatuur; inst=instraling; wind=windsnelheid

#### 4.1.5 RESULTATEN VOOR DE DIEPTEKLASSE TOT -2 METER

In de bovenste diepteklasse tot aan de -2 meter is ook de relatie tussen de abiotische variabelen en de dichtheid, biomassa, aantal soorten en similarity index onderzocht. De volgende gevallen vertoonden een significant dalende trend:

- Dichtheid in het voorjaar in het westelijke deel
- Dichtheid in het najaar in het westelijke deel
- Biomassa in het voorjaar in het oostelijke deel
- Biomassa in het voorjaar in het westelijke deel
- Biomassa in het najaar in het westelijke deel
- Aantal soorten in het voorjaar in het westelijke deel
- Aantal soorten in het najaar in het oostelijke deel
- Similarity index in het voorjaar in het westelijke deel

##### 4.1.5.1 DICHTHEID

De trendanalyse liet in drie van de vier combinaties van seizoen en gebied een significante lineaire daling van de dichtheid zien. Deze drie worden hieronder behandeld. De vierde (najaar oostelijk deel) bevindt zich in bijlage 1.

Tabel 17 laat zien welke individuele relaties tussen de dichtheid en een abiotische parameter significant ( $p < 0.05$ ) waren. Inlaatgebied, verversingstijd, saliniteit, chlorofyl-a, zuurstofgehalte en doorzicht hebben in geen van de gevallen invloed op de dichtheid. Wanneer alleen de zeer significante relaties ( $p < 0.01$ ) worden bekeken wordt in het westen in het voorjaar geen relatie gevonden en in het najaar met de instraling..

Tabel 17: p-waarden van de relatie tussen dichtheid en abiotiek, de zeer significante relaties zijn donkerblauw gekleurd.

seizoen	variabele	inlaat	ververs	sal	zuurstof	chl-a	doorz	zs	temp	instr	wind
voorjaar	west	ns	ns	ns	ns	ns	ns	0.042	ns	Ns	ns
najaar	west	ns	ns	ns	ns	ns	ns	0.039	0.024	0.002	ns

Tabel 18 laat zien dat het inlaatdebiet, de saliniteit, het zuurstof gehalte, het chlorofyl-a gehalte en de windsnelheid volgens de stepwise modellen geen invloed hebben op de dichtheid. Verversingstijd en instraling hebben aan de andere kant zowel in het voorjaar als het najaar in west een significante relatie met de dichtheid.

Tabel 18: Stepwise modellen voor de dichtheid, \* geeft een significante relatie aan

seizoen	Gebied	Inl	ver	sal	zst	chl	doorz	zs	temp	inst	wind	D <sup>2</sup>	P
Voorjaar	West		*					*		*		0.63	<0.001
najaar	West		*				*		*	*		0.61	<0.001

Inl=inlaatdebiet; ver=verversingstijd; sal=saliniteit; zrs=zuurstof; chl=chlorofyl-a; doorz=doorzicht; zs=zwevend stof; temp=temperatuur; inst=instraling; wind=windsnelheid

#### 4.1.5.2 BIOMASSA

De trendanalyse liet een dalende trend zien van biomassa in voorjaar en najaar in het westelijke deel. In het oostelijke deel werd deze daling niet geconstateerd. De relaties voor het westelijke deel staan hieronder beschreven, de tabellen voor het oostelijke deel zijn te vinden in bijlage 1.

De biomassa op diepteklasse 0-2 m heeft een in het voorjaar een significante individuele relatie met het zwevend stof gehalte, en in het najaar met het inlaatdebiet, de verversingstijd, de saliniteit, het zuurstofgehalte, het chlorofyl-a gehalte, het doorzicht en de windsnelheid. Temperatuur en instraling hebben geen individuele relatie met de biomassa. Dit alles is terug te vinden in tabel 20.

Tabel 19: p-waarden van de relatie tussen biomassa en abiotiek, de zeer significante relaties zijn donkerblauw gekleurd

Seizoen	variabele	inlaat	ververs	sal	zuurstof	Chl-a	doorz	zs	temp	instr	Wind
voorjaar	West	ns	ns	ns	ns	ns	ns	0.003	ns	Ns	ns
Voorjaar	Oost	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	Ns	ns
najaar	West	0.010	0.003	0.017	0.002	0.002	0.033	ns	ns	Ns	<0.001

In Tabel 20 is te zien dat volgens de stepwise modellen er in zowel voorjaar als najaar een significante relatie is tussen biomassa en inlaatdebiet, verversingstijd, saliniteit, zuurstof en. Voor het chlorofyl-a gehalte, het doorzicht en de windsnelheid is er alleen een significante bijdrage gevonden in het najaar. Instraling en zwevend stof gehalte hebben volgens dit model geen significante relatie met biomassa.

Tabel 20: Stepwise modellen voor de biomassa, \* geeft een significante relatie aan

Seizoen	Gebied	Inl	ver	sal	zrs	chl	doorz	zs	temp	inst	wind	D <sup>2</sup>	P
Voorjaar	West	*	*	*	*				*			0.84	<0.001
Voorjaar	Oost	*	*	*	*			*			*	0.75	
najaar	West	*	*	*	*	*	*		*		*	0.94	<0.001

Inl=inlaatdebiet; ver=verversingstijd; sal=saliniteit; zrs=zuurstof; chl=chlorofyl-a; doorz=doorzicht; zs=zwevend stof; temp=temperatuur; inst=instraling; wind=windsnelheid

#### 4.1.5.3 AANTAL SOORTEN

Volgens de trendanalyse daalt kan in het voorjaar in het westelijke deel een significante daling van het aantal soorten worden vastgesteld, terwijl deze daling in het oostelijke deel juist in het najaar kan worden geconstateerd.

De variatie in aantal soorten in het voorjaar kon niet door abiotische variabelen worden verklaard. In het najaar in het oostelijk deel is er een relatie geconstateerd met het inlaatdebiet, het zuurstofgehalte, de temperatuur en de instraling. Tabel 21 geeft de resultaten van de analyse weer. De relaties zijn significant, maar er is geen relatie met een p-waarde onder de 0.01 wat op een zeer significant verband duidt.

Tabel 21: p-waarden van de relatie tussen het aantal soorten en abiotiek

Seizoen	gebied	inlaat	ververs	sal	zuurstof	chl-a	doorz	zs	temp	instr	wind
Voorjaar	West	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	Ns	ns
najaar	Oost	0.048	ns	ns	0.011	ns	ns	ns	0.048	0.043	ns

In de stepwise modellen blijken inlaatdebiet, zuurstofgehalte en windsnelheid verklarende variabelen voor de aantallen in het voorjaar in het westen te zijn. In het najaar in het oosten is zijn de verklarende variabelen gelijk aan die in de individuele modellen, alleen geeft het chlorofyl-a gehalte hier ook verklaring. Tabel 22 geeft deze resultaten weer.

Tabel 22: Stepwise modellen voor het aantal soorten, \* geeft een significante relatie aan

Seizoen	Gebied	inl	ver	sal	zrs	chl	doorz	zs	temp	inst	wind	D <sup>2</sup>	p
Voorjaar	West	*			*						*	0.67	<0.001
najaar	Oost	*			*	*			*	*		0.45	<0.01 $\wedge$ >0.001

Inl=inlaatdebiet; ver=verversingstijd; sal=saliniteit; zrs=zuurstof; chl=chlorofyl-a; doorz=doorzicht; zs=zwevend stof; temp=temperatuur; inst=instraling; wind=windsnelheid

#### 4.1.5.4 SIMILARITY

De similarity index daalde alleen in het voorjaar in het westelijke deel significant. Deze situatie wordt hieronder behandeld. De overige drie combinaties tussen seizoenen en gebied zijn te vinden in bijlage 1.

De similarity index is niet significant gerelateerd aan de abiotische factoren volgens zowel de individuele als de stepwise modellen. Dit is terug te vinden in Tabel 24 en Tabel 25.

Tabel 23: p-waarden van de relatie tussen similarity index en abiotiek

seizoen	Gebied	inlaat	ververs	sal	zuurstof	chl-a	doorz	zs	temp	instr	Wind
Voorjaar	West	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns

Tabel 24: Stepwise modellen voor de similarity index, \* geeft een significante relatie aan

seizoen	Gebied	inl	ver	sal	zst	chl	doorz	zs	temp	inst	wind	D <sup>2</sup>	p
Voorjaar	West											1.0	ns

Inl=inlaatdebiet; ver=verversingstijd; sal=saliniteit; zrs=zuurstof; chl=chlorofyl-a; doorz=doorzicht; zs=zwevend stof; temp=temperatuur; inst=instraling; wind=windsnelheid

#### 4.1.6 RESULTATEN VOOR DE DIEPTEKLASSE -2 METER TOT -6 METER:

In de middelste diepteklasse tussen -2 meter en -6 meter is de relatie tussen de abiotische variabelen en de dichtheid, biomassa, aantal soorten en similarity index onderzocht. De volgende combinaties vertoonde een significant dalende trend:

- Dichtheid in het najaar in het westelijke deel
- Biomassa in het najaar in het westelijke deel
- Similarity index in het voorjaar in het westelijke deel

##### 4.1.6.1 DICHTHEID

De trendanalyse in het najaar in het westelijke deel een significant dalende trend zien. Dit geval wordt hieronder verder uitgewerkt, de relaties in de drie andere combinaties van gebied en seizoen zijn te vinden in bijlage 1.

Tabel 25 laat zien welke individuele relaties tussen de dichtheid en een abiotische parameter significant ( $p < 0.05$ ) waren. Inlaatdebiet, verversingstijd, saliniteit, zuurstof, chlorofyl-a, doorzicht, zwevend stof en windsnelheid hebben geen invloed op de dichtheid. In het najaar wordt in het westen een relatie gevonden met de variabele die vooral aan het weer zijn gekoppeld, namelijk aan temperatuur en instraling.

Tabel 25: p-waarden van de relatie tussen dichtheid en abiotiek, de zeer significante relaties zijn donkerblauw gekleurd.

seizoen	gebied	Inlaat	ververs	sal	zuurstof	chl-a	doorz	zs	temp	instr	wind
najaar	west	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	0.029	0.047	ns

Tabel 26 geeft aan welke abiotische factoren een significante relatie hebben met dichtheid in de diepteklasse tussen 2 en 6 meter volgens de stepwise modellen. In het geval van inlaatdebiet, verversingstijd, doorzicht, temperatuur en instraling is dat in het najaar in het westelijk deelgebied het geval. Dit zijn naast de temperatuur en instraling die in de individuele modellen ook al als significant zijn gevonden een aantal variabelen extra.

Tabel 26: Stepwise modellen voor de dichtheid, \* geeft een significante relatie aan

seizoen	gebied	Inl	ver	sal	zrs	chl	doorz	zs	temp	instr	wind	D <sup>2</sup>	p
najaar	west	*	*		*		*		*	*		0.55	<0.001

Inl=inlaatdebied; ver=verversingstijd; sal=saliniteit; zrs=zuurstof; chl=chlrofyl-a; doorz=doorzicht; zs=zwevend stof; temp=temperatuur; inst=instraling; wind=windsnelheid

#### 4.1.6.2 BIOMASSA

De biomassa daalt significant in het najaar in het westelijke deel. De analyse van dit geval wordt hieronder beschreven.

De biomassa is in deze diepteklasse is volgens de individuele modellen significant gerelateerd met inlaatdebiet, verversingstijd, zuurstofgehalte, doorzicht, temperatuur en instraling in het najaar van het Westelijke deelgebied (Tabel 27). De stepwise modellen geven dezelfde uitslag (Tabel 28).

Tabel 27: p-waarden van de relatie tussen biomassa en abiotiek, de zeer significante relaties zijn donkerblauw gekleurd

Seizoen	gebied	Inlaat	ververs	Sal	zuurstof	Chl-	doorz	zs	temp	instr	Wind
najaar	west	<0.001	<0.001	ns	<0.001	ns	0.003	ns	<0.001	<0.001	ns

Tabel 28: Stepwise modellen voor de biomassa, \* geeft een significante relatie aan

seizoen	gebied	inl	ver	sal	zrs	chl	doorz	zs	temp	instr	wind	D <sup>2</sup>	p
najaar	west	*	*		*		*		*	*		0.76	<0.001

Inl=inlaatdebied; ver=verversingstijd; sal=saliniteit; zrs=zuurstof; chl=chlrofyl-a; doorz=doorzicht; zs=zwevend stof; temp=temperatuur; inst=instraling; wind=windsnelheid

#### 4.1.6.3 AANTAL SOORTEN

Het aantal soorten liet voor de totale diepte geen significant dalende trend zien. Er zijn daarom geen verklarende relaties met de abiotiek gezocht.

#### 4.1.6.4 SIMILARITY

De similarity index daalt alleen significant in het voorjaar in het oostelijke deel. Dit geval is hieronder uitgewerkt, de tabellen voor de analyse van de andere drie seizoen-gebied combinaties staan in bijlage 1.

De similarity index is niet significant gerelateerd aan de abiotische factoren volgens zowel de individuele als de stepwise modellen (Tabel 29 en Tabel 30).

Tabel 29: p-waarden van de relatie tussen similarity index en abiotiek

seizoen	gebied	inlaat	ververs	sal	zuurstof	Chl-a	doorz	Zs	temp	instr	Wind
Voorjaar	oost	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns

Tabel 30: Stepwise modellen voor de similarity index, \* geeft een significante relatie aan

seizoen	gebied	inl	ver	sal	zrs	chl	doorz	zs	temp	inst	wind	D <sup>2</sup>	p
Voorjaar	oost											1.0	ns

Inl=inlaatdebied; ver=verversingstijd; sal=saliniteit; zrs=zuurstof; chl=chlorofyl-a; doorz=doorzicht; zs=zwevend stof; temp=temperatuur; inst=instraling; wind=windsnelheid

#### 4.1.7 RESULTATEN VOOR DE DIEPTEKLASSE -6 METER EN DIEPER

In de onderste diepte klasse, dieper dan -6 meter, zijn drie significant dalende gevallen aangetroffen, namelijk:

- De dichtheid in het voorjaar in het westelijke deel
- Het aantal soorten in het najaar in het oostelijke deel
- De similarity index in het najaar in het oostelijke deel

##### 4.1.7.1 DICHTHEID

De dichtheid daalde significant in het voorjaar in het westelijke deel. Deze situatie wordt hieronder uitgewerkt. De overige drie situatie zijn ook geanalyseerd, de resultaten zijn in tabelvorm te vinden in bijlage 1.

Tabel 31 laat zien welke individuele relaties tussen de dichtheid en een abiotische parameter significant ( $p < 0.05$ ) waren. Inlaatdebiet, verversingstijd, zuurstofgehalte, doorzicht, temperatuur en instraling hebben geen significante invloed op de dichtheid. Wanneer alleen de zeer significante relaties ( $p < 0.01$ ) worden bekeken is er een relatie met chlorofyl-a gehalte, zwevend stofgehalte en windsnelheid.

Tabel 31: p-waarden van de relatie tussen dichtheid en abiotiek, de zeer significante relaties zijn donkerblauw gekleurd.

Seizoen	variabele	Inlaat	ververs	sal	zuurstof	Chl-a	doorz	zs	temp	instr	Wind
Voorjaar	west	ns	ns	0.021	ns	<0.001	ns	0.004	ns	ns	0.001

Tabel 32 laat de relaties zien tussen dichtheid en de abiotische factoren volgens de stepwise modellen. Ook hier leveren chlorofyl-a, zwevend stofgehalte en windsnelheid een significante bijdrage. Daarnaast zijn deze modellen ook de bijdragen van de verversingstijd, de saliniteit en het zuurstofgehalte significant.

Tabel 32: Stepwise modellen voor de dichtheid, \* geeft een significante relatie aan

seizoen	Gebied	inl	ver	sal	zrs	chl	doorz	zs	temp	inst	wind	D <sup>2</sup>	p
voorjaar	west		*	*	*	*		*			*	0.85	<0.001

Inl=inlaatdebied; ver=verversingstijd; sal=saliniteit; zrs=zuurstof; chl=chlorofyl-a; doorz=doorzicht; zs=zwevend stof; temp=temperatuur; inst=instraling; wind=windsnelheid

##### 4.1.7.2 BIOMASSA

De biomassa liet in de diepste diepteklasse geen significant dalende (of stijgende) trend zien. Er worden daarom hier geen verklarende relaties gepresenteerd. In bijlage 1 zijn de tabellen te vinden met daarin de resultaten van de wel uitgevoerde analyses.

### 4.1.7.3 AANTAL SOORTEN

Het aantal soorten daalt volgens de trendanalyse significant in het najaar in het oostelijke deel. Deze situatie wordt hieronder verder uitgewerkt.

Het aantal soorten in het najaar in het oosten heeft bij gebruik van individuele modellen geen enkele relatie met een abiotische variabele (Tabel 33). In geval van gebruik van multiple modellen heeft zwevend stof een invloed, maar het model is niet significant (Tabel 34).

Tabel 33: p-waarden van de relatie tussen het aantal soorten en abiotiek

Seizoen	variabele	inlaat	ververs	sal	zuurstof	Chl-a	doorz	zs	temp	instr	Wind
najaar	oost	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns

Tabel 34: Stepwise modellen voor de similarity index, \* geeft een significante relatie aan

seizoen	gebied	inl	ver	sal	zst	chl	doorz	zs	temp	inst	wind	D <sup>2</sup>	P
najaar	oost							*				0.24	ns

Inl=inlaatgebied; ver=verversingstijd; sal=saliniteit; zrs=zuurstof; chl=chlrofyf-a; doorz=doorzicht; zs=zwevend stof; temp=temperatuur; inst=instraling; wind=windsnelheid

### 4.1.7.4 SIMILARITY

De similarity index vertoont in het oostelijk deel in het najaar een significant dalende trend. Dit geval wordt hieronder uitgewerkt. De resultaten van de analyses op de overige drie combinaties van seizoen en gebied zijn te vinden in de tabellen in bijlage 1.

De similarity index is niet significant gerelateerd aan de abiotische factoren volgens zowel de individuele als de stepwise modellen wat te zien is in Tabel 35 en Tabel 36.

Tabel 35: p-waarden van de relatie tussen similarity index en abiotiek

Seizoen	variabele	inlaat	ververs	sal	zuurstof	Chl-a	doorz	Zs	temp	instr	Wind
najaar	oost	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns

Tabel 36: Stepwise modellen voor de similarity index, \* geeft een significante relatie aan

Seizoen	variabele	inl	ver	sal	Zrs	chl	doorz	zs	temp	inst	wind	D <sup>2</sup>	P
najaar	oost											1.0	ns

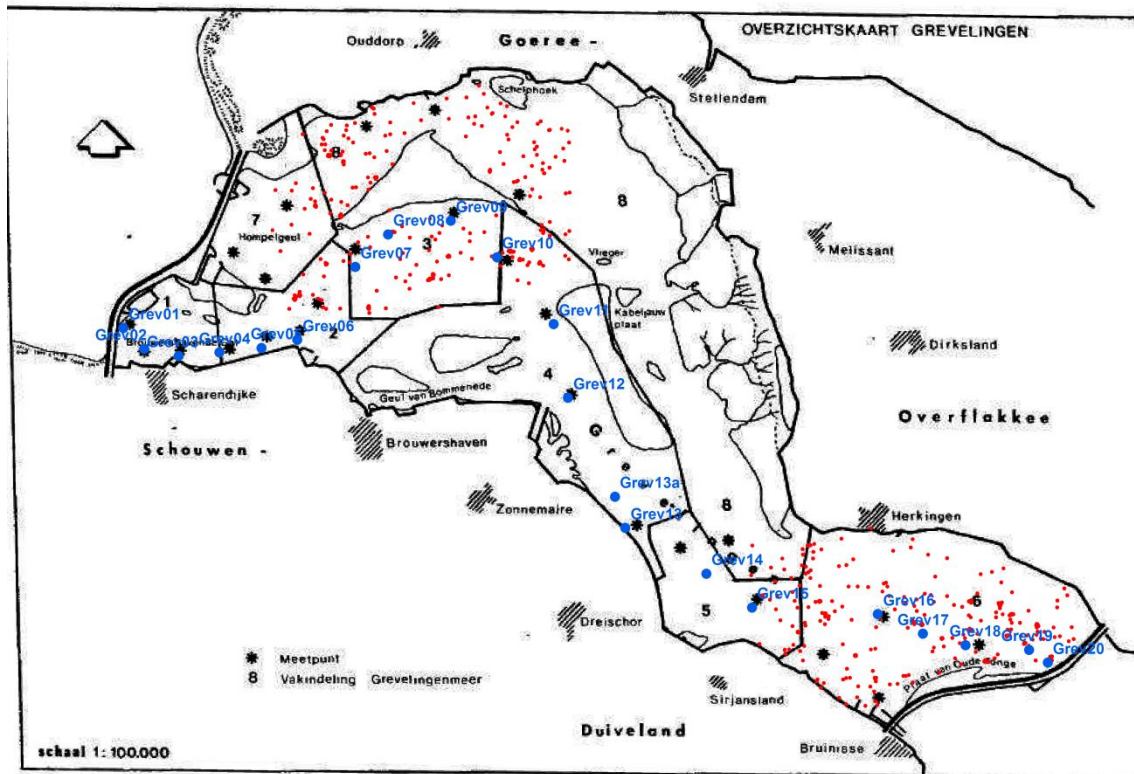
Inl=inlaatgebied; ver=verversingstijd; sal=saliniteit; zrs=zuurstof; chl=chlrofyf-a; doorz=doorzicht; zs=zwevend stof; temp=temperatuur; inst=instraling; wind=windsnelheid

## 4.2 ANALYSES MET GTSO DATA

### 4.2.1 INLEIDING

Het doel van de GTSO dataset is het beschrijven van optreden van de stratificatie en zuurstofhuishouding in het Grevelingenmeer. Vanaf 1990 zijn er data beschikbaar over zuurstofconcentraties, saliniteit en temperatuur op verschillende dieptes.





Figuur 66: GTSO vakken, GTSO punten en BIOMON punten.

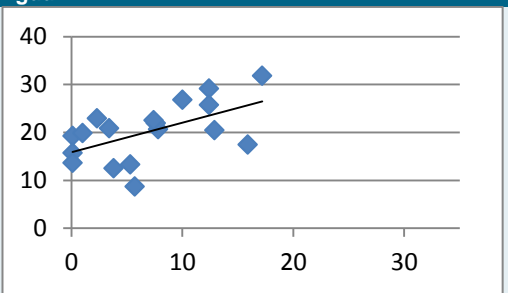
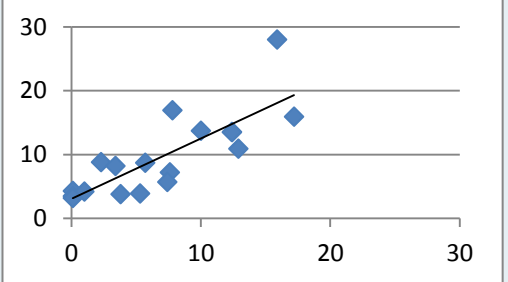
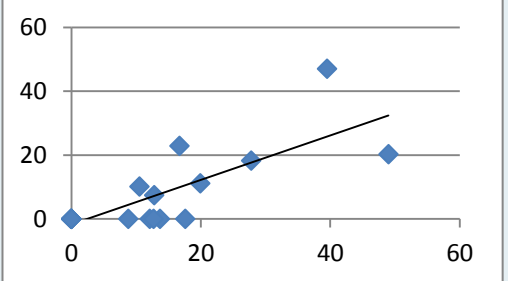
#### 4.2.2 METHODIEK

In het Grevelingenrapport (Wetsteijn, 2011) is per vak het maximale percentage oppervlak berekend dat een zuurstofconcentratie onder de 1 mg/l of 3 mg/l bevat (tabel 7.3 in het rapport). Deze oppervlakten zijn gekoppeld aan de biomassa, dichtheid en aantal soorten in het oostelijke en westelijke deel. Deze informatie is afkomstig uit de MWTL database. Beide vormen van informatie waren beschikbaar voor de periode 1992-2009.

In het westelijke deel liggen de benthosbemonsteringspunten in de vakken 2, 3, 7 en 8. Vak 8 is echter zeer groot en niet representatief voor het westelijke deel. Vak 3 is het meest representatieve. In het oostelijke deel liggen verreweg de meeste punten in vak 6, en een aantal in vak 5 en 8, waarbij ook in dit geval vak 8 niet representatief is.

Onderzocht is in hoeverre de procentuele oppervlakten met zuurstofconcentraties onder de 1 mg/l in de vakken met elkaar vergelijkbaar zijn. Wanneer deze dezelfde trend vertonen kan de analyse aan de hand van het meest representatieve vak plaats vinden. Tabel 37 geeft de resultaten. De tabel laat een significante correlatie tussen de oppervlakten in de vakken zien. Daarom is besloten de analyse voor het westelijke deel uit te voeren op basis van de gegevens van vak 3 en voor het oostelijk deel op basis van de gegevens van vak 6.

Tabel 37: Relatie tussen de oppervlakten met een zuurstofconcentratie onder de 1 mg/l in de verschillende vakken.

Deel	x-as	y-as	R <sup>2</sup>	figuur
Westelijk	Vak 3	Vak 2	0.32	
westelijk	Vak 3	Vak 7	0.65	
oostelijk	Vak 6	Vak 5	0.60	

Naast de vakken zijn er ook de verschillende GTSO meetpunten, zie Figuur 66. De westelijke BIOMON punten liggen bij meetpunt 7 t/m 10. De oostelijke meetpunten liggen bij de meetpunten 15 t/m 20. De najaarsgegevens van benthos zijn gekoppeld aan de septembermetingen in hetzelfde jaar binnen het GTSO programma die binnen hetzelfde gebied liggen. Dit leverde in het oostelijke deel informatie tussen 1992 en 2010 op, en voor het westelijke deel tussen 1993 en 2010, waarbij in beide gebieden er geen informatie van 2009 aanwezig is.

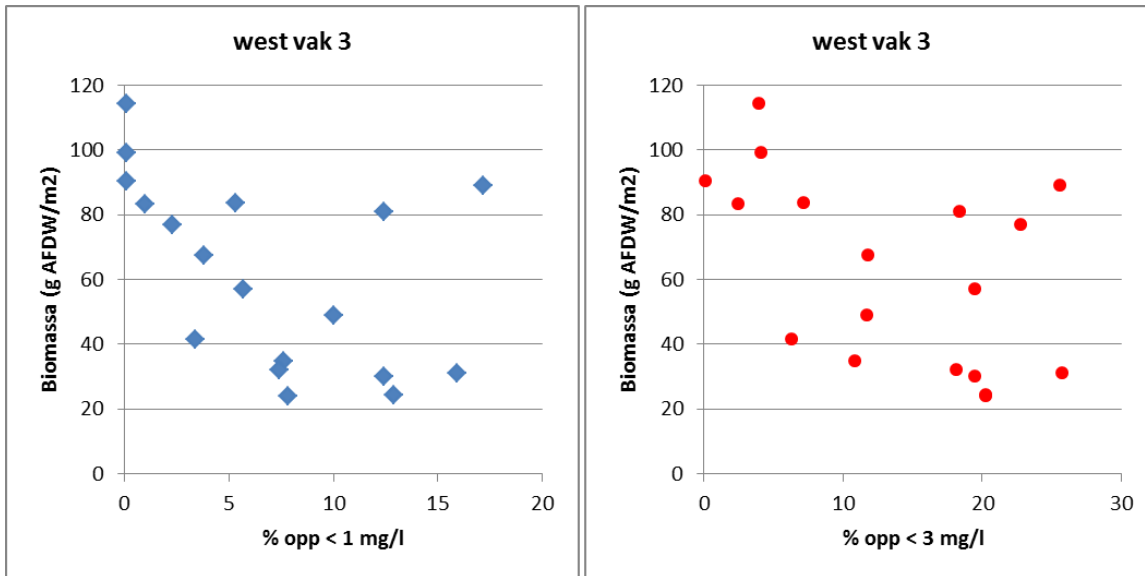
De gemiddelde zuurstofconcentratie, saliniteit en temperatuur is vervolgens aan de biomassa, dichtheid en aantal soorten in de deelgebieden gekoppeld.

### 4.2.3 RESULTATEN

#### 4.2.3.1 WESTELIJKE DEEL

De relatie tussen de biomassa in september en het maximum percentage met een zuurstofconcentratie onder de 1 en 3 mg/l is weergegeven in Figuur 67. In beide gevallen lijkt de biomassa minder te zijn naar mate er een groter oppervlak met een lage zuurstofconcentratie is geweest. Bij een grenswaarde van 1 mg/l

is de biomassa bij lage percentages oppervlakte snel lager, bij hoger percentage lijkt de biomassa zich te stabiliseren. Bij de grenswaarde van 3 mg/l is de trend meer lineair dalend.



Figuur 67: Relatie tussen het maximum percentage oppervlakte met een zuurstofconcentratie onder de 1 mg/l (links) en 3 mg/l (rechts) en de biomassa (g AFDW/m²).

De relatie tussen oppervlakte met een zuurstofconcentratie onder de 1 mg/l en de biomassa kan het beste worden beschreven met een powercurve. Dit is weergegeven in Figuur 68. De vergelijking van de powercurve is:

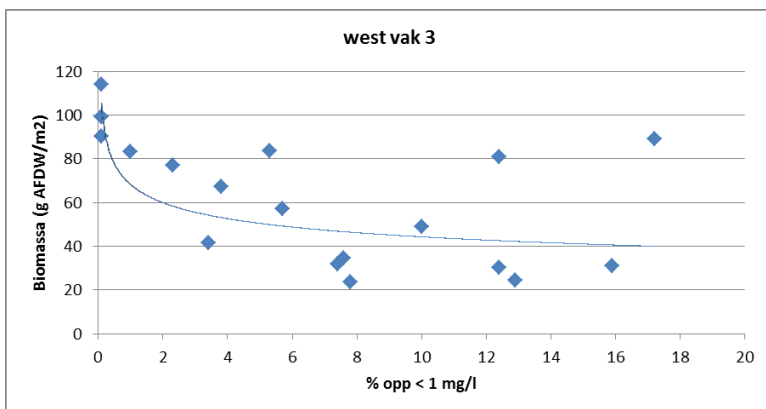
$$B = 68,4 * O^{-0,188}$$

Waarin

B = biomassa (g AFDW/m²)

O = percentage oppervlakte met een zuurstofconcentratie lager dan 1 mg/l (-)

Met deze vergelijking wordt 40% van de variantie in de data verklaard (p<0.01).



Figuur 68: Relatie tussen oppervlakte met een zuurstofconcentratie onder de 1 mg/l en de biomassa en de powercurve die deze relatie beschrijft.

De relatie tussen oppervlakte met een zuurstofconcentratie onder de 1 mg/l en de biomassa kan het beste worden beschreven met een lineaire curve. Dit is weergegeven in Figuur 69. De vergelijking van de powercurve is:

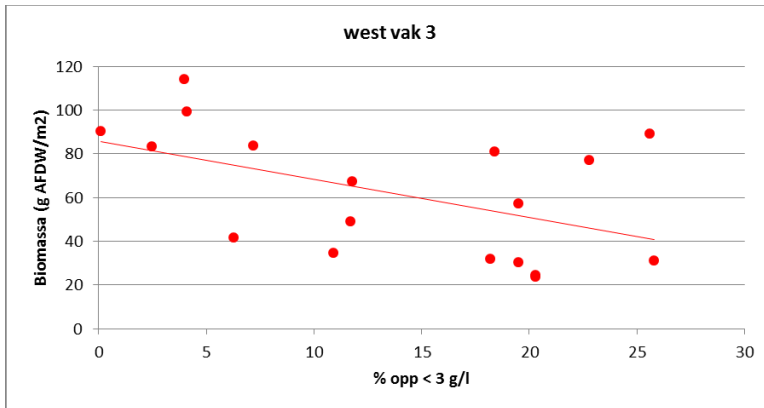
$$B = -1.75 * O + 85.8$$

Waarin

B = biomassa (g AFDW/m<sup>2</sup>)

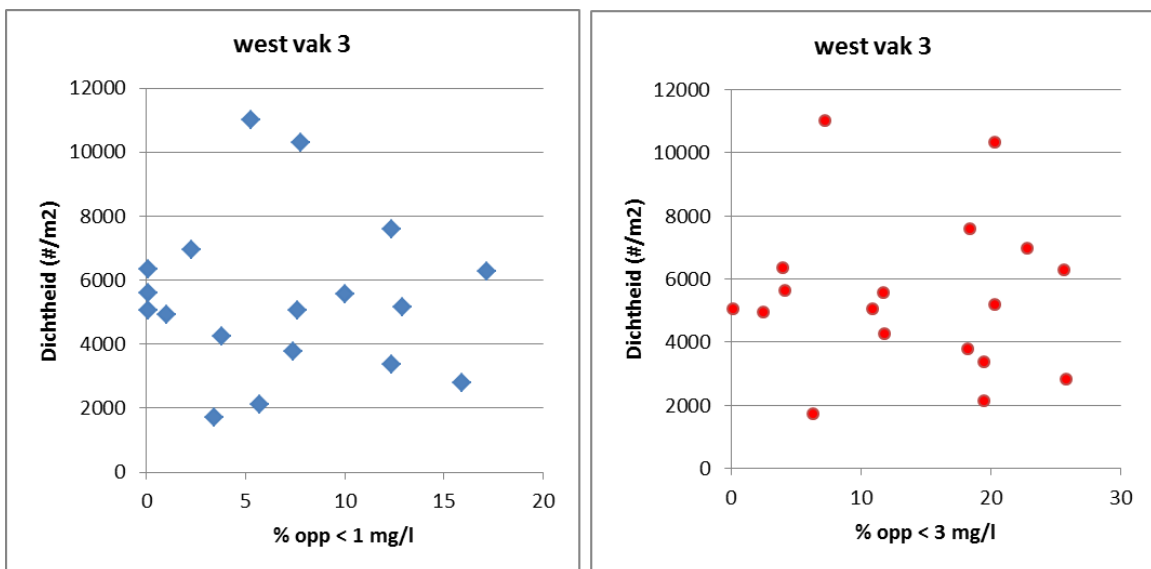
O = percentage oppervlakte met een zuurstofconcentratie lager dan 1 mg/l (-)

Met deze vergelijking wordt 25% van de variantie in de data verklaard (p<0.05).



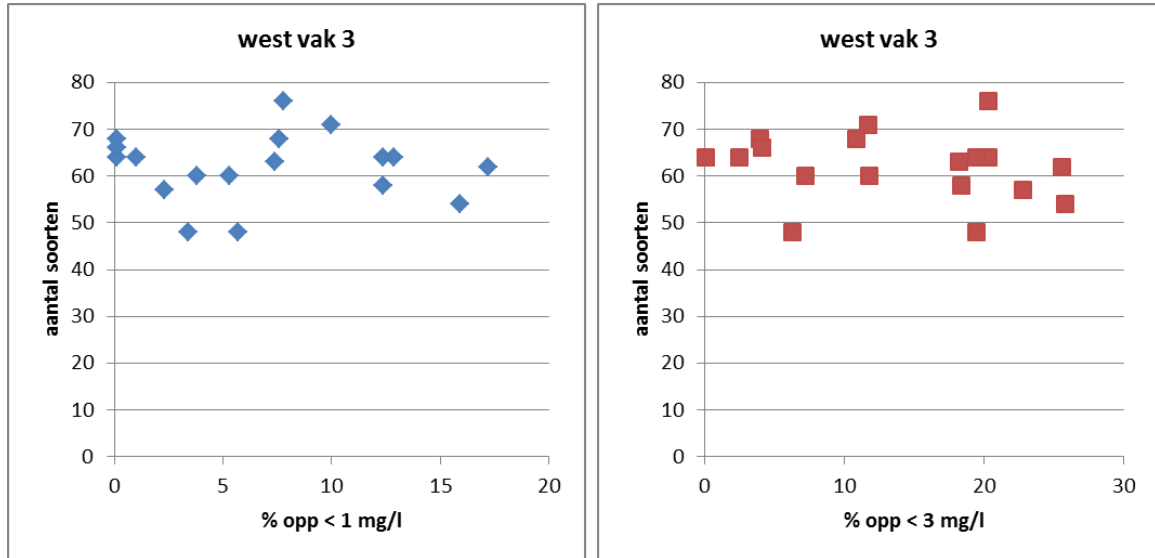
Figuur 69: Relatie tussen oppervlakte met een zuurstofconcentratie onder de 1 mg/l en de biomassa en de powercurve die deze relatie beschrijft.

Voor de dichtheid valt er geen relatie te vinden met het percentage oppervlakte met een lage zuurstofconcentratie. In Figuur 70 is deze relatie weergegeven. Correlatie analyses geven ook geen significantie correlaties weer ( $r^2=0.0017$  voor de grenswaarde van 1 mg/l en  $r^2=0.0011$  voor de grenswaarde van 3 mg/l; lineair model;  $p>0.05$ ).



Figuur 70: Relatie tussen het maximum percentage oppervlakte met een zuurstofconcentratie onder de 1 mg/l (links) en 3 mg/l (rechts) en de dichtheid (#/m<sup>2</sup>).

Voor het aantal soorten is er ook geen relatie te vinden met het percentage oppervlakte met een lage zuurstofconcentratie. In Figuur 71 is deze relatie weergegeven. Correlatie analyses geven ook geen significantie correlaties weer ( $r^2=0.0010$  voor de grenswaarde van 1 mg/l en  $r^2=0.031$  voor de grenswaarde van 3 mg/l; lineair model;  $p>0.05$ ).



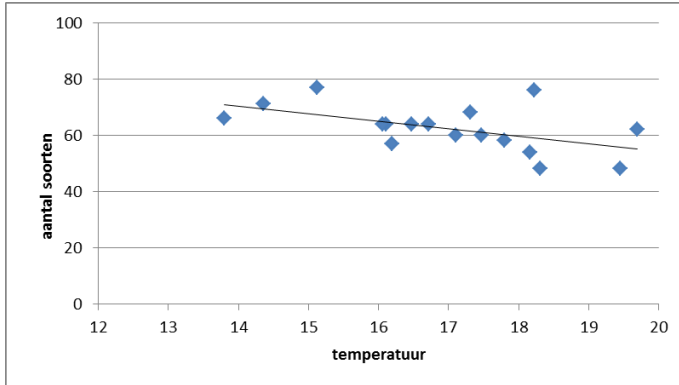
Figuur 71: Relatie tussen het maximum percentage oppervlakte met een zuurstofconcentratie onder de 1 mg/l (links) en 3 mg/l (rechts) en het aantal soorten.

De septemberwaarden van de GTSO data correleerde nauwelijks significant met BIOMON data.

Tabel 39 laat de resultaten zien. Alleen het aantal soorten had een negatieve relatie met temperatuur. Figuur 72 geeft deze relatie weer.

Tabel 38: Resultaten correlatie analyse

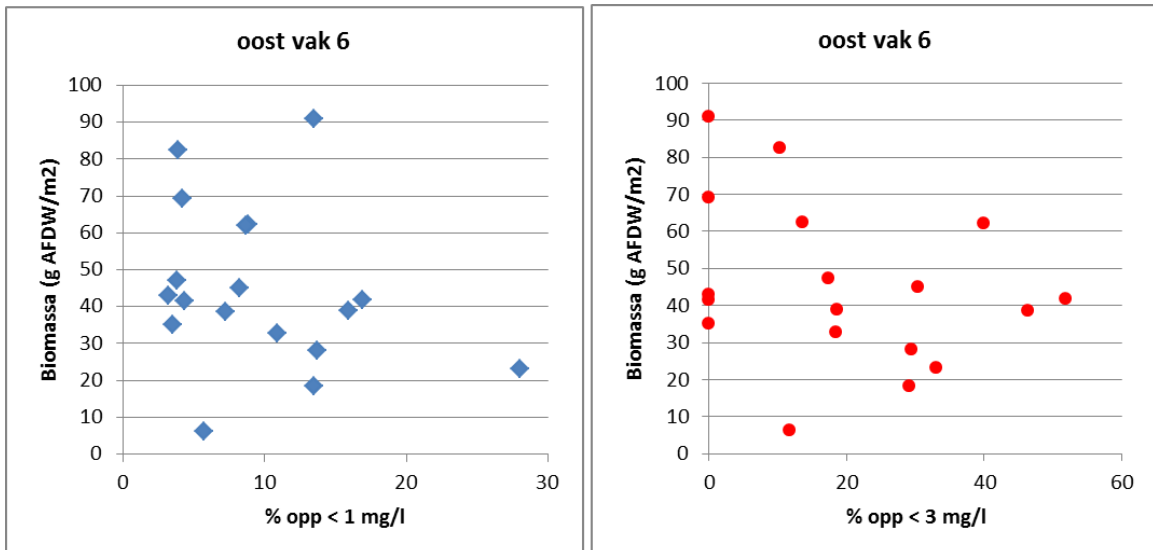
	zuurstofconcentratie			Saliniteit			Temperatuur		
	$r^2$	richting	significant	$r^2$	richting	significant	$r^2$	richting	Significant
Biomassa	0.087	stijgend	Nee	0.18	dalend	Nee	0.065	dalend	Nee
Dichtheid	0.16	stijgend	nee	0.035	stijgend	Nee	0.0019	dalend	Nee
Aantal soorten	0.11	stijgend	nee	0.001	vlak	nee	0.28	dalend	Ja, $p<0.05$



Figuur 72: Relatie tussen temperatuur en aantal soorten.

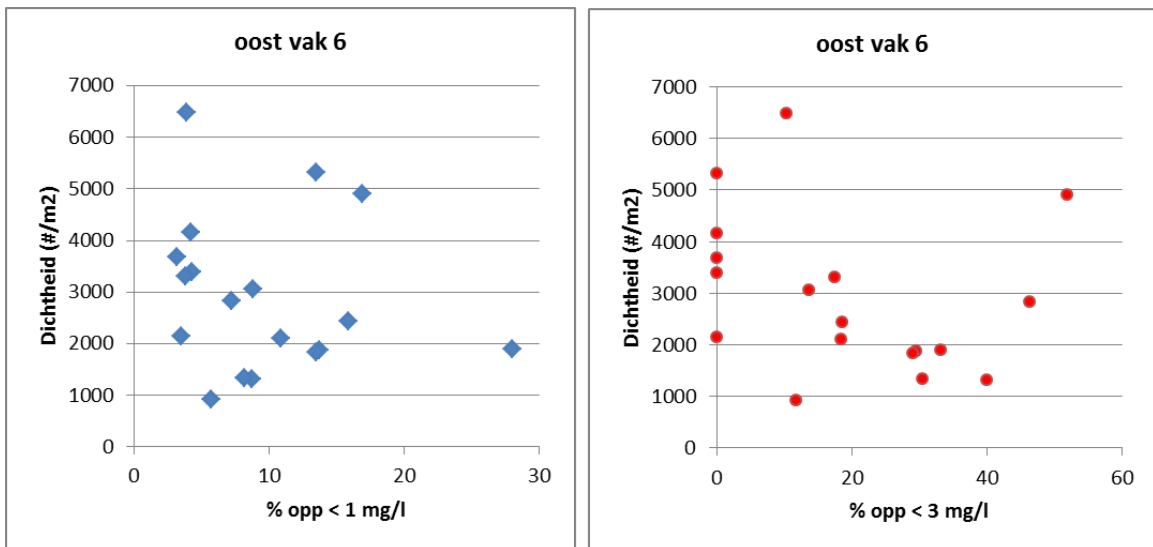
#### 4.2.3.2 OOSTELIJK DEEL

De relatie tussen de biomassa in september en het maximum percentage met een zuurstofconcentratie onder de 1 en 3 mg/l is weergegeven in Figuur 73. In beide gevallen lijkt de biomassa minder te zijn naar mate er een groter oppervlak met een lage zuurstofconcentratie is geweest, maar de afname is niet erg duidelijk. Voor geen enkel model komen de percentages verklaarde variantie boven de 10% uit. Lineaire modellen geven het beste resultaat met een  $r^2$  van 0.064 bij 1 mg/l en van 0.090 bij 3 mg/l, maar dat is verre van significant.



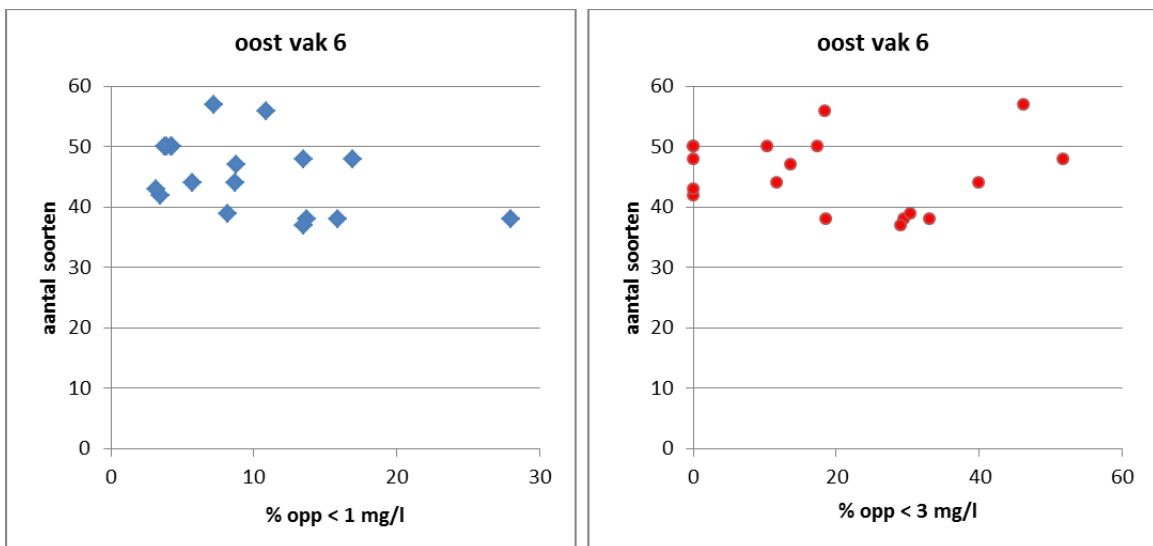
Figuur 73: Relatie tussen het maximum percentage oppervlakte met een zuurstofconcentratie onder de 1 mg/l (links) en 3 mg/l (rechts) en de biomassa (g AFDW/m<sup>2</sup>).

Voor de dichtheid valt er ook geen relatie te vinden met het percentage oppervlakte met een lage zuurstofconcentratie. In Figuur 74 is deze relatie weergegeven. Correlatie analyses geven ook geen significantie correlaties weer ( $r^2=0.029$  voor de grenswaarde van 1 mg/l en  $r^2=0.078$  voor de grenswaarde van 3 mg/l; lineair model;  $p>0.05$ ).



Figuur 74: Relatie tussen het maximum percentage oppervlakte met een zuurstofconcentratie onder de 1 mg/l (links) en 3 mg/l (rechts) en de dichtheid (#/m<sup>2</sup>).

Voor het aantal soorten is er ook geen relatie te vinden met het percentage oppervlakte met een lage zuurstofconcentratie. In Figuur 75 is deze relatie weergegeven. Correlatie analyses geven ook geen significantie correlaties weer ( $r^2=0.018$  voor de grenswaarde van 1 mg/l en  $r^2=0.0056$  voor de grenswaarde van 3 mg/l; lineair model;  $p>0.05$ ).



Figuur 75: Relatie tussen het maximum percentage oppervlakte met een zuurstofconcentratie onder de 1 mg/l (links) en 3 mg/l (rechts) en het aantal soorten.

De september resultaten van de GTSO metingen correleerde niet met de BIOMON gegevens uit september van dat jaar. Tabel 37 geeft de resultaten weer.

Tabel 39: Resultaten correlatie analyse

	zuurstofconcentratie			saliniteit			Temperatuur		
	R2	richting	significant	R2	richting	significant	R2	richting	Significant
Biomassa	0.026	stijgend	nee	0.083	Dalend	nee	0.017	stijgend	Nee
Dichtheid	0.036	stijgend	Nee	0.022	dalend	Nee	0.031	dalend	Nee
Aantal soorten	0.0002	vlak	nee	0.052	dalend	Nee	0.0057	vlak	Nee

### 4.3 RELATIE BENTHOS EN BEGIATTOA MATTEN

#### 4.3.1 INLEIDING

In het Grevelingenmeer komen witte matten voor. Deze matten worden veroorzaakt door de bacterie *Beggiatoa* spp.. De *Beggiatoa* matten kunnen worden gezien als indicator voor zuurstofloze omstandigheden, maar komen ook onder meer zuurstofrijke situaties voor (Lengkeek, et al., 2010). Er is een relatie te leggen tussen het bedekkingspercentage met *Beggiatoa* matten en de schade aan het bodemleven (in drie klassen: geen schade, schade en alles dood). De onbeschadigde bodemgemeenschappen waren in 61% van de gevallen ook niet bedekt met bacteriematten, en omgekeerd was in 23% van de gevallen een bacteriemat aanwezig en de bodemgemeenschap beschadigd. In 16% van de gevallen was er of geen bedekking en wel beschadiging, of wel bedekking maar geen beschadiging. Er lijkt dus een relatie te zijn tussen de bodemgemeenschap en de bedekking door *Beggiatoa* matten.

Tabel 40: relatie tussen bedekking met bacteriemat en beschadiging bodemgemeenschap (Lengkeek, et al., 2010).

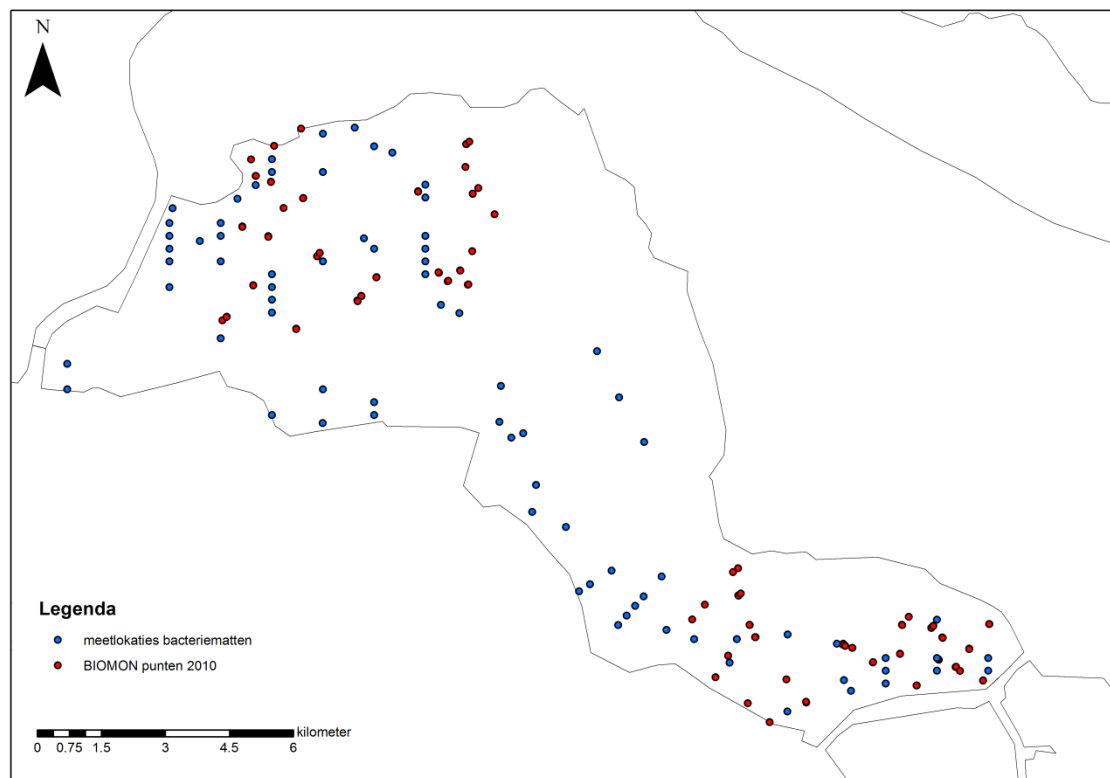
	Niet bedekt door bacteriemat	Bedekt door bacteriemat
Onbeschadigd	61	3
Beschadigd	13	23

In deze paragraaf is gekeken in hoeverre de gevonden biomassa's en dichtheden uit de BIOMON bemonstering beïnvloed zijn door de vorming van *Beggiatoa* matten.

#### 4.3.2 METHODIEK

Door RWS zijn de coördinaten van de monsterpunten van *Beggiatoa* aangeleverd. *Beggiatoa* is bemonsterd in augustus 2010 (Lengkeek, et al., 2010), maart 2011 (Lengkeek & Bouma, 2011) en augustus 2013 (Didderen, et al., 2013). De benthos database loopt tot en met het najaar van 2010. Figuur 76 laat de ligging van de BIOMON punten 2010 en *Beggiatoa* meetpunten zien.



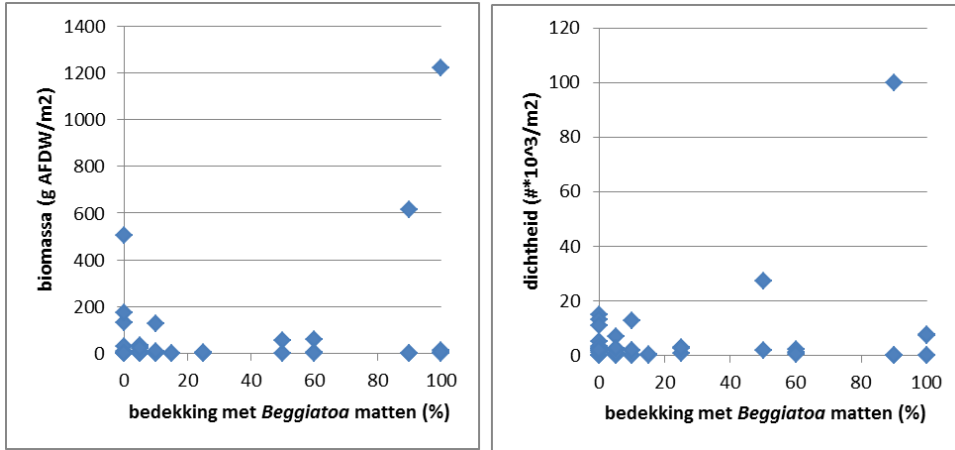


Figuur 76: Ligging van de BIOMON meetpunten 2010 en de meetpunten voor *Beggiatoa* matten

Er is geen eenduidige overlap tussen beide meetpunten. Daarom zijn in BIOMON punten aan het dichtstbijzijnde *Beggiatoa* punt gekoppeld en de afstand tussen beide punten geregistreerd. De analyses zijn uitgevoerd met die punten waarbij de afstand tussen de locaties minder dan één kilometer was. Voor die punten zijn de bacteriemat bedekkingen zoals gepresenteerd in het rapport van 2010 (Lengkeek, et al., 2010) gebruikt.

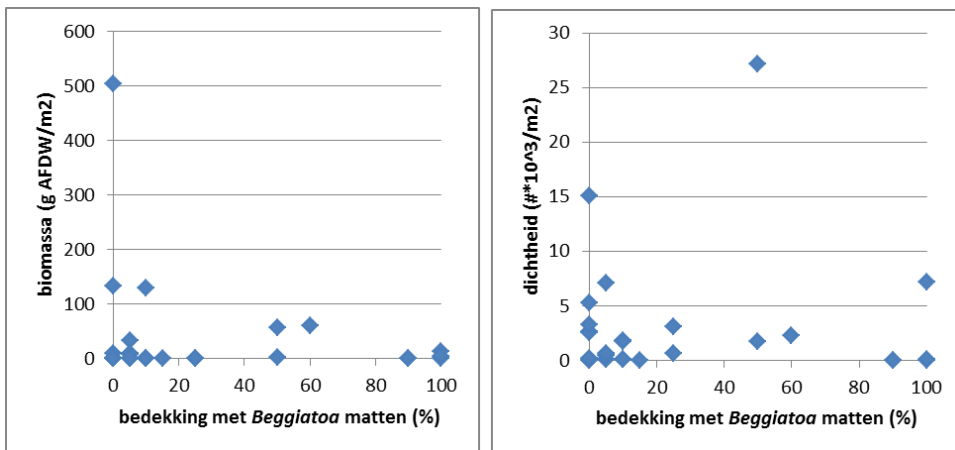
#### 4.3.3 RESULTATEN

Wanneer als afstand tussen punten maximaal één kilometer wordt gebruikt, levert dit een beeld op waarbij de hoogste biomassa's en dichtheden bij de hoogste bedekkingspercentages komen. Figuur 77 laat dit zien. Dit is niet geheel onverwacht omdat een kilometer afstand tussen punten eigenlijk er groot is.

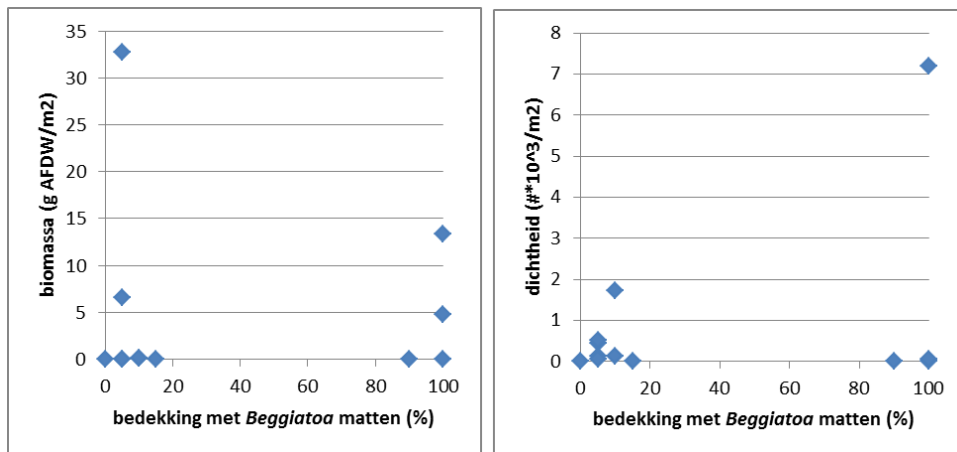


Figuur 77: Relatie tussen de bedekking met *Beggiatoa* matten en de biomassa en dichtheid van benthos op een afstand van maximaal 1000 meter tussen beide punten.

Bij een maximale afstand van 500 meter is het beeld meer conform de verwachting (Figuur 78), maar bij een maximale afstand van 300 meter weer niet (Figuur 79).



Figuur 78: Relatie tussen de bedekking met *Beggiatoa* matten en de biomassa en dichtheid van benthos op een afstand van maximaal 500 meter tussen beide punten.



Figuur 79: Relatie tussen de bedekking met *Beggiatoa* matten en de biomassa en dichtheid van benthos op een afstand van maximaal 300 meter tussen beide punten.

# 5

## Conclusie en discussie

### 5.1 ALGEMEEN

De analyses in hoofdstuk vier zijn uitgevoerd met vier biologische variabelen die in het voorjaar en najaar op de diverse locaties zijn gemeten. Bij het beschouwen van de resultaten is het van belang te realiseren dat deze variabelen aan elkaar gekoppeld zijn. Ten eerste onderling, een biomassa correleert over het algemeen met dichtheid, en aantal soorten en similarity index zijn ook niet onafhankelijk van elkaar te beschouwen. Ook leidt een hogere dichtheid inherent tot een hogere kans op meer soorten, en zijn deze variabelen ook aan elkaar gekoppeld. Daarnaast is er natuurlijk een sterke koppeling tussen de waarden in voorjaar en najaar, hoewel deze niet één op één is.

Er zijn vijf biologische variabelen geanalyseerd, namelijk biomassa, dichtheid, dichtheid zonder muiltjes en oesters, aantal soorten en de similarity index. Alle vijf zijn belangrijke indicatoren voor het functioneren van het ecosysteem. Biomassa is echter een zeer belangrijke parameters in het ecosysteem, in combinatie met de diversiteit (aantal soorten, een hoge biomassa moet van meerdere soorten komen).

### 5.2 TREND VAN HET BENTHOS IN HET GREVELINGENMEER

In Figuur 80 zijn de resultaten van de trendanalyse schematisch weergegeven. Algemene beeld is dat er in het westen vaker sprake is van een dalende trend vergeleken met het oosten. Dit zou kunnen duiden op een invloed vanuit de Brouwerdam die het sterkste inwerkt op de biomassa in het westelijke deel, en in de bovenste waterlaag. Per biologische variabele kunnen de volgende conclusies worden getrokken:

#### *Biomassa*

De totale biomassa per vierkante meter daalt in het voorjaar in zowel het westelijke als het oostelijke deel significant. In het najaar is in het oostelijke deel deze daling niet meer aanwezig. De daling in biomassa lijkt vooral gekoppeld aan een daling in de bovenste 2 meter. Alleen in het westen in het najaar is ook een daling geconstateerd in de diepteklasse tussen 2 en 6 meter diepte.

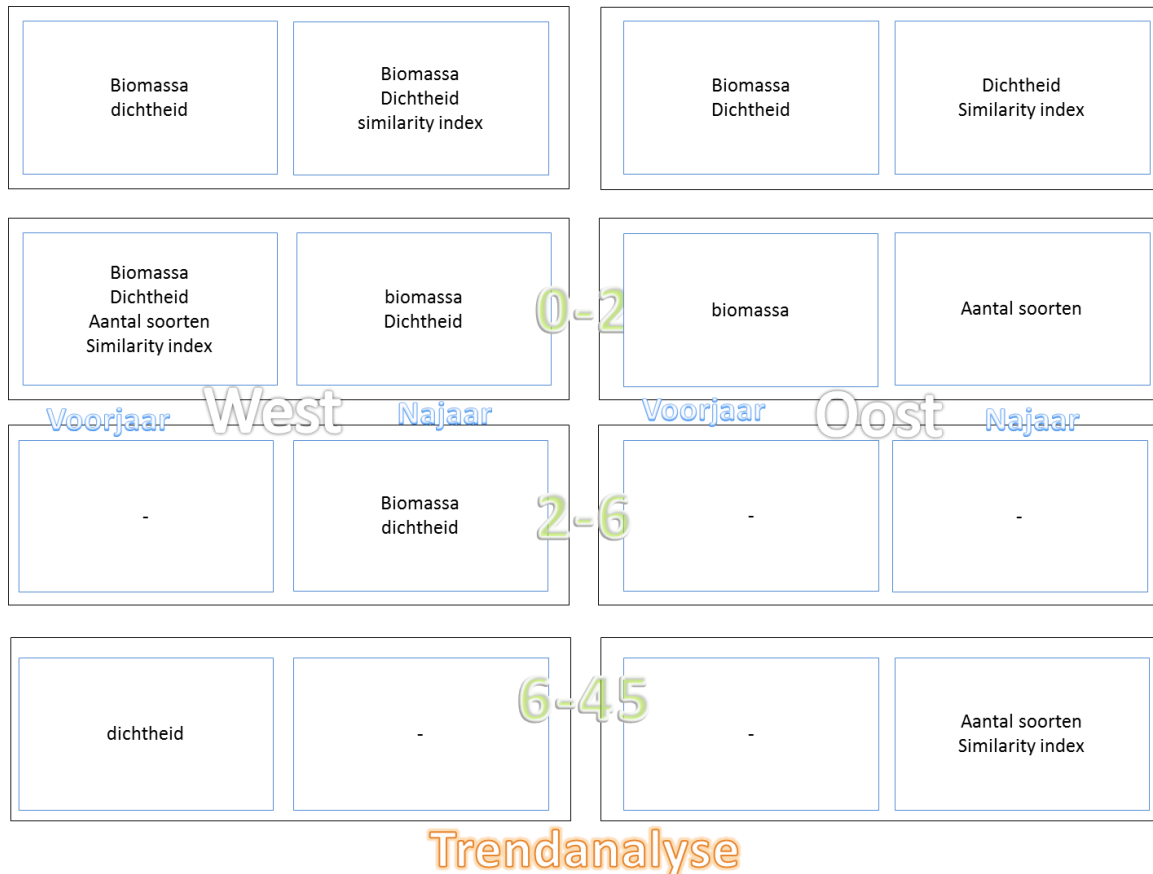
De biomassa wordt gedomineerd door de soorten *Crepidula fornicata* en *Crassostrea gigas*. Wanneer deze soorten echter uit de database worden weggelaten levert dit min of meer dezelfde trends in biomassa op.

#### *Dichtheid*

De dichtheid daalt aan beide zijden, oost en west, in zowel voorjaar als najaar. In het oostelijk deel lijkt deze daling niet gekoppeld aan een diepteklasse, als deze individueel worden beschouwd (minder data!) dan treedt er nergens een significante daling op. In het westelijke deel lijkt de daling wel duidelijk gekoppeld aan met name de meest ondiepe klasse en in het najaar ook aan de klasse tot -6 meter. Er is tevens een daling in de dichtheid geconstateerd in het voorjaar in het oostelijk deel in de diepste diepteklasse.

**Aantal soorten en similarity index**

Deze beide variabelen vertonen voor de gehele deelgebieden een minder duidelijke scheiding in geografische zin, maar lijken juist met name in het najaar een significante daling te vertonen. In het oostelijke deel wordt dit ook duidelijk door de drie diepteklassen heen teruggevonden. In het westelijke deel echter niet, wanneer daar naar de individuele diepteklassen wordt gekeken is de meest ondiepe klasse in het voorjaar degene met de significante daling van deze biologische variabelen.



Figuur 80: Schematische weergave resultaten trendanalyses

**Dalende trend**

Wanneer de resultaten van de trendanalyse worden beschouwd liggen de grootste dalende trends in het westelijke deel van het Grevelingenmeer en in de bovenste laag (0 tot 2 meter). Met name in het voorjaar daalt de waarde van alle onderzochte variabelen. Biomassa, wat een belangrijke variabele wordt geacht te zijn, daalt duidelijk aan de westkant in de bovenste laag, en ook nog in de middelste laag. Aan de oostkant wordt alleen een daling in het voorjaar gevonden.

**5.3 URGENTIE**

In hoofdstuk vier zijn voor diverse biologische variabelen neergaande trends vastgesteld. Een significante daling kan echter een snelle daling betekenen, maar ook een hele langzame (maar toch significant). Daarom is voor iedere biologische variabele al in hoofdstuk 3 gepresenteerd met hoeveel de variabele daalt per jaar en hoeveel de afname in de 18 jaar monitoring ongeveer is geweest. Dit is allemaal vastgesteld aan de hand van het gefitte lineaire model, niet aan de hand van de data. Deze informatie is nogmaals samengevat in

Tabel 41. Daarbij is aan de hand van de KRW indeling (Tabel 44) gekeken wat de EKR score van de parameter in 2010 is.

Tabel 41: Afname van de biologische variabelen met een significante lineaire trend, volgens het gefitte model

		Daling per jaar		Percentage afname tussen 1992 en 2010	KRW klasse in 2010
Alle dieptes	Voorjaar westelijk deel	Biomassa	3.2 g AFDW/m <sup>2</sup>	64%	ontoereikend
		Biomassa zonder	1.8 g AFDW/m <sup>2</sup>	78%	-
		Dichtheid	12000/m <sup>2</sup>	87%	slecht
		Aantal soorten	Niet significant		Matig
		Similarity index	Niet significant		-
	Najaar westelijk deel	Biomassa	4.0 g AFDW/m <sup>2</sup>	73%	ontoereikend
		Biomassa zonder	1.6 g AFDW/m <sup>2</sup>	71%	-
		Dichtheid	210/m <sup>2</sup>	52%	ontoereikend
		Aantal soorten	Niet significant		Matig
		Similarity index	0.012	6%	-
	Voorjaar oostelijk deel	Biomassa	3.2 g AFDW/m <sup>2</sup>	52%	Ontoereikend
		Biomassa zonder	0.86 g AFDW/m <sup>2</sup>	78%	-
		Dichtheid	5000/m <sup>2</sup>	66%	Ontoereikend
		Aantal soorten	Niet significant		Matig
		Similarity index	Niet significant		-
	Najaar oostelijk deel	biomassa	Niet significant	-	slecht
		Biomassa zonder	0.78 g AFDW/m <sup>2</sup>	70%	-
		Dichtheid	108/m <sup>2</sup>	49%	slecht
		Aantal soorten	Niet significant		Ontoereikend
		Similarity index	0.016	9%	-
0 tot -2 meter	Voorjaar westelijk deel	Biomassa	3.7 g AFDW/m <sup>2</sup>	90%	Slecht
		Biomassa zonder	Niet significant		-
		Dichtheid	450/m <sup>2</sup>	98%	Slecht
		Aantal soorten	0.8	48%	
		Similarity index	0.043	25%	
	Najaar westelijk deel	Biomassa	3.5 g AFDW/m <sup>2</sup>	99%	Slecht
		Biomassa zonder	Niet significant		-
		Dichtheid	100/m <sup>2</sup>	54%	Slecht
		Aantal soorten	Niet significant		
		Similarity index	Niet significant		
	Voorjaar oostelijk deel	biomassa	1.2 g AFDW/m <sup>2</sup>	81%	Slecht
		Biomassa zonder	0.60 g AFDW/m <sup>2</sup>	78%	-
		dichtheid	Niet significant		Slecht
		Aantal soorten	Niet significant		Slecht
		Similarity index	Niet significant		-
Najaar oostelijk deel	biomassa	Niet significant		Slecht	
	Biomassa	1.0 g AFDW/m <sup>2</sup>	92%	-	

		zonder			
		dichtheid	Niet significant		slecht
		Aantal soorten	0.15	16%	Slecht
		Similarity index	Niet significant		-
-2 tot -6 meter	Voorjaar westelijk deel	Biomassa	Niet significant		Goed
		Biomassa zonder	Niet significant		-
		Dichtheid	Niet significant		Ontoereikend
		Aantal soorten	Niet significant		Ontoereikend
		Similarity index	Niet significant		-
	Najaar westelijk deel	Biomassa	5.2 g AFDW/m <sup>2</sup>	57%	Matig
		Biomassa zonder	1.5 g AFDW/m <sup>2</sup>	50%	-
		Dichtheid	300/m <sup>2</sup>	49%	Goed
		Aantal soorten	Niet significant		Ontoereikend
		Similarity index	Niet significant		-
	Voorjaar oostelijk deel	biomassa	Niet significant		matig
		Biomassa zonder	1.1 g AFDW/m <sup>2</sup>	77%	-
		dichtheid	Niet significant		Matig
		Aantal soorten	Niet significant		Ontoereikend
		Similarity index	Niet significant		-
	Najaar oostelijk deel	biomassa	Niet significant		Ontoereikend
		Biomassa zonder	0.97 g AFDW/m <sup>2</sup>	72%	-
		dichtheid	Niet significant		Ontoereikend
		Aantal soorten	Niet significant		Ontoereikend
		Similarity index	Niet significant		-
-6 tot -45 meter	Voorjaar westelijk deel	biomassa	Niet significant		Matig
		Biomassa zonder	0.54 g AFDW/m <sup>2</sup>	42%	-
		dichtheid	600/m <sup>2</sup>	84%	slecht
		Aantal soorten	Niet significant		Ontoereikend
		Similarity index	Niet significant		-
	Najaar westelijk deel	biomassa	Niet significant		Ontoereikend
		Biomassa zonder	Niet significant		-
		dichtheid	Niet significant		Ontoereikend
		Aantal soorten	Niet significant		Ontoereikend
		Similarity index	Niet significant		-
	Voorjaar oostelijk deel	biomassa	Niet significant		slecht
		Biomassa zonder	0.63 g AFDW/m <sup>2</sup>	74%	-
		dichtheid	Niet significant		Slecht
		Aantal soorten	Niet significant		Ontoereikend
		Similarity index	Niet significant		-
Najaar oostelijk	biomassa	Niet significant		slecht	



	deel	Biomassa zonder	0.38 g AFDW/m <sup>2</sup>	45%	-
		dichtheid	Niet significant		Slecht
		Aantal soorten	0.4	34%	Slecht
		Similarity index	0.019	12%	-

Ook bij deze tabel moet men zich goed realiseren dat de variabelen hier weliswaar allemaal apart zijn gepresenteerd, maar dat ze onderling en in de tijd gekoppeld zijn. Het kan niet zijn dat de dichtheid op zeker moment nul is, maar de biomassa niet. Ook zit er een zekere koppeling tussen voorjaar en najaar (hoewel het wel kan voorkomen dat een variabele in het voorjaar nul is en in het najaar niet, of andersom).

Wanneer dreigt het waar fout te gaan? De locaties en variabelen met een hoge urgentie, waarvan het model voorspelt dat de variabele snel naar een laag niveau afneemt zijn:

- Westelijke deel
  - Alle dieptes: dichtheid (voorjaar)
  - 0 tot -2 meter: dichtheid (voorjaar) en biomassa (voorjaar en najaar)
  - -6 tot -45 meter: dichtheid (voorjaar)
- Oostelijk deel
  - 0 tot -2 meter: biomassa (voorjaar)

Dit overzicht laat zien dat niet alleen, zoals in de vorige paragraaf geconcludeerd, er meer neergaande trends in het westelijke deel zijn ten opzichte van het oostelijke deel, maar dat de urgentie in het westen ook hoger is.

## 5.4 BETEKENIS VOOR DOELEN NATURA 2000 EN KADERRICHTLIJN WATER

### 5.4.1 NATURA 2000

Het macrobenthos zelf is binnen Natura 2000 niet als aparte soort beschermd. Wel speelt het in dit beschermingsregime een rol als enerzijds onderdeel van de kwaliteit van habitatypes, en anderzijds als voedsel voor beschermde vogels. Vogels leven of direct van (delen van) het macrobenthos, of van de vis die op het macrobenthos predeert.

#### 5.4.1.1 VOEDSEL VOOR VOGELS

Het Grevelingenmeer kent nauwelijks een getijverschil en er zijn dan ook geen grote twee maal daags droogvallende gebieden waar vogels (met name steltlopers) kunnen foerageren. De vogels die direct op het macrobenthos foerageren zijn de soorten die duiken naar deze bodemdieren. Kleine wormen zijn met deze foerageerwijze moeilijk te pakken te krijgen en zijn energietechnisch niet interessant (de opbrengst weegt niet op tegen de inspanning de worm te zoeken, vinden en pakken) Predatie vindt vaak plaats op grotere schelpdieren en garnaal(achtigen). Wanneer gekeken wordt naar de op de meeste plaatsen voorkomende soorten (

Tabel 42) dan valt direct op dat dit voornamelijk polychaete wormen zijn. Dat geldt ook voor de bovenste 2 meter, die voor duikende vogels het beste bereikbaar is (Tabel 43).

Tabel 42: Top tien van soorten die het vaakste op monsterpunten in de deelgebieden zijn aangetroffen.

Westelijk deel			Oostelijk deel	
	soorten	klasse	Soorten	klasse
1	Oligochaeta		<i>Platynereis dumerilii</i>	polychaeta
2	<i>Nereis succinea</i>	polychaeta	Oligochaeta	
3	<i>Crepidula fornicata</i>	gastropoda	<i>Crepidula fornicata</i>	gastropoda
4	<i>Corbula gibba</i>	bivalva	<i>Capitella capitata</i>	Polychaeta
5	<i>Capitella capitata</i>	Polychaeta	<i>Microdeutopus gryllotalpa</i>	Crustacea (orde Amphipoda)
6	<i>Scoloplos armiger</i>	Polychaeta	<i>Polydora cornuta</i>	Polychaeta
7	<i>Polydora cornuta</i>	Polychaeta	<i>Polydora cilliata</i>	Polychaeta
8	<i>Polydora ciliata</i>	Polychaeta	<i>Corophium insidiosum</i>	Crustacea (orde Amphipoda)
9	<i>Microdeutopus gryllotalpa</i>	Crustacea (orde Amphipoda)	<i>Nereis succinea</i>	polychaeta
10	<i>Heteromastus filiformis</i>	Polychaeta	<i>Spio martinensis</i>	Polychaeta

Tabel 43: Top tien van soorten die het vaakste op monsterpunten in de deelgebieden in de diepteklasse tussen d zijn aangetroffen.

Westelijk deel			Oostelijk deel	
	soorten	klasse	Soorten	klasse
1	Oligochaeta		<i>Capitella capitata</i>	Polychaeta
2	<i>Capitella capitata</i>	Polychaeta	Oligochaeta	
3	<i>Microdeutopus gryllotalpa</i>	Crustacea (orde Amphipoda)	<i>Spio martinensis</i>	Polychaeta
4	<i>Spio martinensis</i>	Polychaeta	<i>Microdeutopus gryllotalpa</i>	Crustacea (orde Amphipoda)
5	<i>Platynereis dumerilii</i>	polychaeta	<i>Polydora cornuta</i>	Polychaeta
6	<i>Crepidula fornicata</i>	gastropoda	<i>Nephtys hombergii</i>	Polychaeta
7	<i>Arenicola marina</i>	Polychaeta	<i>Crepidula fornicata</i>	gastropoda
8	<i>Polydora cornuta</i>	Polychaeta	<i>Arenicola marina</i>	Polychaeta
9	<i>Nereis diversicolor</i>	polychaeta	<i>Nereis diversicolor</i>	polychaeta
10	<i>Mysella bidentata</i>	bivalva	<i>Platynereis dumerilii</i>	polychaeta

Bodemgebonden vissen als platvissen leven wel veel van polychaete wormen en in die zin vormen deze bodemdieren wel een belangrijke rol. In Wetsteijn (2011) wordt in tabel 8.6.1 de resultaten van vismonitoring zien, en blijkt dat de vijf meest gevonden vissoorten (dikkopje, zwarte grondel, schol, tong en schar) allen bodemgebonden vissen zijn. Deze monitoring was de eerste systeem brede monitoring naar vis en heeft in 2008 plaats heeft gevonden. Er is geen relatie te leggen met bijvoorbeeld het benthos in 1992 en de visstand. In Wetsteijn (2011) wordt wel de verwachting uitgesproken dat de visstand in 2015 hetzelfde zal zijn als in 2011.

Bij een volledig verdwijnen van het macrobenthos zal dit zeker tot een afname van de visstand leiden. Het is echter zeer moeilijk in te schatten in hoeverre de visstand, en met name de vissen die weer door vogels worden gepredeerd, beïnvloed worden door de afname van het macrobenthos, en waar het kantelpunt ligt dat dit nijpend wordt voor de draagkracht voor de vogelpopulatie.

#### 5.4.1.2 KERNOPGAVES

Voor alle Natura 2000 gebieden zijn kernopgaves geformuleerd. Voor het Grevelingenmeer zijn dit:

- Behoud foerageerfunctie visetende vogels in het bijzonder voor fuut, geoorde fuut en middelste zaagbek.
- Behoud ongestoorde rustplaatsen en optimaal voortplantingshabitat (waaronder embryonale duinen) voor bontbekplevier, strandplevier, kluut, grote stern en dwergstern, visdief en grijze zeehond.
- Behoud van geïsoleerde eilanden als leefgebied voor noordse woelmuis (onbereikbaar voor concurrenten).
- Behoud platen Grevelingen met lage begroeiingen van vochtige duinvalleien (kalkrijk), grijze duinen, kruipwilgstruwelen en groenknolorchis.

Van deze kernopgaves kan de eerste beïnvloed worden een afnemend macrobenthos. Het betreft hier drie visetende vogels. Er is geconstateerd dat het zeer lastig is voorspellingen te doen over het effect van de macrobenthos afname op vogels. Wanneer de dalende trend in de gehele Grevelingen doorzet kan verwacht worden dat op termijn deze kernopgave in gevaar komt, maar wanneer dat punt wordt bereikt is niet te voorspellen.

#### 5.4.1.3 BESCHERMDE HABITATTYPES IN HET GREVELINGENMEER

In het Grevelingenmeer hebben de volgende habitattypes een instandhoudingsdoel:

- H1310A Zilte pionierbegroeiingen (zeekraal) en H1310B Zilte pionierbegroeiingen (zeevetmuur)
- H1330B Schorren en zilte graslanden (binnendijks)
- H2130B Grijze duinen (kalkarm)
- H2160 Duindoornstruwelen
- H2170 Kruipwilgstruwelen
- H2190B Vochtige duinvallei (kalkrijk)
- H6430B Ruigten en zomen (harig wilgenroosje)

Het macrobenthos zoals onderzocht in deze studie maakt van geen van deze habitattypen deel uit. Dit betekent dat de voorspelde afname geen directe invloed zal hebben op de kwaliteit van de beschermde habitattypen in het Grevelingenmeer.

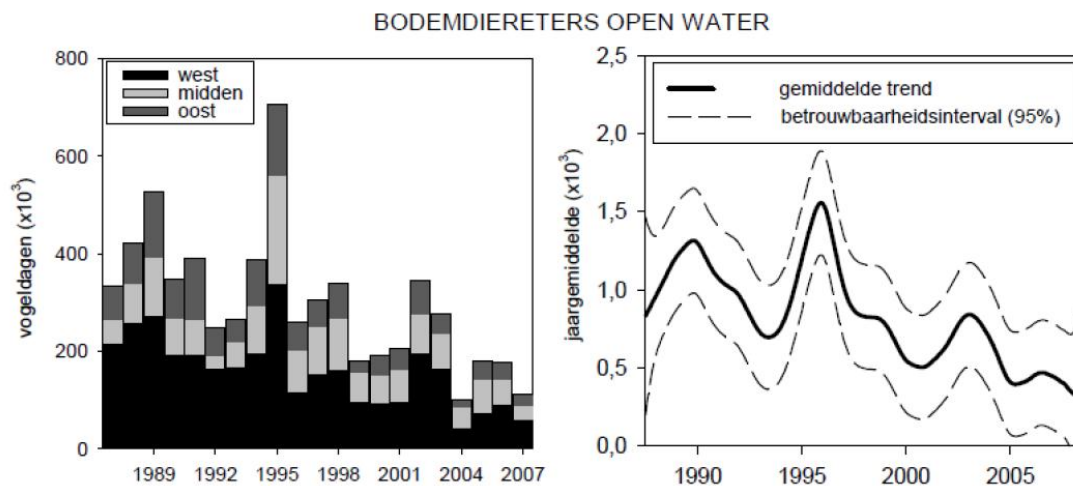
#### 5.4.1.4 BESCHERMDE BROEDVOGELS IN HET GREVELINGENMEER

Voor de volgende broedvogelsoorten zijn voor het Grevelingenmeer instandhoudingsdoelstellingen geformuleerd: bruine kiekendief, kluut, bontbekplevier, strandplevier, grote stern, visdief en dwergstern. Van deze vogels zullen de steltlopers vanwege het ontbreken van grote arealen intergetijdengebied niet direct worden beïnvloed. Voor de viseters (grote stern, visdief en dwergstern) geldt wederom dat dit zeer lastig te voorspellen is.

#### 5.4.1.5 BESCHERMDE VOGELS (NIET-BROEDEND) IN HET GREVELINGENMEER

Voor de volgende vogelsoorten zijn voor het Grevelingenmeer instandhoudingsdoelstellingen geformuleerd: dodaar, fuut, kuifduiker, geoorde fuut, aalscholver, kleine zilverreiger, lepelaar, kleine zwaan, kolgans, grauwe gans, brandgans, rotgans, bergeend, smient, krakeend, wintertaling, wilde eend, pijlstaart, slobbeend, brilduiker, middelste zaagbek, slechtvalk, meerkoet, scholekster, kluut, bontbekplevier, strandplevier, goudplevier, zilverplevier, bonte strandloper, rosse grutto, wulp, tureluur en steenloper.

Met name de brilduiker is de soort uit deze lijst die schelpdieren en garnaaltjes op de bodem zoekt en eet. De brilduiker duikt tot een diepte van plm. vier meter. In Figuur 81 worden de vogeldagen van bodemdieretende vogels gepresenteerd. Deze groep bestaat voornamelijk uit brilduikers (Wetsteijn, 2011). Te zien valt dat de vogeldagen sinds 1992 (start benthosbemonsteringen) aan het dalen is met uitzondering van een piek in 95/96 (toen het Volkerak-Zoommeer was dichtgevroren). Deze daling lijkt ook het grootste in het westen, waar ook de daling van het macrobenthos het sterkste is.



Figuur 81: Aantal vogeldagen en gemiddelde trend voor de bodemdiereters in het open water in het Grevelingenmeer

De landelijke staat van instandhouding van de brilduiker is gunstig. In het Grevelingenmeer is de doelstelling het behoud van omvang en kwaliteit leefgebied met een doelstelling van 620 brilduikers. Met de afname van het macrobenthos kan voorspeld worden dat de kwaliteit van het leefgebied voor brilduikers achteruit gaat, en dat het instandhoudingsdoel in het geding komt.

#### 5.4.2 KADERRICHTLIJN WATER

De in het kader van de Kaderrichtlijn Water geformuleerde doelen en de genomen maatregelen zijn geëvalueerd in het brondocument waterlichaam Grevelingen (Waterdienst, 2012). De afname van het macrobenthos beïnvloedt het kwaliteitskenmerk "Macrofauna" direct, en mogelijk ook de kwaliteitskenmerken "Fytoplankton" en "Vis".

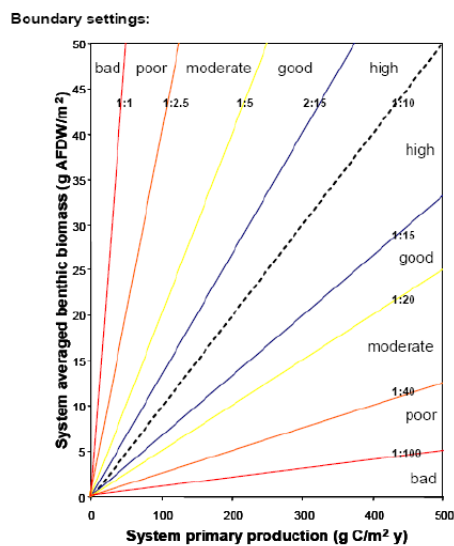
Het kwaliteitskenmerk voor macrofauna is gebaseerd op de BEQI maatlat (Ysebaert, et al., 2008). Hierin worden drie niveaus onderscheiden:

- Niveau 1: Functioneren van het ecosysteem
- Niveau 2: Leefgebied
- Niveau 3: Macrobenthos gemeenschap

Binnen elk niveau worden diverse parameters onderscheiden. Voor ieder niveau en iedere parameter wordt de Ecologische Kwaliteitsratio (EKR) bepaald. Deze varieert tussen 0 en 1. De drie scores per niveau worden uiteindelijk tot een eindscore geïntegreerd. Hieronder wordt per niveau uitgewerkt wat het effect van de getoonde afname van het macrobenthos op de EKR van dat niveau kan zijn.

#### 5.4.2.1 NIVEAU 1: FUNCTIONEREN VAN HET ECOSYSTEEM

Een ecosysteem in evenwicht heeft een verhouding tussen de biomassa van het macrobenthos en de primaire productie van ongeveer 1:10 (Escaravage, et al., 2004). Van Figuur 82 valt af te lezen welke EKR bij welke verhouding hoort. Of de daling van de macrobenthos biomassa een positief of negatief op de EKR heeft hangt af van de vastgestelde primaire productie. Wanneer de verhouding zich linksboven in het figuur bevindt kan een daling van biomassa een positief effect op de classificatie hebben. Wanneer de verhouding zich echter in de rechter beneden hoek bevindt, zal een daling van de biomassa een negatief effect op de classificatie hebben. Gezien het feit dat er geen duidelijke gegevens zijn over de primaire productie is het moeilijk aan te geven wat het effect op dit niveau is.



Figuur 82: De verhouding tussen macrobenthos biomassa en de primaire productie; en de klassengrenzen ter bepaling van de EKR (Ysebaert, et al., 2008).

#### 5.4.2.2 NIVEAU 2: LEEFGEBIED

Dit niveau richt zich op arealen van leefgebieden. Door de lage hydrodynamiek worden weinig veranderingen op dit niveau verwacht (Ysebaert, et al., 2008). Macrobenthos zoals in deze studie bekeken vormt geen deel van de definitie van leefgebied. Een daling van het macrobenthos zal weinig effect hebben op dit niveau.

#### 5.4.2.3 NIVEAU 3: MACROBENTHOS GEMEENSCHAP

Op dit niveau zijn er vier parameters:

- Totale dichtheid

- Totale biomassa
- Aantal soorten
- Gemeenschapssamenstelling (similariteit)

In Tabel 44 zijn de grenzen voor de scores in de verschillende klassen weergegeven. Het oordeel wordt per ecotoop uitgewerkt, in het geval van het Grevelingenmeer zijn dat de drie gehanteerde diepteklassen.

Tabel 44: EKR scores per parameter (Ysebaert, et al., 2008)

Indicator	Referentie	Zeer goed	Goed	Matig	Ontoereikend	Slecht	Assessment	Score
Dichtheid (n/m <sup>2</sup> )	9111	8388-9920	9920-11609 7102-8388	11609-15478 4734-7102	15478-19347 2367-4734	19347-23216 0-2367	5661	0.49
Biomassa (g AVDG/m <sup>2</sup> )	98	88-112	112-137 67-88	137-182 45-67	182-228 22-45	228-275 0-22	61	0.56
Aantal soorten	80	64-80	59-64	39-59	20-39	0-20	72	0.9
Similariteit	1	0.91-1	0.88-0.91	0.59-0.88	0.29-0.59	0-0.29	0.64	0.44
EKR score	1	0.8-1	0.6-0.8	0.4-0.6	0.2-0.4	0-0.2		0.62

De uitgevoerde analyse laat vooral een daling van de in de tabel genoemde parameters in het westelijke deel zien, in de meest ondiepe diepteklasse (0 tot -2 meter). Kijken we naar de biomassa en dichtheid zoals het model voorspeld voor 1992 dan valt deze in het voorjaar in de klasse goed. Door de dalende trend valt vanaf de periode 2004-2007 de EKR in de klasse slecht. Voor de beoordeling wordt de gehele diepteklasse, dus ook het oostelijke deel gebruikt. Daar is echter ook een dalende trend en zijn de biomassa en dichtheden eerder lager dan hoger vergeleken met het westelijke deel. Voor diepere klassen is ook voor met name het westelijke deel een dalende trend voorspeld.

Alles bij elkaar genomen zal de EKR voor niveau drie voor alle ecotopen dalen, en met name voor het meest ondiepe ecotoop zal het niet lang meer duren voordat de klasse slecht wordt gescoord.

De dalende trend is ook terug te vinden in de gerapporteerde bevindingen. Als overall EKR werd in 2007 op basis van de informatie uit 2003-2005 een 0.62 gescoord (Ysebaert, et al., 2008), in 2012 werd op basis van gegevens uit 2006-2008 een score van 0.59 gevonden (Waterdienst, 2012). Dit gaf op dat moment geen aanleiding tot maatregelen omdat de score nog tegen de klasse goed aan zat. Ondertussen lijkt het wel noodzakelijk maatregelen te treffen.

### 5.4.3 BELANGRIJKE ROL VAN MACROBENTHOS

Macrobenthos speelt een sleutelrol in het mariene ecosysteem. De groep omvat vele secundaire producten die het via primaire productie geproduceerde voedsel doorgeven naar de hogere trofische niveaus. Zonder het macrobenthos krijgt het ecosysteem van het Grevelingenmeer een veel lagere waarde. Daarom is het van belang te realiseren dat doelen van Natura 2000 en van de Kaderrichtlijn Water in sommige gevallen door de dalende trend in biologische variabelen rondom benthos wellicht niet direct aangetast worden, maar dat de kwaliteit van het systeem zonder meer achteruit gaat, en het systeem misschien wel helemaal instort of omkapt, wanneer het macrobenthos volledig verdwijnt.

## 5.5 VERKLAREN TREND

In voorgaande is een neergaande trend in diverse biotische variabelen geconstateerd, die op sommige plaatsen tot een snelle afname van het macrobenthos leidt. In hoofdstuk vier is onderzocht of er aanwijzingen zijn dat deze neergaande trend door abiotische parameters wordt gestuurd.

Voor de verklaring van de neerwaartse trend is gekeken naar diverse metingen van abiotiek:

- De abiotische metingen bij de Brouwersdam en meetpunt Dreischor
- De GTSO data
- De metingen aan *Beggiatto*

## 5.5.1 ABIOTISCHE METINGEN

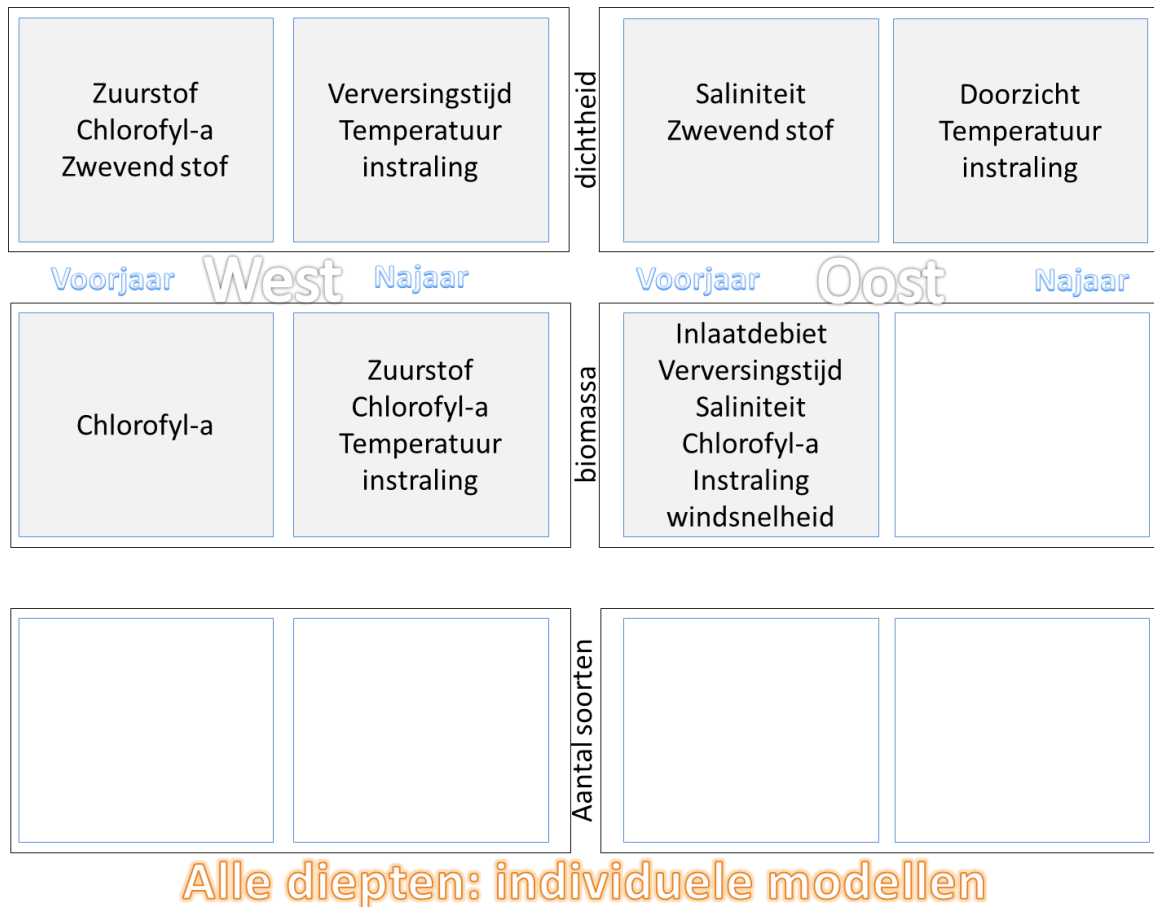
### 5.5.1.1 OOSTELIJKE EN WESTELIJK DEEL, ALLE DIEPTES

De individuele modellen lieten vaak minder abiotische parameters zien die meededen aan het verklaren van de variantie dan de stepwize modellen. Voor de verklaring op alle dieptes doen in de stepwize modellen vaak nog (bijna) alle parameters mee. Voor het zoeken van een verklaring wordt daarom hier op de individuele modellen gefocust. Figuur 83 geeft een overzicht.

Over het algemeen spelen weersomstandigheden (temperatuur, instraling, windsnelheid), doorzicht gerelateerde parameters (doorzicht, zwevend stof, chlorofyl-a) en zuurstof een rol. Ook inlaatdebiet en verversingtijd spelen een rol.

Omdat er verschillen in trend geconstateerd zijn in het oostelijke en westelijk deel is het interessant om naar de verschillen tussen deze gebieden te kijken. Opvallend is dat zuurstof in het westen een rol speelt in het westelijke deel, maar niet in het oostelijke. Saliniteit daarentegen speelt alleen in het oosten een rol in deze analyse.

Eigenlijk moet geconstateerd worden dat er geen eenduidige verklaring voor de afname op het niveau van het gehele gebied uit deze analyse gehaald kan worden.



Figuur 83: Verklarende parameters voor de situaties met een significant dalende trend

### 5.5.1.2 VERDELING IN VERSCHILLENDE DIEPTEKLASSEN

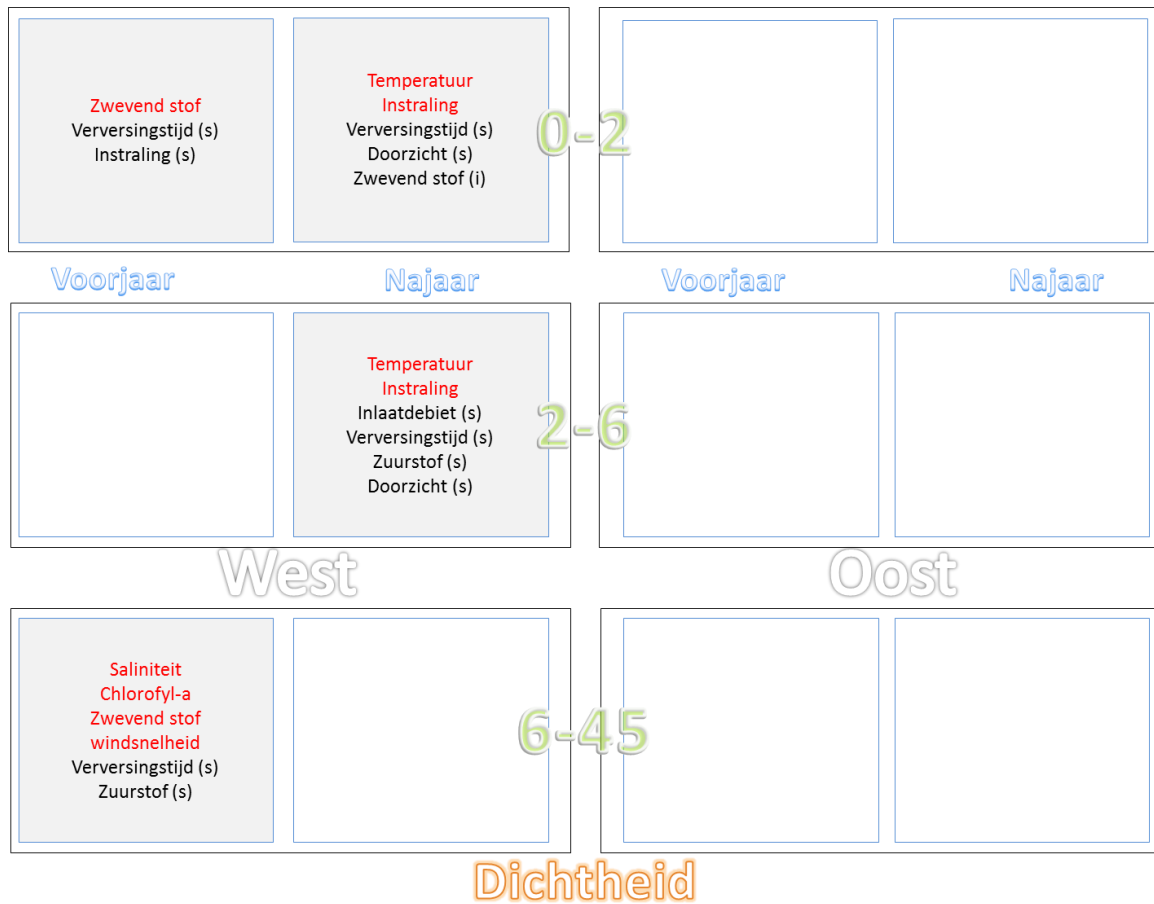
Voor de verdeling in verschillende diepteklassen zal per biotische variabele gekeken worden. De similarity index ontbreekt hierbij omdat bij deze variabele geen significante relaties werden aangetroffen, en aantal soorten omdat het aantal gevonden relaties beperkt was.

#### Dichtheid

In Figuur 84 is per deelgebied, seizoen en diepteklasse weergegeven met welke abiotische parameters de daling van de dichtheid zou kunnen worden verklaard. De in rood gemarkeerde parameters werden door beiden benaderingen (individuele modellen en stepwise regressie) als significant aangeduid. De zwartgedrukte parameters door één van beide benaderingen als significant aangeduid, de letter achter de parameter geeft aan welke.

De dichtheid daalt alleen in het westelijke deel in alle diepteklassen significant. In het voorjaar lijkt er in beide diepteklassen een relatie met zwevend stof te zijn. Deze relatie is negatief, wat betekent dat hoe meer zwevend stof, des te lager de dichtheid. Verder is er met name in het najaar een relatie met de weersomstandigheden. Opvallend is dat de diepste klasse ook beïnvloed wordt door saliniteit en windsnelheid, parameters die met menging en stratificatie gekoppeld zijn.

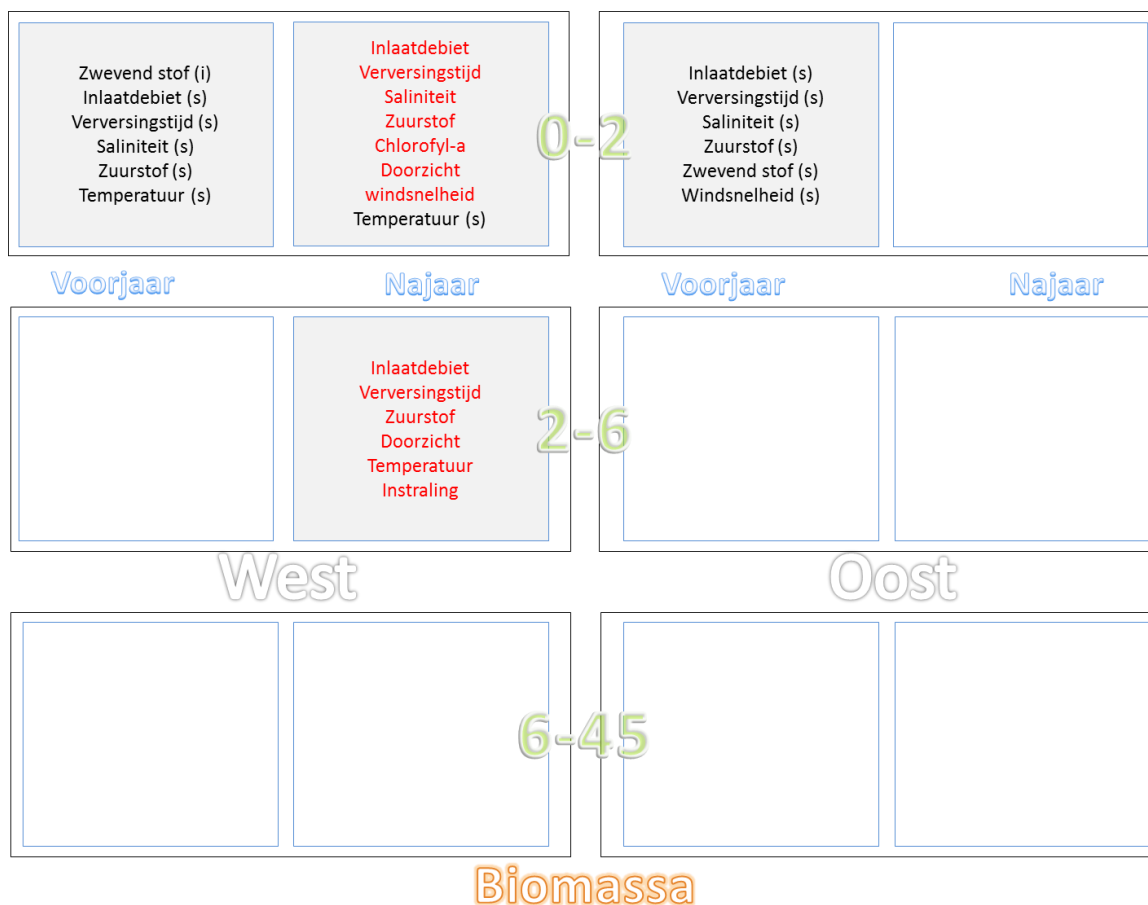




Figuur 84: Verklarende parameters voor de situaties met een significant dalende trend; rood: significant in individuele en stepwise modellen; zwart: significant in of stepwise (s) of individueel (i) model.

**Biomassa**

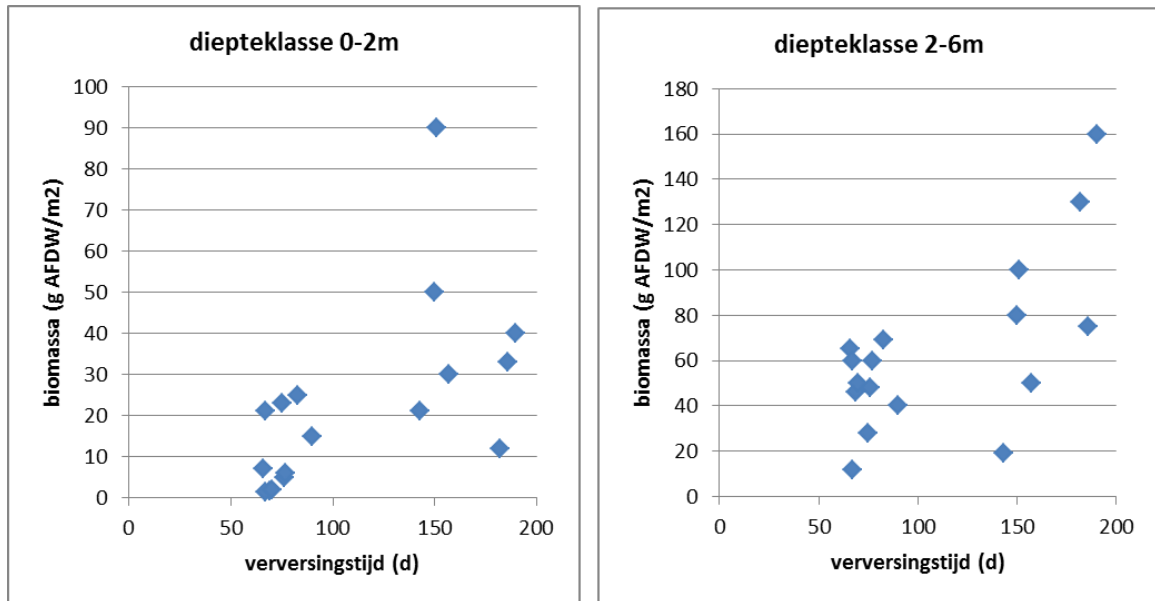
In Figuur 85 is per deelgebied, seizoen en diepteklasse weergegeven met welke abiotische parameters de daling van de dichtheid zou kunnen worden verklaard. De opzet van de figuur is hetzelfde als bij dichtheid.



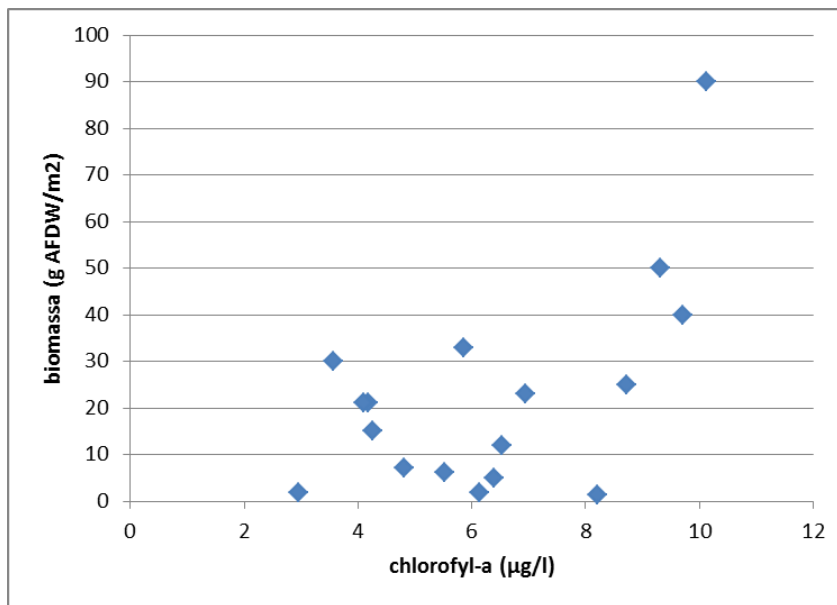
Figuur 85: Verklarende parameters voor de situaties met een significant dalende trend; rood: significant in individuele en stepwise modellen; zwart: significant in Of stepwise (s) of individueel (i) model.

Er is een duidelijk meer invloed van de abiotische parameters in het westen geconstateerd. Parameters die door beide benadering verklaring boden zijn er alleen in het najaar geconstateerd. Parameters die hierbij in beide diepteklassen een rol lijken te spelen zijn het inlaatdebiet en de verversingstijd, het zuurstofgehalte en het doorzicht. Voor inlaatdebiet is de relatie negatief, en voor verversingstijd positief (Figuur 86). Voor zuurstof (die in de bovenste laag is gemeten) is de relatie in de diepteklasse 0-2 positief, maar met de diepteklasse 2-6 meter negatief. Voor doorzicht tenslotte is de relatie positief, hoe groter het doorzicht, des te hoger de biomassa (voor beide diepteklasse).

Voor biomassa is ook in het najaar in de ondiepste klasse chlorofyl-a van belang (Figuur 87), wat kan betekenen dat in de bovenste laag (waar de fotosynthese plaatsvindt) de biomassa in het najaar inderdaad ook gestuurd wordt door de hoeveelheid voedsel.



Figuur 86: Relatie tussen verversingstijd en biomassa in de diepteklasse 0 tot 2 meter en de diepteklasse 2 tot 6 meter.



Figuur 87: Relatie tussen chlorofyl-a concentratie en biomassa in de diepteklasse 0 tot 2 meter.

### 5.5.1.3 CONCLUSIE

De daling van de biomassa (en de dichtheid) vindt vooral plaats in de ondiepere lagen van het westelijke deelgebied. Stratificatie, of andere aan de diepere bodem gekoppelde processen, hebben geen effect op deze laag, het ligt niet voor de hand dat stratificatie de oorzaak is van de daling van de biomassa aan macrobenthos. Uit de analyses blijkt dat mogelijk dat inlaatdebiet en verversingstijd wel een verklarende rol spelen in de biomassa daling, maar niet via het proces van stratificatie.

### 5.5.2 DIEPTEPROFIELEN

De relatie met de GTSO metingen leverde op dat er een relatie kon worden aangetoond tussen het areaal zuurstofloos en de biomassa in het westelijke deel. In het oostelijke deel kon deze relatie niet worden gevonden. Dit kan veroorzaakt worden doordat daar andere processen een rol spelen of omdat de data slechter op elkaar aansluiten dan in het westelijke deel. In dat tweede geval is de relatie er waarschijnlijk wel, maar laten de data het niet zien. Uit de analyse wordt in ieder geval duidelijk dat de zuurstofloosheid in het westen het macrobenthos negatief beïnvloed

### 5.5.3 BEGGIATOA MATTEN

De data over benthos en over *Beggiatua* lieten geen relatie zien. Dit is zeer waarschijnlijk te verklaren uit eht feit dat ze geografische te ver uit elkaar. Het is voor te stellen dat een bodem op een afstand van tien meter van een mat al niet meer wordt beïnvloed, terwijl de data tussen de 80 en 500 meter uit elkaar lagen. Uit de rapporten over de *Beggiatua* matten wordt echter al wel duidelijk dat deze lokaal een negatieve invloed op de benthos gemeenschap hebben. Er zijn echter te weinig data voorhanden om iets over trends of relaties te zeggen.

## 5.6 MOGELIJKE CONSEQUENTIES VAN VERDER OPENEN DOORLAAT IN DE BROUWERSDAM

Door het verder openen van het gat in de Brouwersdam wordt er meer water uitgewisseld met de Voordelta. Dit zal een positief effect hebben op de stratificatie en de zuurstofhuishouding. Omdat vooral de ondiepere delen de in het westen een sterke achteruitgang vertonen in macrobenthos, zal dit alleen een positieve werking hebben als de parameters die het macrobenthos sturen verbeteren. Hierbij moet gedacht worden aan enerzijds een goede aanvoer van voedsel (chlorofyl-a), en anderszijds een goed habitat (juiste sedimentsamenstelling, stroomsnelheden, saliniteit, zuurstof, enz.). Over het algemeen zal de toevoer van meer dynamiek aan het systeem een positieve uitwerking op het macrobenthos kunnen hebben. Deze studie heeft hierbij echter niet de sturende parameters kunnen aanwijzen.

Het aanbrengen van een getijdeslag in het bekken creëert intergetijdengebied. Dit levert foerageermogelijkheden voor steltlopers op. Wanneer er voldoende macrobenthos in deze gebieden leeft zal dit een positief effect op de aantallen steltlopers hebben. Getijde op zich heeft echter geen effect op het benthos, dus wanneer de factoren die het benthos momenteel negatief beïnvloeden niet worden weggenomen ontstaat er ook geen voedselrijk intergetijdengebied voor steltlopers.

## 5.7 EINDCONCLUSIE

Diverse aspecten van het macrobenthos (biomassa, dichtheid, aantal soorten, diversiteit) nemen in het Grevelingenmeer af. Met name in het westelijk deel in de ondiepere delen wordt een snelle afname van het benthos geconstateerd, waarbij voorop een aantal plekken het risico niet uitgesloten kan worden dat de populatie op den duur tot heel beperkt wordt. De urgentie tot actie is hoog.

De oorzaak van de afname is niet eenvoudig te achterhalen. De analyses laten invloed van inlaat en verversing zien, en ook saliniteit, doorzicht en zuurstof komen vaak als verklarende variabele naar voren. Ook de weersomstandigheden spelen een rol.

Omdat duidelijk is dat de grootste afnames vooral in de ondiepere delen plaats vinden lijkt er geen koppeling te zijn met de stratificatie problematiek in het meer. Dit speelt zich immers in de diepere delen af. Het terugdringen van de stratificatie zal dan ook niet direct tot verbetering van het macrobenthos in de ondiepere delen leiden. Hetzelfde geldt voor de *Beggiatoa* matten. Deze spelen geen doorslaggevende rol in de achteruitgang van het macrobenthos omdat zij zich in de diepere delen bevinden waar nauwelijks een significante achteruitgang wordt geconstateerd.

De relaties tussen de abiotische parameters in dit watersysteem lijken complex te zijn en de meeste parameters en biologische variabelen interacteren met elkaar. Het terugdringen van stratificatie en het verbeteren van de zuurstofhuishouding lijken door het vergroten van de inlaat lijken goede maatregelen.

# 6

## Referenties

- Didderen, K., Lengkeek, W. & Bouma, S., 2013. *De verspreiding van witte bacteriematten en schade aan het bodemleven in het Grevelingenmeer III*, Culemborg: Bureau Waardenburg.
- Escaravage, V., Ysebaert, T. & Herman, P., 2004. *Description of the maximal and good ecological potentials (MEP/GEP) for the benthic macrofauna for the European water framework directive (WFD), the Westerschelde*, Yerseke: NIOO-CEME.
- Lengkeek, W. & Bouma, S., 2011. *De verspreiding van witte bacteriematten en schade aan het bodemleven in het Grevelingenmeer II.*, sl: sn
- Lengkeek, W., Bouma, S. & Boogaard, B. v. d., 2010. *De verspreiding van witte bacteriematten en schade aan het bodemleven in de het Grevelingenmeer.*, sl: sn
- Waterdienst, 2012. *Brondocument waterlichaam Grevelingenmeer*, sl: sn
- Wetsteijn, L., 2011. *Grevelingenmeer: meer kwetsbaar?*, sl: sn
- Ysebaert, T., de Mesel, I. & Herman, P., 2008. *Kaderrichtlijn Water - Achtergronddocument Zoute Macrofauna 2008*, sl: sn

# Bijlage 1 Extra berekeningen

Spearman correlaties onafhankelijke data

Variabele	dichtheid	biomassa
Voorjaar totale Grevelingen	-0.205	-0.224
Najaar totale Grevelingen	-0.191	-0.227
Diepte tot 2 meter voorjaar	-0.315	-0.323
Diepte tot 2 meter najaar	-0.274	-0.278
Diepte 2 tot 6 meter voorjaar	-0.137	-0.183
Diepte 2 tot 6 meter najaar	-0.213	-0.246
Diepte vanaf 6 meter voorjaar	-0.189	-0.174
Diepte vanaf 6 meter najaar	-0.154	-0.169

## Temporele relaties, aanvulling op paragraaf 4.1

Alle dieptes: p-waarden van de relatie tussen similarity index en abiotiek, de zeer significante relaties zijn donkerblauw gekleurd

Seizoen	Gebied	inlaat	ververs	sal	zuurstof	Chl-a	doorz	Zs	temp	instr	Wind
Voorjaar	west	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns

Alle dieptes: Stepwise modellen voor de similarity index, \* geeft een significante relatie aan

variabele	inl	ver	sal	zrs	chl	doorz	zs	temp	inst	wind	D <sup>2</sup>	P
voorjaar west											1.0	>0.05

Inl=inlaatdebied; ver=verversingstijd; sal=saliniteit; zrs=zuurstof; chl=chlrofyl-a; doorz=doorzicht; zs=zwevend stof; temp=temperatuur; inst=instraling; wind=windsnelheid

Diepte tot -2m: p-waarden van de relatie tussen dichtheid en abiotiek, de zeer significante relaties zijn donkerblauw gekleurd.

seizoen	variabele	inlaat	ververs	sal	zuurstof	chl-a	doorz	zs	temp	instr	wind
voorjaar	oost	ns	ns	ns	ns	0.035	ns	ns	ns	ns	<0.001
najaar	oost	0.045	0.037	0.003	ns	ns	0.027	ns	0.001	0.001	Ns

Diepte tot -2m: Stepwise modellen voor de dichtheid er, \* geeft een significante relatie aan

seizoen	Gebied	inl	ver	sal	zst	chl	doorz	zs	temp	inst	wind	D <sup>2</sup>	P
najaar	oost	*	*	*			*		*	*	*	0.80	<0.001
	oost	ns	ns	ns	ns	0.035	ns	ns	ns	ns	<0.001		

Inl=inlaatdebied; ver=verversingstijd; sal=saliniteit; zrs=zuurstof; chl=chlrofyl-a; doorz=doorzicht; zs=zwevend stof; temp=temperatuur; inst=instraling; wind=windsnelheid

Diepte tot -2 meter: p-waarden van de relatie tussen biomassa en abiotiek, de zeer significante relaties zijn donkerblauw gekleurd

Seizoen	variabele	inlaat	ververs	sal	zuurstof	Chl-a	doorz	zs	temp	instr	Wind
najaar	oost	0.029	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns

Diepte tot -2 meter: Stepwise modellen voor de biomassa, \* geeft een significante relatie aan

Seizoen	Gebied	inlaat	ververs	sal	zuurstof	Chl-a	doorz	zs	temp	instr	Wind	D <sup>2</sup>
najaar	Oost	*	*		*			*		*	*	0.79

Inl=inlaatdebied; ver=verversingstijd; sal=saliniteit; zrs=zuurstof; chl=chlrofyl-a; doorz=doorzicht; zs=zwevend stof; temp=temperatuur; inst=instraling; wind=windsnelheid

Diepte tot -2 meter: p-waarden van de relatie tussen similarity index en abiotiek

seizoen	gebied	inlaat	ververs	sal	zuurstof	Chl-a	doorz	Zs	temp	instr	Wind
Voorjaar	oost	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
Najaar	west	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
	oost	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns

Diepte tot -2 meter: Stepwise modellen voor de similarity index, \* geeft een significante relatie aan

seizoen	gebied	inl	ver	sal	zst	chl	doorz	zs	temp	inst	wind	D <sup>2</sup>	P
Voorjaar	oost											1,0	>0.05
Najaar	west											1,0	>0.05
	oost											1,0	>0.05

Inl=inlaatdebied; ver=verversingstijd; sal=saliniteit; zrs=zuurstof; chl=chlrofyl-a; doorz=doorzicht; zs=zwevend stof; temp=temperatuur; inst=instraling; wind=windsnelheid

Diepte tussen -2 meter en -6 meter: p-waarden van de relatie tussen dichtheid en abiotiek, de zeer significante relaties zijn donkerblauw gekleurd.

seizoen	Gebied	Inlaat	ververs	sal	zuurstof	Chl-a	doorz	zs	temp	instr	Wind
Voorjaar	oost	Ns	ns	0.024	ns	ns	ns	0.006	ns	ns	ns
Voorjaar	west	Ns	ns	ns	0.043	0.046	ns	ns	ns	ns	ns
Najaar	oost	Ns	ns	ns	ns	ns	0.015	ns	<0.001	0.003	ns

Diepte tussen -2 meter en -6 meter: Stepwise modellen voor de dichtheid, \* geeft een significante relatie aan

seizoen	gebied	Inl	ver	sal	zrs	chl	doorz	zs	temp	instr	wind	D <sup>2</sup>	P
Voorjaar	oost			*		*		*			*	0.62	<0.001
Voorjaar	west				*	*						0.31	<0.05 >0.01
Najaar	oost	*	*		*		*		*	*		0.39	<0.01 >0.001

Inl=inlaatdebied; ver=verversingstijd; sal=saliniteit; zrs=zuurstof; chl=chlrofyl-a; doorz=doorzicht; zs=zwevend stof; temp=temperatuur; inst=instraling; wind=windsnelheid



Diepteklasse -2 meter tot -6 meter: p-waarden van de relatie tussen similarity index en abiotiek

seizoen	gebied	Inlaat	ververs	sal	zuurstof	Chl-a	doorz	Zs	temp	instr	Wind
Voorjaar	west	Ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
Najaar	west	Ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
najaar	oost	Ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns

Diepteklasse -2 meter tot -6 meter: Stepwise modellen voor de similarity index, \* geeft een significante relatie aan

seizoen	gebied	inl	ver	sal	zrs	chl	doorz	zs	temp	inst	wind	D <sup>2</sup>	P
Voorjaar	west											1.0	>0.05
Najaar	west											1.0	>0.05
najaar	oost											1.0	>0.05

Inl=inlaatdebied; ver=verversingstijd; sal=saliniteit; zrs=zuurstof; chl=chlrofyl-a; doorz=doorzicht; zs=zwevend stof; temp=temperatuur; inst=instraling; wind=windsnelheid

Diepteklasse dieper dan -6 meter: p-waarden van de relatie tussen dichtheid en abiotiek, de zeer significante relaties zijn donkerblauw gekleurd.

Seizoen	variabele	Inlaat	ververs	sal	zuurstof	Chl-a	doorz	zs	temp	instr	Wind
Voorjaar	oost	ns	ns	ns	ns	0.005	0.011	ns	ns	ns	ns
Najaar	oost	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	0.011	ns
najaar	west	0.048	0.047	ns	ns	ns	ns	0.010	ns	ns	ns

Diepteklasse dieper dan -6 meter: Stepwise modellen voor de dichtheid, \* geeft een significante relatie aan

seizoen	Gebied	inl	ver	sal	zrs	chl	doorz	zs	temp	inst	wind	D <sup>2</sup>	P
Voorjaar	oost					*	*	*	*			0.74	<0.001
Najaar	oost		*							*		0.41	<0.01 $\wedge$ >0.001
najaar	west							*				0.17	ns

Inl=inlaatdebied; ver=verversingstijd; sal=saliniteit; zrs=zuurstof; chl=chlrofyl-a; doorz=doorzicht; zs=zwevend stof; temp=temperatuur; inst=instraling; wind=windsnelheid

Diepteklasse dieper dan -6 meter: p-waarden van de relatie tussen biomassa en abiotiek, de zeer significante relaties zijn donkerblauw gekleurd

seizoen	gebied	Inlaat	ververs	sal	zuurstof	Chl-a	doorz	zs	temp	instr	Wind
Voorjaar	west	0.04	0.02	ns	ns	<0.001	ns	ns	ns	0.04	Ns
	oost	ns	ns	ns	ns	0.03	ns	ns	ns	ns	ns
Najaar	west	0.007	0.001	<0.001	0.001	<0.001	ns	0.006	ns	ns	ns
	oost	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns

Diepteklasse dieper dan -6 meter: Stepwise modellen voor de biomassa, \* geeft een significante relatie aan

seizoen	gebied	inl	ver	sal	zrs	chl	doorz	zs	temp	inst	wind	D2
Voorjaar	west	*	*	*		*				*	*	0.77
	oost	*	*		*	*			*			0.30
najaar	west	*	*	*	*	*		*	*		*	0.80
	oost	*				*			*	*		0.69

Inl=inlaatdebied; ver=verversingstijd; sal=saliniteit; zrs=zuurstof; chl=chlrofyl-a; doorz=doorzicht; zs=zwevend stof; temp=temperatuur; inst=instraling; wind=windsnelheid

Dieper dan -6 meter: p-waarden van de relatie tussen similarity index en abiotiek

Seizoen	variabele	inlaat	ververs	sal	zuurstof	Chl-a	doorz	Zs	temp	instr	Wind
Voorjaar	west	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
Voorjaar	oost	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
Najaar	west	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns

Dieper dan -6 meter: Stepwise modellen voor de similarity index, \* geeft een significante relatie aan

Seizoen	variabele	inl	ver	sal	zrs	chl	doorz	zs	temp	inst	wind	D <sup>2</sup>	P
Voorjaar	west											1.0	Ns
Voorjaar	oost											1.0	Ns
Najaar	west											1.0	Ns

Inl=inlaatdebied; ver=verversingstijd; sal=saliniteit; zrs=zuurstof; chl=chlrofyl-a; doorz=doorzicht; zs=zwevend stof; temp=temperatuur; inst=instraling; wind=windsnelheid

# Colofon

## DE ONTWIKKELINGEN VAN HET MACROBENTHOS IN HET GREVELINGENMEER

### **OPDRACHTGEVER:**

Rijkswaterstaat Zee en Delta

### **STATUS:**

Definitief

### **AUTEUR:**

Belinda Kater  
Eline van Onselen

### **GECONTROLEERD DOOR:**

Roelant Snoek

### **VRIJGEGEVEN DOOR:**

Belinda Kater

21 november 2013

078021847:A

ARCADIS NEDERLAND BV

Hanzelaan 286

Postbus 137

8000 AC Zwolle

Tel +31 38 7777 700

Fax +31 38 7777 710

[www.arcadis.nl](http://www.arcadis.nl)

Handelsregister 09036504

©ARCADIS. Alle rechten voorbehouden. Behoudens uitzonderingen door de wet gesteld, mag zonder schriftelijke toestemming van de rechthebbenden niets uit dit document worden verveelvoudigd en/of openbaar worden gemaakt door middel van druk, fotokopie, digitale reproductie of anderszins.