

# Rijkswaterstaat Noord-Holland

## Maatlatten Noordzeekanaal


Witteveen+Bos  
van Twickelostraat 2  
postbus 233  
7400 AE Deventer  
telefoon 0570 69 79 11  
telefax 0570 69 73 44



**Bureau Waardenburg bv**  
Adviseurs voor ecologie & milieu

## Maatlatten Noordzeekanaal

<b>referentie</b> RW1664-81/bote/004	<b>projectcode</b> RW1664-81	<b>status</b> definitief 02
<b>projectleider</b> ir.N.G. Jaarsma	<b>projectdirecteur</b> drs. M. Klinge	<b>datum</b> 7 januari 2009

<b>autorisatie</b> goedgekeurd	<b>naam</b> drs. M. Klinge	<b>paraaf</b> 
-----------------------------------	-------------------------------	--

Witteveen+Bos  
van Twickelostraat 2  
postbus 233  
7400 AE Deventer  
telefoon 0570 69 79 11  
telefax 0570 69 73 44



Het kwaliteitsmanagementsysteem van Witteveen+Bos is gecertificeerd volgens ISO 9001 : 2000

© Witteveen+Bos

Niets uit dit bestek/drukwerk mag worden veelevoudigd en/of openbaar gemaakt door middel van druk, fotokopie, microfilm of op welke andere wijze dan ook zonder voorafgaande toestemming van Witteveen+Bos Raadgevende ingenieurs b.v., noch mag het zonder een dergelijke toestemming worden gebruikt voor enig ander werk dan waarvoor het is vervaardigd.

<b>INHOUDSOPGAVE</b>	<b>blz.</b>
<b>SAMENVATTING</b>	
<b>1. INLEIDING</b>	<b>7</b>
1.1. Aanleiding	7
1.2. Doel van de opdracht	9
1.3. Leeswijzer	9
<b>2. MATERIAAL EN METHODE</b>	<b>10</b>
2.1. Bepalen van deelgebieden op basis van macrofauna en vis	10
2.2. Identificeren en selectie van potentiële indicatoren	12
2.2.1. Gebruikte dataset voor vis en macrofauna	12
2.2.2. Selectie van potentiële indicatoren voor vis	12
2.2.3. Selectie van potentiële indicatoren voor macrofauna	14
2.2.4. Berekenen en analyseren van indicatorscores	15
2.3. Klassengrenzen van geselecteerde indicatoren vaststellen per deelgebied	16
2.4. Opstellen van een monitoringsprogramma per deelgebied	16
2.5. Programmeren van de maatlatten in QBWAT	17
<b>3. RESULTATEN</b>	<b>18</b>
3.1. Indeling van Noordzeekanaal in deelgebieden	18
3.1.1. Samenvatting van analyse van visstandgegevens Witteveen+Bos (2004)	18
3.1.2. Resultaten van de analyses van de gegevens van macrofauna	19
3.1.3. Indeling in deelgebieden op basis van macrofauna en vis	24
3.2. Identificatie van potentiële indicatoren	27
3.2.1. Identificatie van potentiële indicatoren voor vis	27
3.2.2. Identificatie van potentiële indicatoren voor macrofauna	40
3.3. Afleiden klassengrenzen voor geselecteerde indicatoren	46
3.4. Monitoringsprogramma per deelgebied	48
3.5. Bepalen van de totale maatlatscore voor het Noordzeekanaal	49
<b>4. DISCUSSIE, CONCLUSIES EN AANBEVELINGEN</b>	<b>52</b>
4.1. Discussie	52
4.2. Conclusies	55
4.3. Aanbevelingen	55
<b>LITERATUUR</b>	<b>56</b>
laatste bladzijde	56
bijlagen	aantal bladzijden
I    Boxplots van klassen van milieufactoren en indicatoren	4

## **SAMENVATTING**

### **aanleiding**

Voorliggend rapport is het resultaat van een studie naar aangepaste KRW-maatlatten voor macrofauna en vis voor het Noordzeekanaal. De aanleiding hiervoor was de constatering dat de bestaande KRW maatlatten onvoldoende in staat zijn om de ecologische kwaliteit het kanaal te beoordelen. Het Noordzeekanaal is door Rijkswaterstaat getypeerd als M30, zwak brak meer. In werkelijkheid neemt het zoutgehalte toe, gaande van Amsterdam naar IJmuiden. De onderlaag bevat de hoogste zoutconcentratie. Deze 'zouttong' heeft een dynamisch karakter en is enerzijds afhankelijk van de hoeveelheid zout die het kanaal instroomt tijdens het schutten van schepen en anderzijds van de hoeveelheid zoetwater die via het Amsterdam-Rijnkanaal wordt aangevoerd. Delen van het Noordzeekanaal zijn dus te karakteriseren als matig tot sterk brak. Dit heeft een grote invloed op het voorkomen van soorten en daarmee op de ecologische beoordeling.

De vismaatlat van M30 beoordeelt de visstand van het kanaal als geheel. Het oordeel is dan goed tot zeer goed. In werkelijkheid zijn delen van het kanaal in een slechte toestand. Dit wordt niet opgemerkt door de huidige beoordeling, ondanks het feit dat bepaalde aspecten van de visstand dit wel laten zien. Voor macrofauna is uit voorgaande studies gebleken dat de indicatoren van de bestaande maatlat voor M30 slecht passen op de situatie in het Noordzeekanaal. Zowel positieve als negatieve indicatorsoorten worden slechts weinig aangetroffen. Hierdoor is het oordeel gebaseerd op een zeer beperkt aantal soorten en weinig robuust.

Conclusie is dat de bestaande maatlatten onvoldoende houvast bieden voor de beoordeling van de ecologische toestand van het Noordzeekanaal en dat het wenselijk is om aangepaste maatlatten te ontwikkelen. Deze maatlatten dienen enerzijds rekening te houden met de ruimtelijke differentiatie in zoutgehalte en anderzijds met ruimtelijke verschillen in de kwaliteit van het milieu.

### **aanpak**

De mogelijkheden voor ontwikkeling van aangepaste maatlatten zijn onderzocht door Witteveen+Bos in samenwerking met Bureau Waardenburg. Hierbij zijn de volgende stappen uitgevoerd:

- onderscheiden van deelgebieden in het Noordzeekanaal op basis van verschillen in visstand en macrofauna (Witteveen+Bos);
- identificeren van potentiële indicatoren en keuze tussen verschillende indicatoren (Witteveen+Bos & Bureau Waardenburg);
- vaststellen van klassengrenzen van geschikte indicatoren (Witteveen+Bos);
- opstellen van een bijbehorend monitoringsprogramma voor macrofauna (Witteveen+Bos & Bureau Waardenburg).

Tenslotte zullen de 'nieuwe' maatlatten worden opgenomen in het programma QBWAT. Met dit programma kunnen maatlatscores worden berekend op basis van 'ruwe' monitoringsdata (mits verzameld volgens de KRW-monitoringsrichtlijnen). Dit onderdeel zal worden uitgevoerd door Roelf Pot, ontwikkelaar van het programma QBWAT.

### **onderscheiden van deelgebieden in het Noordzeekanaal**

Op basis van overeenkomsten en verschillen in het voorkomen van vis en macrofauna, is het Noordzeekanaal in drie deelgebieden opgedeeld (afbeelding 1). Deze deelgebieden verschillen niet alleen qua soortensamenstelling, maar ook de milieucondities verschillen. Belangrijke parameters zijn het chloridegehalte, de afstand tot de zee, de diepte, de mate van verontreiniging en het zuurstofgehalte aan de bodem. Deelgebied A ligt het dichtst bij de zee (km 0 - 16) en kan worden gekarakteriseerd als matig tot sterk brak, overwegend zuurstofrijk en is het minst verontreinigd. Deelgebied C ligt juist het verst van de zee (km 21 - 28), is licht tot matig brak en wordt met name in het najaar gekenmerkt door zuurstofproblemen aan de bodem. Deelgebied B (km 16 – 21) neemt wat zout en zuurstof een intermediaire positie in maar is wel het sterkst verontreinigd (havens).

In het algemeen geldt dat voor macrofauna de biomassa en het aantal soorten vanaf deelgebied A richting van B en C afnemen. Voor vis geldt dit in grote lijnen ook, al heeft deelgebied B de laagste visbiomassa. De biologische verschillen corresponderen dus met een afname in chloridegehalte, zuurstofpercentage en sulfidgehalte. Qua soortensamenstelling kunnen de deelgebieden als volgt worden gekarakteriseerd:

- **deelgebied A** heeft een visstand die wordt gedomineerd door mariene soorten als bot, dikkopje, grote zeenaald, schar, schol, steenbolk, tong en wijting. In de zijkanalen domineren zoetwater-soorten. De macrofauna is in dit deel het meest soortenrijk (85 soorten in gebruikte dataset). Soorten die kenmerkend zijn voor dit deel van het Noordzeekanaal zijn: *Cerastoderma glaucum*, *Tharyx marioni*, *Mya arenaria*, *Streblospio benedicti*, *Alkmaria romijni*, *Heteromastus filiformis*, *Tubificoides benedii*, *Nereis species* en *Spionidae*;
- **deelgebied B** heeft een visstand die armer is aan soorten en biomassa dan deelgebied A. Er komen relatief meer zoetwatersoorten voor zoals baars en brakwatersoorten als de zwarte grondel. Ook qua macrofauna is dit deelgebied duidelijk armer dan deelgebied A (33 soorten in gebruikte dataset). Kenmerkend voor dit deel van het kanaal zijn soorten als *Mytilopsis leucophaeata*, *Corophium lacustre*, *Cyathura carinata*, *Ficopomatus enigmaticus*, *Nereis succinea* en *Nereis species*. In de havens wordt soms *Marenzelleria viridis* als kenmerkende soort aangewezen, dit is een soort die goed tegen zuurstofarme omstandigheden kan;
- **deelgebied C** wordt gedomineerd door zoetwatervissen als brasem, kolblei, pos en snoekbaars. De macrofaunagemeenschap is relatief soortenarm (31 soorten in gebruikte dataset) en arm aan biomassa. Dit deel wordt gekenmerkt door zones waarin in het najaar geen macrofauna is aangetroffen en door *Marenzelleria viridis* die bestand is tegen zuurstofarme omstandigheden.

**afbeelding 1. Indeling deelgebieden in het Noordzeekanaal op basis van overeenkomsten en verschillen in het voorkomen van macrofauna en vis**



Op basis van deze verschillen in soortensamenstelling is besloten om bij de verdere uitwerking van de maatlatten deze deelgebieden te onderscheiden. Per deelgebied worden maatlatten ontwikkeld.

### uitwerking maatlat vis

Op dit moment wordt de visstand van het Noordzeekanaal beoordeeld aan de hand van de maatlat behorende tot het watertype M30. De zoutgehalten in het kanaal zijn echter dermate hoog dat er nauwelijks meer sprake is van licht-brakke omstandigheden. De visstand laat dit ook zien, het westelijke deel (deelgebied A en B) wordt gedomineerd door mariene (zee)soorten. In plaats van het opstellen van nieuwe maatlatten is er daarom voor gekozen om de deelgebieden A en B te beoordelen met de maatlat van watertype M32. Deelgebied C heeft een visstand die veel meer lijkt op zoet water en is beoordeeld op de maatlat voor M30.

Daarnaast zijn als mogelijke extra indicatoren de 'totale visbiomassa (kg/ha)' en 'biomassa van 0<sup>+</sup> per hectare' en 'aantal van 0<sup>+</sup> per hectare' onderzocht. Deze indicatoren geven informatie over het functioneren van het kanaal voor de visgemeenschappen (als habitat en paai- en opgroeigebied) en zeggen iets over de opbouw en robuustheid van de visgemeenschap.

De resultaten van de analyses geven aan dat de deelgebieden met de huidige maatlatten zeer goed scoren (deelgebied A) tot matig scoren (deelgebied B en C). De indicator totale visbiomassa kan dit verder nuanceren, omdat lokaal zeer lage visbiomassa's worden aangetroffen. Deze indicator wordt daarom toegevoegd aan de beoordeling. De indicator 0<sup>+</sup> wordt vooralsnog buiten beschouwing gelaten, er is te weinig houvast om deze in te vullen. Tabel 1 geeft de aangepaste maatlatten voor vis weer.

**tabel 1. Maatlatten voor vis per deelgebied van het Noordzeekanaal**

INDICATOR	M30: deelgebied C					M32: deelgebied A en B				
	slecht	ontoe-reikend	matig	GET	ZGET	slecht	ontoe-reikend	matig	GET	ZGET
<b>soortensamenstelling: aantal soorten</b>										
CA	0-1	1-2	2-3	3-4	4-5	0-1	1-2	2-3	3-4	4-5
ER	0-1	1-2	2-3	3-4	4-5	0-2	2-4	4-6	6-8	8-10
MJ+MS	0-1	1-2	2-3	3-4	4-5	0-2	2-5	5-8	8-11	11-14
Z1+Z2	0-1	1-2	2-4	4-6	6-8	0-1	1-2	2-3	3-4	4-5
Z3	0-1	1-2	2-4	4-6	6-8					
<b>abundantie: biomassa (%)</b>										
CA	0-2	2-4	4-6	6-8	8-10	0-2	2-4	4-6	6-8	8-10
ER	0-1	1-2	2-3	3-4	4-5	0-2	2-4	4-6	6-8	8-10
MJ+MS	0-1	1-2	2-3	3-4	4-5	0-2	2-5	5-10	10-15	15-20
Z1+Z2	0-5	5-10	10-20	20-25	25-30	0-2	2-4	4-6	6-8	8-10
Z3	0-2	2-4	4-6	6-8	8-10					
<b>abundantie: totale biomassa</b>										
totale visbiomassa (kg/ha)	<5	5-10	10-25	25-50	50-100	<5	5-10	10-25	25-50	50-100
	>300	200-300	150-200	100-150		>300	200-300	150-200	100-150	
totaal beoordeling	0-0,2	0,2-0,4	0,4-0,6	0,6-0,8	0,8-1	0-0,2	0,2-0,4	0,4-0,6	0,6-0,8	0,8-1

### uitwerking maatlat macrofauna

Voor macrofauna zijn er per deelgebied kenmerkende, positieve en negatieve dominante soorten aangewezen. De toewijzing van soorten aan deze groepen is gebaseerd op de huidige maatlatten voor de watertypen M30 en M31, datasets van het Noordzeekanaal, overige literatuur en expert judgement. Op basis van de soortenlijsten zijn de volgende indicatoren onderzocht:

- % kenmerkende soorten;
- aantal % positief en negatief dominante soorten;

- biomassa % positief en negatief dominante soorten;
- totaal aantal taxa;
- biomassa per m<sup>2</sup>;
- aantal individuen per m<sup>2</sup>.

In de huidige maatlatten worden alleen de eerste drie als indicatoren gebruikt. In dit onderzoek zijn ook indicatoren die betrekking hebben op biomassa onderzocht, omdat biomassa een relevantere maat is voor het ecologisch functioneren van een ecosysteem. De indicator 'aantal soorten' is onderzocht als mogelijk alternatief voor 'percentage kenmerkende soorten'.

Uit de analyses van alle beschikbare datasets van macrofauna kwam ten eerste naar voren dat in het geval van de indicatoren 'positief dominante' en 'negatief dominante soorten' het '% biomassa' een beter resultaat liet zien dan bij de toepassing 'het aantal % individuen'. Deze indicatoren vertonen ook een duidelijk verband met de kwaliteit van het habitat (zuurstof en chloride). Ten tweede bleek dat de indicatoren voor de totale abundantie van de macrofauna (biomassa en aantal per m<sup>2</sup>) een duidelijk verschil laten zien tussen deelgebieden. Deze indicatoren vertonen ook een positieve relatie met zuurstof. Van beide indicatoren is biomassa per m<sup>2</sup> degene die het duidelijkst naar voren komt. Ten derde is gebleken dat met de indicator 'aantal soorten' een beter onderscheid kan worden gemaakt dan met de indicator '% kenmerkende soorten'. Er is daarom gekozen de indicatoren '% positief dominante soorten', '% negatief dominante soorten', 'aantal soorten' en 'absolute biomassa' te gebruiken voor de maatlat van macrofauna. De indeling van klassen heeft plaatsgevonden op basis van relaties van indicatoren met het milieu, kennis over de relatie tussen de zoutgradiënt en het voorkomen van soorten (o.a. kromme van Remane) en expert judgement.

**tabel 2A. Maatlat macrofauna voor deelgebied A**

	slecht	ontoeirekend	matig	goed	zeer goed
% dominant negatief	100-50	50-20	20-10	10-5	5-0
% dominant positief	0-1	1-20	20-40	40-60	60-100
Aantal soorten	0-20	20-30	30-40	40-50	> 50
biomassa in mg/m <sup>2</sup>	0-500	500-3000	3000-6000	6000-9000	9000-11000
	> 25000		25000-14000		11000-14000
totaal beoordeling	0-0,2	0,2-0,4	0,4-0,6	0,6-0,8	0,8-1

**tabel 2B. Maatlat macrofauna voor deelgebied B**

	slecht	ontoeirekend	matig	goed	zeer goed
% dominant negatief	100-50	50-20	20-10	10-5	5-0
% dominant positief	0-1	1-20	20-40	40-60	60-100
aantal soorten	0-10	10-15	15-25	25-30	> 30
biomassa in mg/m <sup>2</sup>	0-250	250-1500	1500-3000	3000-6000	6000-11000
	> 25000		25000-14000		11000-14000
totaal beoordeling	0-0,2	0,2-0,4	0,4-0,6	0,6-0,8	0,8-1

**tabel 2C. Maatlat macrofauna voor deelgebied C**

	slecht	ontoeirekend	matig	goed	zeer goed
% dominant negatief	100-50	50-20	20-10	10-5	5-0
% dominant positief	0-1	1-20	20-40	40-60	60-100
aantal soorten	0-10	10-15	15-25	25-30	> 30
biomassa in mg/m <sup>2</sup>	0-125	125-750	750-1500	1500-3000	3000-11000
	> 25000		25000-14000		11000-14000
totaal beoordeling	0-0,2	0,2-0,4	0,4-0,6	0,6-0,8	0,8-1

### uitwerking van maatlatscores van vis en macrofauna

In tabel 3 zijn de maatlatscores van vis en macrofauna in de deelgebieden en in het Noordzeekanaal als geheel gegeven. Het Noordzeekanaal als geheel scoort op beide kwaliteitselementen 0,6, op de grens van matig en goed. Deelgebied A scoort op beiden elementen goed en deelgebied B matig. Deelgebied C scoort matig op vis en slecht op macrofauna. Dit is berekend aan de hand van de beschikbare data, die voor wat betreft de macrofauna niet volgens de voorgestelde bemonsteringsmethode is verzameld. Hiermee moet rekening worden gehouden bij de interpretatie, alhoewel de indruk bestaat dat de samengestelde datasets toch een goede weerspiegeling geven van de macrofaunagemeenschappen in het Noordzeekanaal. In dat opzicht wordt verwacht dat de resultaten representatief zijn!

**tabel 3. Maatlatscores van vis en macrofauna in de deelgebieden van het Noordzeekanaal**

deelgebied	vis	macrofauna
A	0,7	0,8
B	0,5	0,5
C	0,6	0,3
<b>totaal</b>	<b>0,6</b>	<b>0,6</b>

### monitoring

Voor de monitoring van de visstand ten behoeve van de maatlatten is een gestandaardiseerde bemonstering nodig, hiervoor wordt verwezen naar het handboek visstandbemonstering- en beoordeling (STOWA, 2003). Voor de macrofauna is een gestratificeerde bemonstering ontworpen waarbij voor ieder deelgebied de belangrijkste habitats worden bemonsterd naar rato van oppervlak. Voor de overige invulling van de bemonstering wordt verwezen naar de MIR handleiding (Van Splunder *et al.*, 2006).

### aanbevelingen

Tot slot wordt aanbevolen om:

- de voorgestelde gestratificeerde bemonstering voor macrofauna op te nemen in het monitoringsprogramma voor het Noordzeekanaal;
- exact de oppervlakten van de deelgebieden te bepalen en daarmee de wegingsfactoren;
- na bemonstering volgens de gestratificeerde methode, of na het beschikbaar komen van informatie uit vergelijkbare systemen, de klassengrenzen opnieuw te beoordelen;
- nader onderzoek te doen naar de relatie tussen macrofauna en verontreiniging, om vast te stellen in hoeverre verontreiniging of chloride sturende factoren zijn voor de samenstelling van de macrofaunagemeenschappen;
- aan te sturen op kennisontwikkeling om de deelmaatlat leeftijdsopbouw te kunnen invullen, bijvoorbeeld door de indicator  $0^+$  verder te onderzoeken en te onderbouwen. Daarnaast is het interessant om te onderzoeken wat de oorzaak is van het bijna afwezig zijn van  $0^+$ .



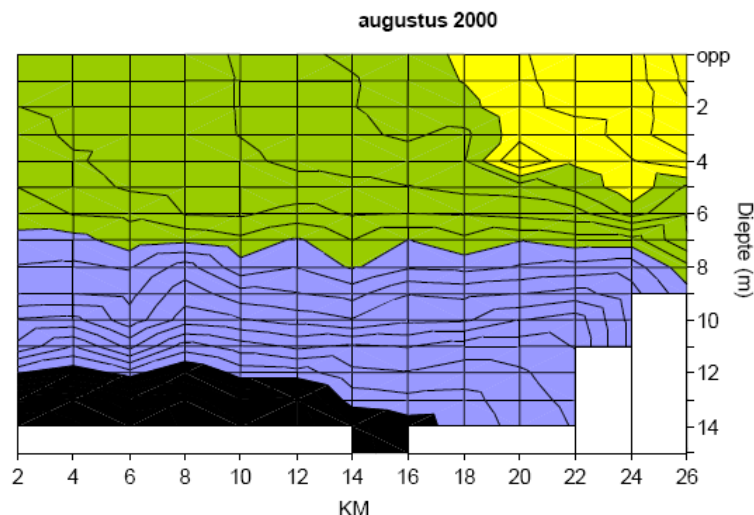
## 1. INLEIDING

### 1.1. Aanleiding

Volgens de Europese Kaderrichtlijn Water moeten sterk veranderde en kunstmatige oppervlaktewateren in 2015 in een 'Goed Ecologisch Potentieel' (GEP) verkeren. Om te beoordelen wat de ecologische kwaliteit van een waterlichaam is, wordt gebruik gemaakt van maatlatten. Per watertype zijn er maatlatten opgesteld. Het Noordzeekanaal behoort volgens de systematiek van de KRW tot het watertype 'zwak brak meer'. De maatlat die daaraan is gekoppeld is de maatlat van M30. Het watertype M30 wordt gekarakteriseerd door een range in zoutgehalte van 0,3-3 gram Cl/l. Hoewel het chloridegehalte dus als overheersende parameter wordt beschouwd, kunnen in deze wateren zowel mariene-, brakwater- en zouttolerante zoetwatersoorten voorkomen.

Het Noordzeekanaal kent echter chloridegehalten met een veel grotere range, ongeveer tussen 0,5 tot 13 gram Cl/l. Er is sprake een zoet-zout gradiënt die enerzijds loopt van oost naar west (afbeelding 1.1) en anderzijds van ondiep naar diep. Het aantal soorten neemt theoretisch tussen 3 tot 10 g Cl/l af (zie box 1.1, kromme van Remane). In die range is het water te zout voor de meeste zoetwatersoorten en te zoet voor de meeste zoutwatersoorten. Veel aquatische soorten hebben slechts een beperkte tolerantie ten aanzien van de variatie in zoutconcentratie. Bepaalde soorten kunnen zich beschermen tegen (tijdelijk) ongunstige omstandigheden (door bijvoorbeeld osmoregulatie), andere soorten zijn strikt beperkt tot water met een zoutgehalte beneden of boven een bepaalde waarde. Bepaalde soorten vissen migreren tussen zoet en zout water en kunnen dus in zowel zoet als zout water worden aangetroffen.

**afbeelding 1.1. Chloride-gradiënt van het Noordzeekanaal in augustus 2000**



De kleuren geven het zoutgehalte weer, zwart >10000 mgCl/l; blauw 5500-10000 mgCl/l; groen 3000-5500 en geel 0-500 mgCl/l.

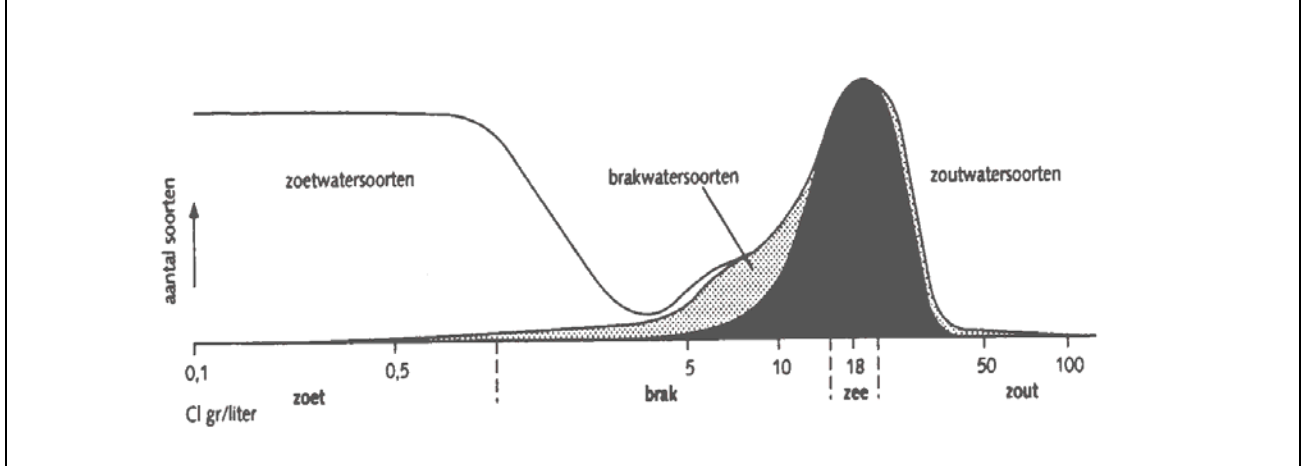
### analyse visstand Noordzeekanaal

Witteveen+Bos heeft in 2004 onderzoek gedaan naar de visstand in het Noordzeekanaal (Witteveen+Bos, 2004). Aan de hand van statistische analyse (clustering) is de variatie in de visstand onderzocht. Het bleek dat het Noordzeekanaal op basis van de visstand in drie ruimtelijk gescheiden gebieden kon worden ingedeeld:

- een visstand van brak-zout water werd aangetroffen in deelgebied A (van 0 tot 17 km);
- een visstand van licht-brak water werd aangetroffen in deelgebied B (van 17 tot 21 km);
- een zoetwatergemeenschap in deelgebied C (van 21 tot 28 km).

### box 1.1. Kromme van Remane (verband tussen zoutgehalte en soortenrijkdom)

De Kromme van Remane weerspiegelt de relatie tussen het zoutgehalte (in g Cl/l) van wateren en de soortenrijkdom van macrofauna (Wolff, 1989 (Oostzee)). Het aantal zoet-, brak- en zoutwatersoorten is weergegeven op de verticale as. Op de horizontale as is de chlorideconcentratie weergegeven in g/l en er is onderscheid wordt gemaakt tussen zoete (<0,3 g Cl/l), licht brakke (0,3-3 g Cl/l) en brakke (3-10 g Cl/l) (getijden)wateren en zee (ca. 18 g Cl/l). De soortenrijkdom in zoete wateren is hoog en neemt snel af bij een toenemend chloridegehalte. Vanaf circa 0,6 g Cl/l komen brakwatersoorten voor, maar neemt het aantal zoetwatersoorten sterk af. Zoutwatersoorten komen voor vanaf een concentratie van ongeveer 5 g Cl/l. De zoetwatersoorten zijn dan vrijwel verdwenen. De overgang in zoutconcentraties leidt tot een laag soortniveau tussen de 2-5 g Cl/l.



### toetsing visstand aan de KRW maatlatten

Het Noordzeekanaal wordt voor de Kaderrichtlijn Water als een 'zwak brak meer' (M30) ingedeeld. Uit bovenstaande resultaten van de analyse van de visstand blijkt dat het Noordzeekanaal maar ten dele gekarakteriseerd kan worden als het watertype zwak, brak water. Naar aanleiding daarvan is het de vraag of het Noordzeekanaal wel goed kan worden beoordeeld met de maatlat voor M30.

Bij toepassing van de bestaande maatlat van M30 bleek dat de visstand van het Noordzeekanaal zeer goed scoorde. De hoge score is op zijn minst opvallend en mogelijk niet correct in verband met onder andere thermische verontreinigingen, vervuilde waterbodems en tijdelijke zuurstofarme condities die in het kanaal voorkomen. Het lijkt erop dat de score zo hoog uitvalt, omdat in de maatlat niet wordt gecorrigeerd voor het oppervlak van het waterlichaam of het aantal monsters dat is genomen. Door het grote oppervlak van het Noordzeekanaal en de sterke zoet-zout gradiënt komen veel soorten van verschillende de gildes voor. Mede hierdoor is de maatlatscore, wanneer het Noordzeekanaal als geheel wordt getoetst, hoger dan wanneer de afzonderlijk delen zouden worden beoordeeld. Hiermee ontstaat mogelijk een onrealistisch beeld van de ecologische kwaliteit van delen van het kanaal.

### toetsing macrofauna aan de KRW maatlatten

Aquasense (2006) heeft de huidige maatlatten voor macrofauna voor de watertypen M30 en M31 toegepast op het Noordzeekanaal. Het Noordzeekanaal scoorde matig tot slecht op het biologische kwaliteitselement macrofauna. Tijdens de beoordeling van macrofauna in het kanaal aan de hand van de maatlatten bleek dat slechts enkele kenmerkende, positief en negatief dominante soorten in het Noordzeekanaal aanwezig waren. Daarnaast werd geconcludeerd dat de bemonsteringstrategie niet goed bij de ecologische samenhang van het kanaal paste. Niet alle voorkomende habitattypen worden bemonsterd. Op deze punten is dan ook verbetering gewenst.

Samenvattend kan worden gesteld dat er geen representatief beeld ontstaat voor de biologische kwaliteitselementen vis en macrofauna wanneer volgens de huidige maatlatten geldend voor het watertype

M30 wordt getoetst. In de huidige methode wordt het Noordzeekanaal als geheel beoordeeld. Dat heeft als resultaat dat op de deelmaatlat 'soortensamenstelling' hoog wordt gescoord. Omdat er een sterke zoet-zout gradiënt aanwezig is, komen in het kanaal veel soorten uit verschillende gildes voor. Voor macrofauna geldt dat de indicatorsoorten, zowel de positief dominante, negatief dominante als kenmerkende soorten niet of nauwelijks zijn aangetroffen in het kanaal. Daarnaast blijkt de bemonsteringsmethode voor macrofauna niet afdoende te zijn om te kunnen komen tot een representatieve weergave van de in het kanaal voorkomende levensgemeenschappen.

### **onderzoek naar indeling deelgebieden en aangepaste maatlatten per deelgebied**

Zoals hiervoor vermeld kan de visgemeenschap in drie deelgebieden worden ingedeeld, waarbij chloride de belangrijkste sturende factor is. Witteveen+Bos is door Rijkswaterstaat Noord-Holland verzocht om te onderzoeken of een dergelijke onderverdeling ook mogelijk is voor macrofauna en of er naast chloride andere (mogelijk sterker) sturende milieufactoren zijn. Daarnaast is gevraagd te onderzoeken of zowel voor het Noordzeekanaal als geheel als per deelgebied, beter passende maatlatten, deelmaatlatten en indicatoren voor vis en macrofauna kunnen worden ontwikkeld.

#### **box 1.2. gehanteerde terminologie: maatlatten**

De termen van maatlat, deelmaat en indicatoren worden nog al eens verschillend toegepast en geïnterpreteerd. In dit rapport verstaan we onder een maatlat: het beoordelingssysteem op het niveau van biologische kwaliteitselementen (fytoplankton, macrofyten, fyto bentos, macrofauna, vis) per watertype. De maatlatten voor de biologische kwaliteitselementen zijn uitgewerkt voor de aspecten soortensamenstelling, leeftijdsopbouw en abundantie (dichtheid en/of biomassa). Deze aspecten worden gedefinieerd als deelmaatlatten. De deelmaatlatten kunnen op hun beurt weer bestaan uit indicatoren (voorbeelden: diadrome (vis)soorten, estuariene (vis)soorten, kenmerkende, positief en negatief dominante soorten, biomassa, dichtheid, aantal taxa).

## **1.2. Doel van de opdracht**

Het eerste doel van dit project is te bepalen of het Noordzeekanaal in deelgebieden ingedeeld kan worden. Het tweede doel is het opstellen van maatlatten, deelmaatlatten en indicatoren voor de biologische kwaliteitselementen vis en macrofauna per deelgebied. Deze maatlatten moeten in staat zijn om de ecologische kwaliteit van de verschillende deelgebieden te indiceren. Als laatste doel geldt het opstellen van een monitoringprogramma dat aansluit op de nieuw ontwikkelde maatlatten.

## **1.3. Leeswijzer**

In hoofdstuk 2 is beschreven welke aanpak is gevolgd in deze studie. In hoofdstuk 3 zijn de resultaten van deze studie weergegeven. Eerst is de indeling het Noordzeekanaal in deelgebieden beschreven (3.1). Daarna zijn potentiële indicatoren (3.2) en klassengrenzen van geschikte indicatoren beschreven (3.3). Vervolgens is er een monitoringsprogramma opgesteld om de maatlatten te kunnen toetsen (3.4) en zijn totale maatlatscores voor het Noordzeekanaal berekend (3.5). De discussie, conclusies en aanbevelingen staan in hoofdstuk 4.

## 2. MATERIAAL EN METHODE

In dit rapport zijn maatlatten, deelmaatlatten en indicatoren voor de biologische kwaliteitselementen macrofauna en vis per deelgebied van het Noordzeekanaal opgesteld. In deze paragraaf is beschreven welke stappen zijn uitgevoerd om tot een nieuwe beoordelingssystematiek te komen. Op sommige punten is er een samenwerking aangegaan met Bureau Waardenburg. Er is per onderdeel aangegeven wat de bijdrage van ieder bureau is geweest. De volgende stappen zijn uitgevoerd:

- vaststellen van deelgebieden in het Noordzeekanaal op basis van gemeenschappen van vis en macrofauna (Witteveen+Bos);
- identificeren van potentiële indicatoren voor vis en macrofauna en keuze tussen verschillende indicatoren (Witteveen+Bos: vis & Bureau Waardenburg: macrofauna);
- vaststellen van klassengrenzen van geschikte indicatoren voor vis en macrofauna (Witteveen+Bos);
- opstellen van een monitoringsprogramma per deelgebied voor macrofauna (Bureau Waardenburg);
- programmeren van de maatlatten in QBWAT (Roelf Pot).

### 2.1. Bepalen van deelgebieden op basis van macrofauna en vis

In deze paragraaf is omschreven welke gegevens er voor vis en macrofauna zijn gebruikt bij de analyses om het Noordzeekanaal in te delen in deelgebieden. Daarna worden de uitgevoerde analyses, te weten clustering en ordinatie, toegelicht. De visgemeenschap is in eerder onderzoek van Witteveen+Bos (2004) al geanalyseerd. De resultaten (clustering, ordinatie en indeling in deelgebieden) hiervan zijn kort samengevat in hoofdstuk 3.

#### dataset macrofauna

Met behulp van de dataset van macrofauna afkomstig van Aquasense (2006) zijn statistische analyses uitgevoerd. Deze dataset bestond uit gegevens van (soorten)samenstelling, biomassa asvrij drooggewicht (asdg)/m<sup>2</sup> en aantallen per m<sup>2</sup>. Daarnaast zijn milieufactoren bepaald op dezelfde locaties waar macrofaunamonsters zijn genomen. Er is gekozen om alleen deze dataset te gebruiken voor de indeling van gebieden, omdat dit de enige dataset was die biomassagegevens bevatte. Daarnaast beslaat deze dataset het grootste deel van het Noordzeekanaal. Het is echter wel zo dat enkele habitats ontbreken in deze dataset, te weten natuurvriendelijke oevers en stortsteen, maar deze beslaan maar een klein gedeelte van het oppervlak.

De gegevens in de dataset zijn afkomstig van monsters die zijn genomen in raaien op 6, 11, 14, 18, 20, 22, en 26 km vanaf IJmuiden. Per raai zijn er op drie locaties monsters genomen. Twee daarvan lagen in het zuidelijk deel van het kanaal op diepte 4,5 à 6 meter (zuid4-6) en op een diepte van 10 à 12 meter (zuid10-12). Daarnaast is er in het midden van het kanaal (MK) gemonsterd op een diepte variërend tussen de 14 en 20 meter. Ieder monster bestaat uit drie deelmonsters.

Voordat er statische analyses zijn uitgevoerd, heeft eerst een taxonomische afstemming plaatsgevonden. De reden hiervoor is dat de analyse is gericht op het onderscheiden van combinaties van soorten (macrofaunagemeenschappen). Wanneer in de dataset een bepaalde soort de ene keer tot het niveau van een soort en de andere keer op het niveau van genus of hoger wordt gedetermineerd, lijken dit verschillende soorten. Dit gebeurt vaak wanneer verschillende stadia naast elkaar voorkomen. De jonge stadia kunnen namelijk niet tot op soortsniveau worden gedetermineerd. Er moet dus worden gekozen voor één taxonomisch niveau, dit is taxonomische afstemming. Bij de afstemming zijn enkele soortengroepen verwijderd of samengevoegd. De groepen *Bivalvia*, *Corophium* species, *Tubificidae* zonder haarborstels en *Gammaroidea* zijn verwijderd, omdat deze niet op soortniveau zijn gedetermineerd en ze ook niet veel voorkwamen in de dataset. Daarnaast is de soort *Nereis diversicolor* (in enkele monsters aanwezig) samengevoegd tot *Nereis* species. Deze aanpassing heeft plaatsgevonden, zodat alle waarnemingen van *Nereis* konden worden meegenomen. De groep *Nereis succinea* is per abuis wel afzonderlijk behouden, dit heeft echter geringe invloed op de resultaten gehad.

### **clustering: identificeren en karakteriseren van macrofaunagemeenschappen**

Met de hierboven beschreven dataset is een aantal clusteringen uitgevoerd. Hiervoor is het programma FLEXCLUS (FLEXible CLUstering) gebruikt (van Tongeren, 1986). Dit programma groepeert monsters op basis van overeenkomsten in soortensamenstelling en abundantie (gekozen is voor de optie similarity ratio). Er is geclusterd met alle deelmonsters en met de gemiddelden van de deelmonsters. De clustering heeft plaatsgevonden voor biomassa, aantallen en aan- of afwezigheid.

De clusters die uit de analyse naar voren kwamen, zijn gekarakteriseerd aan de hand van de kenmerkende soorten. De selectie van kenmerkende soorten per cluster is gebaseerd op de volgende drie kenmerken (naar Verdonschot, 1990):

1. frequentie van de soort binnen het cluster = (aantal monsters binnen het cluster waarin soort voorkomt)/(totaal aantal monsters in cluster);
2. trouw van de soort aan het cluster = (frequentie van de soort binnen het cluster)/(frequentie van de soort in de totale dataset);
3. abundantie van de soort in het cluster = (gemiddelde biomassa van de soort in het cluster) / (gemiddelde biomassa van de soort in de totale dataset).

De kenmerkende soorten zijn vervolgens geselecteerd door die soorten te nemen waarvoor het product van 'frequentie \* trouw \* abundantie' groter is dan een vastgestelde waarde. De maximale hoogte van dit getal is afhankelijk van de dataset en de soortgroep. Voor macrofauna worden soorten met een score groter dan 2 als hoog-typerend gekarakteriseerd.

### **ordinatie: bepalen van de relatie van voorkomen van macrofaunasoorten en milieufactoren**

De macrofaunagegevens van het Noordzeekanaal zijn onderzocht door middel van ordinarie met het softwarepakket CANOCO (Ter Braak & Šmilauer, 1998). Het primaire doel van een ordinarie is het inzichtelijk maken van de variatie in soortensamenstelling en abundantie binnen de groep van monsters. Bij een ordinarie worden de monsters van macrofauna net als bij clustering geordend op basis van overeenkomsten en verschillen in soortensamenstelling en abundantie. In een ordinarie gebeurt dat in meerdere 'dimensies' (assen). Deze assen zijn hypothetische milieugradiënten die meestal een sterk verband vertonen met de voor de soortgroep belangrijke milieukekenmerken. Om deze milieugradiënten en daarmee de grond van de waargenomen variatie in soortensamenstelling te kunnen verklaren, kan tijdens de analyse worden gezocht naar correlaties met bekende waarden van milieuvariabelen. De resultaten van een ordinarie worden weergegeven in een ordinariediagram. Deze geeft de belangrijkste variatie weer door de plaatsing (ordering) van soorten en monsters op ordinarie-assen (Ter Braak, 1996). Monsters met een overeenkomstige soortensamenstelling liggen dicht bij elkaar, monsters die qua soortensamenstelling sterk van elkaar verschillen liggen juist ver uit elkaar. Het is mogelijk om clustering en ordinarie te combineren. Dit is gedaan door monsters in het ordinariediagram te markeren met een uniek symbool voor ieder cluster.

In een volgende stap is bepaald welke milieufactoren de variatie binnen de monsters en clusters het best kunnen verklaren. Met andere woorden welke milieufactoren zijn van invloed op de samenstelling van gemeenschappen van macrofauna. Dit is gedaan door middel van indirecte ordinarie.

Bij een indirecte ordinarie worden milieuvariabelen achteraf gerelateerd aan de variatie in soortensamenstelling. Het voordeel hiervan is dat de analyse zich zuiver richt op de variatie in biologische kenmerken en dat de variatie in milieuvariabelen geen invloed op de ordinarie kan uitvoeren. In deze studie is geordineerd op basis van biomassa m<sup>2</sup> (avdg). De volgende milieufactoren zijn in de indirecte ordinarie meegenomen: chloride (Cl), zuurstofverzadiging (pO<sub>2</sub>), temperatuur (T), seizoen (voor- en najaar), organische materiaal, chemische verontreinigingen, sulfide en afstand tot de zee, diepte zand, schelpgruis, zand en stenen.

## indeling in deelgebieden

De resultaten van de visstand tezamen met de resultaten van macrofauna hebben geleid tot een indeling van het Noordzeekanaal in deelgebieden.

## 2.2. Identificeren en selectie van potentiële indicatoren

In deze paragraaf is beschreven hoe potentiële indicatoren zijn geïdentificeerd. Allereerst is beschreven welke datasets zijn gebruikt. Daarna is aangegeven welke indicatoren zijn geanalyseerd en waarom. Om verbanden tussen potentiële indicatoren en milieufactoren aan te tonen is er gecorreleerd. Correlatie is als laatste in deze paragraaf toegelicht.

### 2.2.1. Gebruikte dataset voor vis en macrofauna

De biologische en chemische datasets die zijn gebruikt om potentiële indicatoren voor vis te identificeren zijn:

- visgegevens RIVO 2001 (MWTL): 51 trekken verspreid over het kanaal, zie achtergronddocument vis (aantallen en biomassa);
- visstandgegevens uit Witteveen+Bos (2004): 56 trekken (ook in het zijkanaal) (aantallen en biomassa);
- fysisch-chemische gegevens uit Witteveen+Bos (2004): zuurstof (gehalte en verzadigingspercentage), saliniteit, geleidendheid, temperatuur en pH.

De biologische dataset voor macrofauna is samengesteld uit de volgende bronnen:

- Aquasense (2006) beschreven in bovenstaande paragraaf (aantallen en biomassa);
- macrofauna bemonstering in de natuurvriendelijke oever in Zuiderpolder op 12 locaties (Van Haaren & Tempelman, 2007) (aantallen);
- macrofaunadata 2006 Noordzeekanaal: 2 geschikte monsters op stortsteen (biotoopbemonstering voor de KRW ontvangen van RWS Noord-Holland) (aantallen);
- Noordzeekanaal 2004; 6 geschikte monsters op stortsteen (pilot KRW-bemonstering ontvangen van RWS Noord-Holland) (aantallen);
- TRIADE onderzoek (TNO, 2002): alleen gebruikt bij het aanwijzen van soorten als mogelijke indicatoren (aantallen).

De fysisch-chemische dataset voor macrofauna is samengesteld uit de volgende bronnen:

- Aquasense (2006): op de locaties waar macrofauna is verzameld zijn ook de volgende parameters gemeten; zuurstof (gehalte en verzadigingspercentage), chloride, geleidendheid, diepte, verontreinigingsklasse, substraat (slib, zand, schelp) en bemonsteringsdiepte;
- profielmetingen om de 2 kilometer in het Noordzeekanaal gedurende het hele jaar 2000. Hieruit zijn jaargemiddelden, minimum- en maximumwaarden berekend voor chloride, geleidendheid, zuurstof en temperatuur per bemonsteringslocatie en –diepte (Aquasense, 2008);
- verontreinigingsklassen van Rijkswaterstaat 2000 (ontvangen van Bert van Klaveren RWS Noord-Holland): de metingen zijn geïnterpoleerd en vlakdekkend gemaakt voor het gehele kanaal en havens (niet het IJ). Per monster zijn aan de hand van coördinaten verontreinigingsklassen afgelezen.

### 2.2.2. Selectie van potentiële indicatoren voor vis

Voor vis zijn voor dit project geen nieuwe indicatoren ontwikkeld, maar is gebruik gemaakt van de indicatoren die voor de 'referenties en maatlaten' voor brakke wateren (typen M30, M31 en M32) zijn ontwikkeld (Van der Molen & Pot, 2007; Jaarsma *et. al.*, 2007). Hierbij zijn de vissoorten die behoren tot de referentie voor overgangswateren en de soorten die regelmatig in brakke wateren worden aangetroffen, ingedeeld in ecologische gildes volgens de indeling van Elliott & Hemingway voor estuaria. De door hen onderscheiden gildes zijn (onder andere):

- CA = diadrome soorten die migreren tussen zee en rivier en het estuarium als trekroute gebruiken;
- ER = estuariene soorten die hun totale levenscyclus in het estuarium kunnen doorlopen;
- MJ = mariene juveniel, zeesoort waarvan de jonge exemplaren kunnen opgroeien in een estuarium;
- MS = mariene volwassene, zeesoort die in een vast seizoen een estuarium kan bezoeken.

Op basis van literatuur en waarnemingen in de dataset zijn zoetwatersoorten verder onderverdeeld in drie groepen op basis van hun tolerantie voor chloride. De soorten in de groepen Z1-MBRAK en Z2-LBRAK zijn de meest tolerante soorten, die respectievelijk nog zijn aangetroffen bij chloridegehalten tot circa 8 en 4 g/l. De soorten van Z3-ZOET worden niet aangetroffen boven circa 2 gCl/l. Deze groep bestaat overigens vrijwel geheel uit plantminnende zoetwatersoorten en is binnen de zwak-brakke wateren indicatief voor plantenrijkdom. De groep van exoten of soorten die zijn uitgezet (beekforel, graskarper, regenboogforel, roofblei) wordt verder niet beschouwd, deze zijn ook niet in het Noordzeekanaal aangetroffen. De indeling van soorten in de onderscheiden groepen staat weergegeven in tabel 2.1.

**tabel 2.1. Indeling van vissoorten in groepen of ecologische gildes.**

CA	ER	MJ	MS	Z1-MBRAK	Z2-LBRAK	Z3-ZOET
dried.stekelbaars	bot	griet	ansjovis	baars	alver	bittervoorn
elft	botervis	haring	diklipharder	kolblei	blankvoorn	grote modderk.
fint	brakwatergron- del	kabeljauw	geep	snoekbaars	brasem	kleine modderk.
paling	dikkopje	koornaarvis	snotolf	tiend. stekel- baars	giebel	croeskarper
rivierprik	glasgrondel	rode poon	sprot		karper	kwabaal
spiering	grote zeenaald	schar	vijfdradige meun		pos	meerval
steur	harnasman	schol			vetje	rivieronderpad
zalm	houting	steenbolk				riviergrondel
zeeforel	kleine zeenaald	tarbot				ruisvoorn
zeeprik	puttaal	tong				snoek
	slakdolf	wijting				winde
	zandspiering	zeebaars				zeelt
	zeedonderpad					
	zwarte grondel					

In deze studie worden de maatlatten behorende tot het watertype M30 en M32 getest, omdat deze het beste aansluiten bij de chloridgehalten van het kanaal. Er is gekozen voor M30 in plaats van M32, omdat deze maatlat wordt toegepast op de kleinere wateren. De maatlatten M30 en M32 voor vissen bestaan uit indicatoren die zijn gebaseerd op de ecologische gildes of de onderscheiden groepen. Iedere indicator (of combinatie van groepen) is indicatief voor een aspect van het watersysteem. De hierboven beschreven indicatoren komen voor in de deelmaatlatten 'aantal soorten' en 'biomassa (%)'. Deze indicatoren zijn getoetst op potentie. In onderstaande tabel staan de klassengrenzen van de indicatoren van vis per maatlat en deelmaatlat weergegeven.

**tabel 2.2. Klassengrenzen maatlatten brakke wateren.**

INDICATOR	M30					M32				
	slecht	ontoereikend	matig	get	zget	slecht	ontoereikend	matig	get	zget
<b>aantal soorten</b>										
CA	0-1	1-2	2-3	3-4	4-5	0-1	1-2	2-3	3-4	4-5
ER	0-1	1-2	2-3	3-4	4-5	0-2	2-4	4-6	6-8	8-10
MJ+MS	0-1	1-2	2-3	3-4	4-5	0-2	2-5	5-8	8-11	11-14
Z1+Z2	0-1	1-2	2-4	4-6	6-8	0-1	1-2	2-3	3-4	4-5
Z3	0-1	1-2	2-4	4-6	6-8					
<b>biomassa (%)</b>										
CA	0-2	2-4	4-6	6-8	8-10	0-2	2-4	4-6	6-8	8-10

ER	0-1	1-2	2-3	3-4	4-5	0-2	2-4	4-6	6-8	8-10
MJ+MS	0-1	1-2	2-3	3-4	4-5	0-2	2-5	5-10	10-15	15-20
Z1+Z2	0-5	5-10	10-20	20-25	25-30	0-2	2-4	4-6	6-8	8-10
Z3	0-2	2-4	4-6	6-8	8-10					

### aanvullende indicatoren vis

Een belangrijk onderdeel van een zelfstandig functionerend systeem is reproductie. Om dit te testen is er gekeken naar de aanwezigheid van juveniele vis. Op de deelmaatlat 0<sup>+</sup> (ha) zijn de indicatoren biomassa en aantal 0<sup>+</sup> (ha) onderzocht.

### 2.2.3. Selectie van potentiële indicatoren voor macrofauna

Om potentiële indicatoren voor macrofauna te selecteren is er als eerste geïnventariseerd welke indicatoren in de huidige maatlatten worden gebruikt. De huidige maatlatten van M30 en M31 voor macrofauna zijn opgebouwd uit drie indicatoren, te weten;

- abundantie (aantal %) van dominant negatieve soorten;
- abundantie (aantal %) van dominant positieve soorten;
- percentage kenmerkende soorten.

De maatlat voor het watertype M32 voor macrofauna is op een geheel andere wijze opgebouwd. De maatlat is opgebouwd uit de indicatoren dichtheid per m<sup>2</sup>, biomassa per m<sup>2</sup>, aantallen en een similariteits index. Deze eerste drie indicatoren zijn ook in deze studie beschouwd als mogelijke indicatoren. Deze indicatoren kunnen namelijk een toegevoegde waarde hebben, wanneer het toewijzen van soorten als kenmerkende, of dominant positief of dominant negatief lastig is.

In deze studie worden mogelijke indicatoren getoetst uit de huidige maatlatten voor de watertypen M30, M31 en M32. In de maatlatten voor M30 en 31 zijn de indicatoren op dit moment alleen gebaseerd op aantallen individuen. In deze studie willen we onderzoeken of de biomassa de verschillen in de ecologische toestand wellicht beter kan indiceren. Dit wordt op voorhand wel verwacht, omdat biomassa vaak een ecologisch relevantere maat is dan aantallen. Bijvoorbeeld omdat de aantallen gedurende het seizoen en tussen jaren sterk variëren en dat biomassa een reflectie is van de hoeveelheid voedingsstoffen die er in het systeem beschikbaar is.

De volgende indicatoren voor macrofauna zijn daarom getest op potentiële geschiktheid:

- % kenmerkende soorten: % van de soorten, die voorkomen in een monster, uit een lijst van kenmerkende soorten die mogen worden verwacht in een goede toestand;
- % biomassa van positief dominante soorten: biomassapercentage van de soorten (ten opzichte van totale biomassa in het monster) uit een lijst van soorten die domineren in een goede toestand;
- % biomassa van negatief dominante soorten: biomassapercentage van de soorten (ten opzichte van totale biomassa in het monster) uit een lijst van soorten die, indien dominant, een slechte ecologische toestand indiceren;
- aantals % van positief dominante soorten; aantalspercentage van de soorten (ten opzichte van totale aantal individuen) uit een lijst van soorten die domineren in een goede toestand;
- aantals % van negatief dominante soorten: aantalspercentage van de soorten (ten opzichte van totale aantal individuen) uit een lijst van soorten die, indien dominant, een slechte ecologische toestand indiceren;
- totale biomassa van de macrofauna per m<sup>2</sup>: dit is indicatief voor het beschikbare voedsel in het systeem;
- totaal aantal individuen van de macrofauna per m<sup>2</sup>: (dichtheid) geschiktheid van het habitat;
- totaal aantal taxa (op soortsniveau): geeft aan hoe soortenrijk een systeem is (biodiversiteit).

Alvorens de indicatoren zijn getest op geschiktheid, heeft Bureau Waardenburg, per onderscheiden deelgebied, nieuwe kenmerkende, positief- en negatief dominante soorten aangewezen. Dit is gedaan omdat uit onderzoek van Aquasense (2006) bleek dat slechts enkele kenmerkende, positief- en nega-



tief dominante soorten uit de lijst van de huidige maatlatten in het Noordzeekanaal aanwezig waren. De aanwijzing van nieuwe soorten is gebaseerd op:

- de kenmerkende, positief en negatief dominante soorten uit de huidige maatlatten voor de watertypen M30 en M31;
- voorkomende soorten uit bovengenoemde datasets;
- literatuur;
- expert judgement.

#### 2.2.4. Berekenen en analyseren van indicatorscores

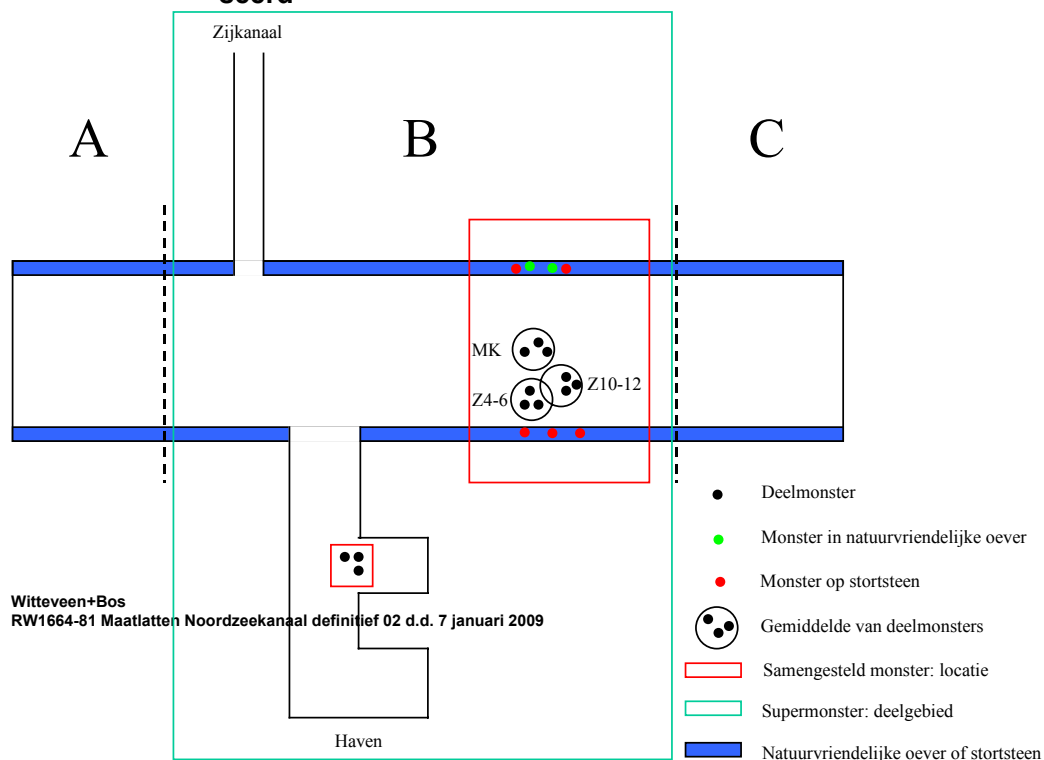
De indicatorscores van vis en macrofauna zijn op verschillende niveaus berekend en geanalyseerd. Voor vis zijn aan de hand van alle datasets de indicatorscores op de volgende niveaus berekend:

1. per trek: dit is het meest gedetailleerde niveau. Er zijn circa 107 waarnemingen (data van 2001 en 2004) van voorkomen van soorten met biomassa en aantallen;
2. per deelgebied: alle trekken uit het deelgebied gemiddeld. De havens en zijkanalen zijn meegenomen in de analyses.

Macrofauna is aan de hand van alle datasets op 4 niveaus berekend en geanalyseerd (zie ook afbeelding 2.1):

1. per (deel)monster: dit is het meest gedetailleerde niveau. Er zijn circa 170 waarnemingen van voorkomen van soorten en biomassa en/of aantallen in deelmonsters van de dataset van Aquasense, data van natuurvriendelijke oevers of van stortsteen;
2. gemiddelde deelmonsters Aquasense: Dit is een soortenlijst met gemiddelde abundanties van 3 deelmonsters uit dataset van Aquasense. Per locatie en per diepte zijn deelmonsters in triplo verzameld. Hiervan is een gemiddelde monster opgesteld;
3. samengestelde monsters: Per locatie in het kanaal (km traject en de havens) zijn samengestelde monsters gemaakt. Deze bestaan uit; gemiddelde monsters Aquasense, nabijgelegen monsters van NVO's indien van toepassing (alleen deelgebied C) en nabijgelegen monsters stortsteen. De samengestelde monsters zijn tot stand gekomen door weging naar oppervlak van voorkomen van het betreffende habitat van de onderliggende monsters (de wegingsfactoren per habitat worden beschreven in paragraaf bemonsteringsmethode);
4. per deelgebied: Alle samengestelde monsters uit het deelgebied zijn naar oppervlak gewogen gemiddeld (zie voor de gebruikte wegingsfactoren per habitat hoofdstuk 2). Hier zitten ook de havens bij. De zijkanalen zijn ook een (belangrijk) habitat in sommige deelgebieden. Hiervan zijn echter geen gegevens beschikbaar.

**afbeelding 2.1. Overzicht van de verschillende niveaus waarop macrofauna data zijn geanalyseerd**



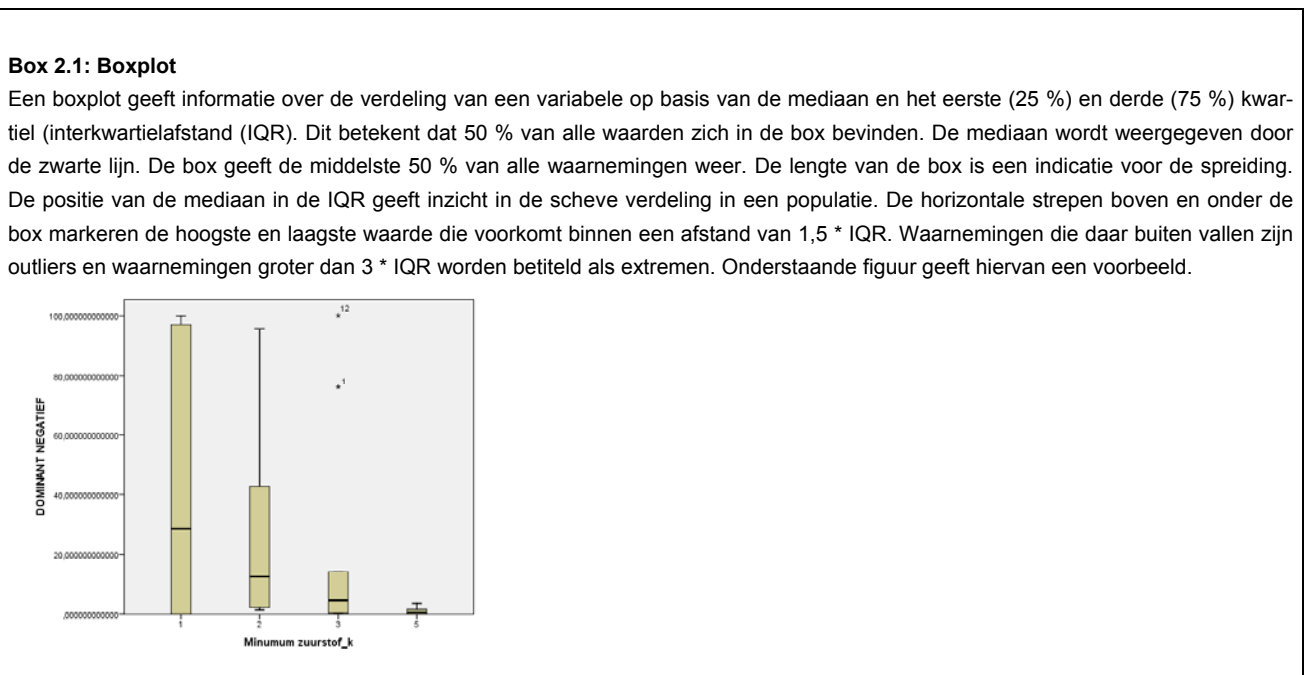
### correlatie: analyse van het verband tussen indicatorscore en milieuv variabelen

Met behulp van correlatie kan de sterkte en de richting van het verband tussen indicatoren van vissen en macrofauna met milieufactoren worden bepaald. De correlatie wordt weergegeven met Pearson's Product-moment correlatiecoëfficiënt ( $r$ ). De waarde van de correlatiecoëfficiënt ligt altijd tussen de  $-1$  en  $+1$ . Als  $r=+1$  dan is er een perfect positief verband tussen beide variabelen (alle punten liggen op een rechte lijn). Wanneer  $r=-1$ , dan geldt een perfect negatief verband. In deze studie zijn met behulp van MS EXCEL de afhankelijke indicatoren voor vis en macrofauna op verschillende niveaus gecorreleerd met onafhankelijke milieufactoren. Voor de sterkste correlaties zijn de verbanden nader grafisch onderzocht. Indien er een duidelijk verband is kan de relatie bijvoorbeeld worden gebruikt voor de soortenindeling van een specifieke pressor.

### 2.3. Klassengrenzen van geselecteerde indicatoren vaststellen per deelgebied

De huidige maatlatten voor vis blijven gehanteerd, behalve dat indicator biomassa is toegevoegd aan de deelmaatlat abundantie. De klassengrenzen voor de bestaande indicatoren voor vis zijn niet aangepast. De klassengrenzen voor de indicator biomassa voor vis zijn afgeleid aan de hand van ervaringen elders.

Van de indicatoren voor macrofauna die een hoge correlatie vertoonde met milieuv variabelen is bepaald wat de klassengrenzen zijn aan de hand van boxplots (box 2.1) gemaakt in SPSS. In de boxplots worden milieuv variabelen, opgedeeld in (kwaliteits)klassen, uitgezet tegen indicatorwaarden. Per indicator is de indeling in klassengrenzen bij de milieufactoren waarmee deze correleerde vergeleken. Dit leidde tot de indeling van klassengrenzen per indicator.



### 2.4. Opstellen van een monitoringsprogramma per deelgebied

Door Bureau Waardenburg is op grond van de beschikbare data vastgesteld dat de uitgevoerde macrofaunabemonsteringen in onvoldoende mate de informatiebehoefte kunnen dekken. Met name het niet nemen van monsters in habitats, zoals natuurvriendelijk oevers en stortsteen die in grote mate kunnen bijdragen aan de soortenbiodiversiteit van het systeem is een gebrek. Op basis van de opgestelde maatlatten is er voor macrofauna een bemonsteringsprogramma opgesteld waarbij de benodigde informatie wel kan worden verzameld. Hierbij is gekeken naar welke typen substraten er in het Noordzeekanaal aanwezig zijn en wat de oppervlakten daarvan zijn. Voor vis is niet een nieuwe opzet ge-

maakt voor monitoring. De gestratificeerde monitoring, zoals beschreven in het handboek visstandbe-  
monstering en –beoordeling (STOWA, 2003) en in de MIR-richtlijnen kan gehanteerd blijven.

## **2.5. Programmeren van de maatlatten in QBWAT**

De ‘nieuwe’ maatlatten zijn opgenomen in het programma QBWAT. Met dit programma kunnen maat-  
latscores worden berekend op basis van ‘ruwe’ monitoringsdata (mits verzameld volgens de KRW-  
monitoringsrichtlijnen). Dit onderdeel is uitgevoerd door Roelf Pot.

### 3. RESULTATEN

In dit hoofdstuk worden de resultaten van de verschillende stappen die zijn doorlopen om te komen tot aangepaste maatlatten voor het Noordzeekanaal getoond en besproken. Eerst wordt de indeling van het Noordzeekanaal in deelgebieden besproken (3.1). Daarna worden potentiële indicatoren nader onderzocht (3.2) en klassengrenzen voor de geselecteerde indicatoren afgeleid (3.3). Vervolgens wordt de monitoring gepresenteerd (3.4) om de gewenste data te verzamelen die nodig is om de maatlatscores te kunnen berekenen. Tenslotte worden, aan de hand van de beschikbare data, de maatlatscores voor het Noordzeekanaal berekend op de nieuwe maatlatten (3.5).

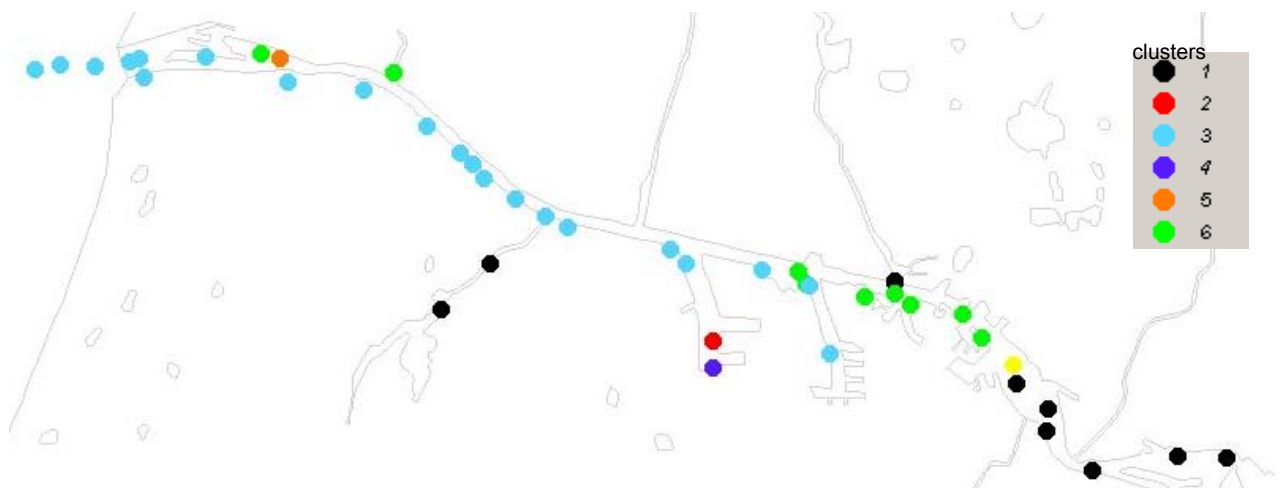
#### 3.1. Indeling van Noordzeekanaal in deelgebieden

##### 3.1.1. Samenvatting van analyse van visstandgegevens Witteveen+Bos (2004)

Van 2 tot 14 september 2004 heeft er bemonstering van de visstand in het Noordzeekanaal plaatsgevonden. In open water zijn trekken uitgevoerd met een boomkor, stortkuil en atoomkuil. Met deze gegevens zijn er een aantal statistische bewerkingen uitgevoerd zoals in hoofdstuk 2 is beschreven (clustering en ordinatie). Het doel van deze analyses is om te komen tot een indeling van de visstand in gemeenschappen (ofwel clusters) en deze te relateren aan de heersende milieuomstandigheden. Clustering is uitgevoerd met zowel aan- en of afwezigheid van soorten en het biomassa van soorten per trek. Het duidelijkste beeld liet de clustering op basis van aan- of afwezigheid van soorten zien. In afbeelding 3.1 zijn de 7 clusters ruimtelijk weergegeven. De clusters bevatten de volgende kenmerken:

- cluster 1: (n=32) Dit zijn overwegend zoete wateren in het Noordzeekanaal en zijwateren, met als kenmerkende soorten brasem, kolblei, pos en snoekbaars;
- cluster 2: (n=10) Deze wateren worden gekenmerkt door dominantie van brasem;
- cluster 3: (n=21) Brakke wateren in het westelijk deel van het Noordzeekanaal met bot, dikkopje, grote zeenaald, schar, schol, steenbolk, tong en wijting als kenmerkende soorten;
- cluster 4: 1 locatie, niet verder uitgewerkt;
- cluster 5: 1 locatie, niet verder uitgewerkt;
- cluster 6: n=9, overgang tussen brak en zoet, soorten- en biomassa-arm met baars en zwarte grondel als kenmerkende soorten;
- cluster 7: n=1, geel gemarkeerd, niet weergegeven in de legenda, niet verder uitgewerkt.

afbeelding 3.1. Ligging van de clusters op basis van een analyse van aan- en afwezigheid van soorten in de korttrekken, op basis van beginpunt kortrek



Ter bepaling van de belangrijkste milieuvariabelen zijn indirecte ordinaties (DCA) met aan- en afwezigheid en relatieve biomassa per soort uitgevoerd. De variatie in visstand voor aan- of afwezigheid van vissen is sterk gecorreleerd met chloride en afstand tot de zee. De variatie in biomassa per soort werd verklaard door chloride, afstand tot de zee, temperatuur en zuurstof. In het brakke cluster werd een

grote variatie in biomassa aangetroffen en enkele trekken hebben een biomassaverhouding die veel weg heeft van brakke wateren.

Op basis van de visstand is het Noordzeekanaal in drie deelgebieden ingedeeld:

- deelgebied A (11000-6000 mg Cl/l): brak water in het westelijke deel van het Noordzeekanaal met tolerante zoetwatersoorten en mariene soorten. De volgende soorten zijn kenmerkend voor dit deelgebied: bot, dikkopje, grote zeenaald, schar, schol, steenbolk, tong en wijting;
- deelgebied B (6000-2000 mg Cl/l): licht-brak water met een visstand die wordt gekenmerkt door een laag soortenaantal en lage biomassa's. Deze resultaten zijn in overeenstemming met de kromme van Remane die een relatie legt tussen het zoutgehalte en de soortenrijkdom van macrofauna. In brakke wateren neemt het aantal soorten af. In het geval van het Noordzeekanaal kan dit ook worden veroorzaakt door een laag zuurstof gehalte;
- deelgebied C (4000-2000 mg Cl/l): is een zoetwatergemeenschap met brasem, kolbei, pos en snoekbaars als kenmerkende soorten.

### 3.1.2. Resultaten van de analyses van de gegevens van macrofauna

#### clustering en kenmerkende soorten per cluster

Met behulp van het clusteringsprogramma FLEXCLUS (zie § 2.1 clustering) zijn biomassa, aantallen en aan- of afwezigheid van macrofauna geclusterd. Voordat er werd geclusterd zijn de data van biomassa en aantallen  $\ln(x+1)$  getransformeerd. Er is in eerste instantie geclusterd met deelmonsters (zie § 2.2.4). Dit gaf een groot aantal clusters, waardoor er is overgestapt naar clustering met gemiddelden van de deelmonsters (zie § 2.2.4). De clustering met biomassa gaf het duidelijkste beeld en resulteerde in 5 clusters.

In afbeelding 3.2 en 3.3 (voor- en najaar) is het resultaat van de clustering van biomassa ruimtelijk weergegeven. Voor de duidelijkheid is de ligging van de locaties iets aangepast. De onderste punten geven de monsterlocaties weer genomen in het zuiden van het kanaal op 4-6 m diepte (zuid4-6). De middelste punten geven de locaties in het zuiden op 10 en 12 m diepte (zuid10-12) weer. De bovenste punten geven de monsterlocaties in het midden van het kanaal (MK) weer. Daarnaast zijn er vier havens (Amerikahaven, Westhaven, Jan van Riebeeckhaven en Mercuriushaven) bemonsterd.

In het voorjaar worden er drie cluster waargenomen, cluster 1, 2 en 4. In oostelijke richting vanaf IJmuiden worden biomassa en aantal soorten lager. In het najaar valt hetzelfde patroon waar te nemen. Er worden echter extra clusters aangetroffen in de havens en in het IJ, te weten clusters 3 en 5. Dit zijn clusters waarin lege tot praktische lege monsters zijn aangetroffen (deze zijn niet in de clusteranalyse meegenomen, wel op de kaartjes aangegeven). Hier bleek tijdens de bemonstering dat de bodem kon worden gekwalificeerd als 'biologisch dood' (zie box 3.1). Algemeen geldt dat vanaf IJmuiden tot aan het IJ de biomassa en aantal soorten afnemen en deze trend is extremer in het najaar dan in het voorjaar.

### box 3.1: 'Macrofauna-loze' zones

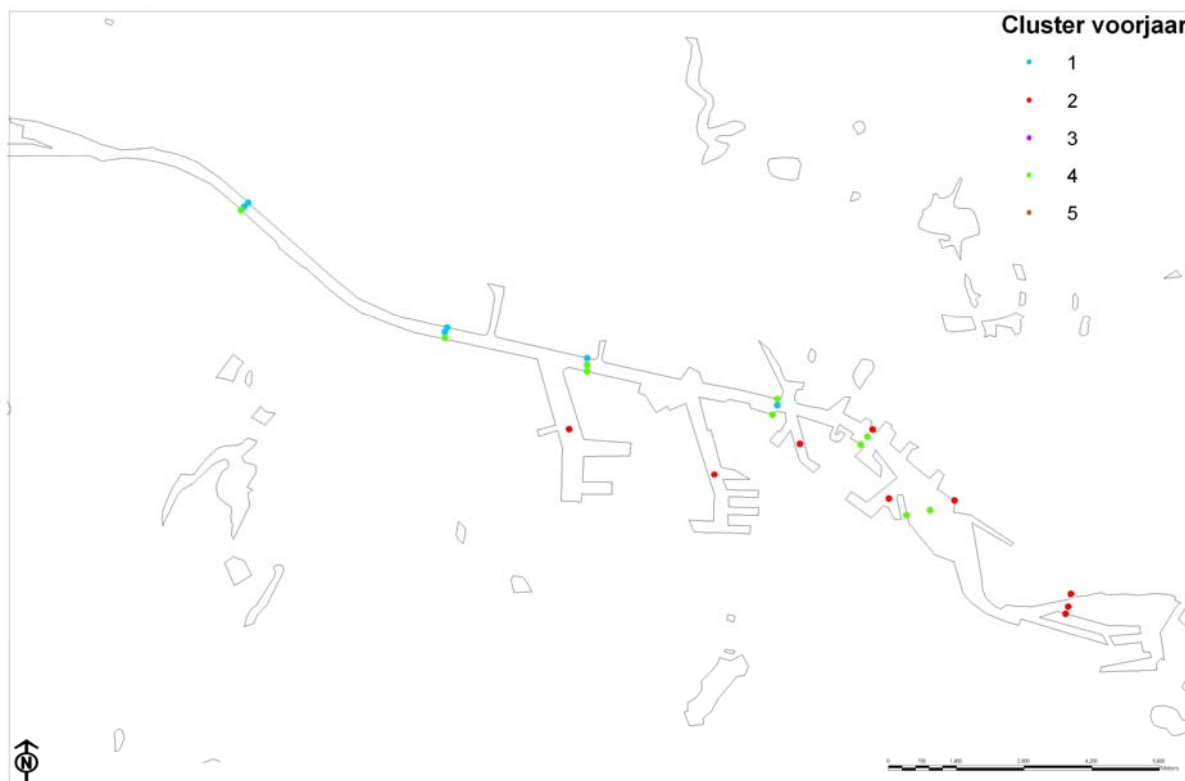
Hoewel het uiteraard maar twee waarnemingen betreft (één voorjaars- en één najaarsmonster), lijkt het er op dat op enkele plaatsen gedurende het zomerseizoen de macrofauna verdwijnt. Een mogelijke reden hiervoor is het optreden van zuurstofloosheid aan de bodem door afbraakprocessen. De afbraak van organisch materiaal neemt toe onder invloed van de temperatuurstijging en is daarom in de zomerperiode het hoogst. In het voorjaar is er nog voldoende zuurstof aanwezig, waardoor er nog enkele soorten voorkomen die verdwijnen gedurende de zomer, wanneer de bodem zuurstofarm wordt.

Een andere mogelijkheid is het optreden van toxische omstandigheden. Veel soorten verdwijnen bij lage zuurstofgehalten, maar er zijn altijd enkele soorten die hieraan zijn aangepast. Het feit dat zelfs deze soorten in de zomer verdwijnen is opvallend. Het lijkt er op dat er meer aan de hand is, een mogelijkheid is het optreden van sterk toxische omstandigheden. Tegelijk met het optreden van zuurstofloosheid aan de bodem kan het ook zo zijn dat verontreinigingen in de bodem mobieler worden. Van zware metalen is bijvoorbeeld bekend dat ze mobieler worden onder gereduceerde omstandigheden. Deze combinatie van factoren (zuurstofloosheid en verhoogde toxiciteit) kan er voor zorgen dat er in het najaar 'macrofauna-loze' zones voorkomen in het Noordzeekanaal.

De met FLEXCUS onderscheiden clusters zijn gekarakteriseerd aan de hand van de formule: Abundantie\*Trouw\*Frequentie, (zie § 2.1) waarmee kenmerkende soorten kunnen worden geselecteerd. De clusters worden gekenmerkt door:

- cluster 1: (n:12) In dit cluster zijn er 34 verschillende soorten waargenomen en komt voor in het westen en midden van het Noordzeekanaal. De volgende soorten zijn kenmerkend voor het cluster: *Cerastoderma glaucum*, *Tharyx marioni*, *Mya arenaria*, *Streblospio benedicti*, *Alkmaria romijni*, *Heteromastus filiformis*, *Tubificoides benedii*, *Nereis species*, *Spionidae*. Dit zijn allemaal soorten die onder zoute omstandigheden voorkomen;
- cluster 2: (n:11) Dit cluster is te vinden in de havens en in het oostelijk deel van het Noordzeekanaal. Er zijn 9 verschillende soorten waargenomen in dit cluster. *Marenzelleria viridis* is kenmerkend voor het cluster en is een soort die tegen zuurstofloze omstandigheden kan;
- cluster 3: (n:1) In dit cluster is alleen de brakwatersoort *Mytilopsis leucophaeata* aangetroffen. Het cluster (monster) ligt in Mercuriushaven;
- cluster 4: (n:22) In dit cluster zijn er 30 verschillende soorten waargenomen en komt voor in het westelijk en middel deel van het Noordzeekanaal. De volgende soorten zijn kenmerkend voor het cluster: *Mytilopsis leucophaeata*, *Corophium lacustre*, *Cyathura carinata*, *Ficopomatus enigmaticus*, *Nereis succinea* en *Nereis species*. Deze soorten komen voor onder brakke omstandigheden;
- cluster 5: (n:4) Dit cluster ligt in het oostelijk deel van het Noordzeekanaal. In dit cluster zijn geen soorten waargenomen.

afbeelding 3.2. Ligging van de clusters op basis van macrofauna biomassa m<sup>2</sup> (avdg) in het voorjaar (onderste punt (zuid4-6), middelste punt (zuid10-12) bovenste punt (MK))



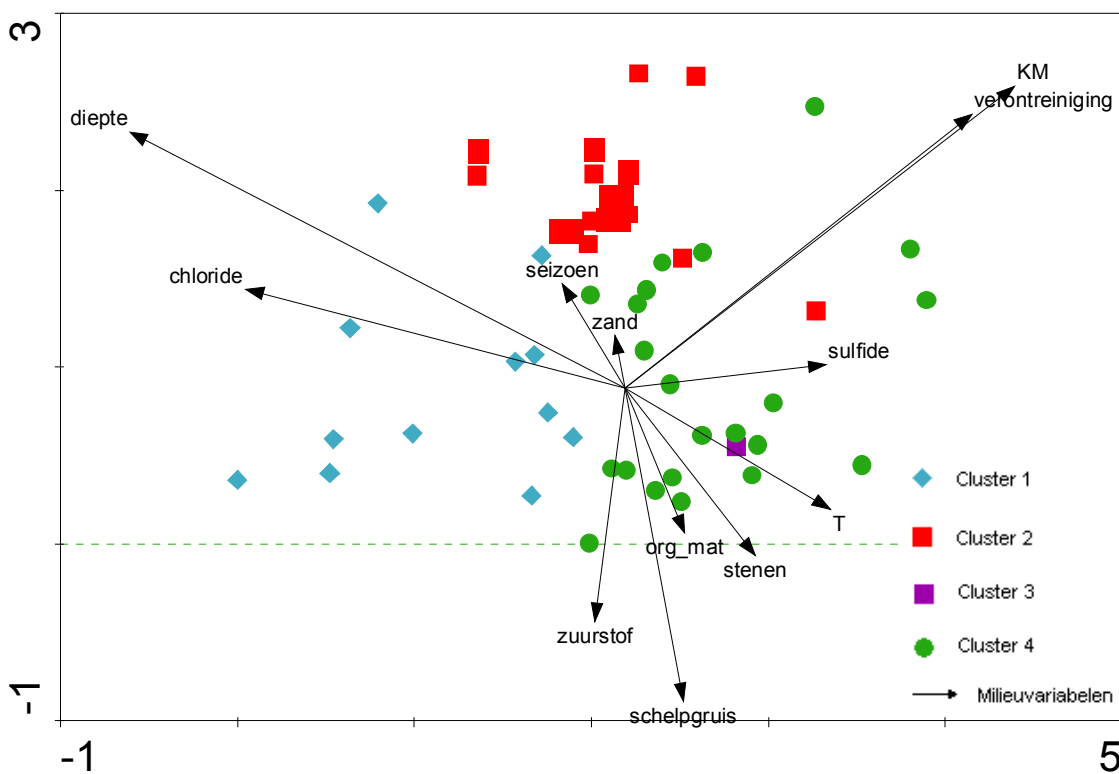
afbeelding 3.3. Ligging van de clusters op basis van macrofauna biomassa m<sup>2</sup> (avdg) in het najaar (onderste punt (zuid4-6), middelste punt (zuid10-12) bovenste punt (MK))



### ordinatie: Sturende milieufactoren per cluster

Met behulp van CANOCO is op basis van de gemiddelde biomassa per m<sup>2</sup> (avdg) een indirecte ordinatie (DCA) uitgevoerd. In afbeelding 3.4 wordt het resultaat van de ordinatie getoond, het ordinatiediagram. Tijdens de ordinatie zijn monsterpunten op basis van soorten gerangschikt in een tweedimensionale ruimte, zodanig dat gelijkende monsterpunten bij elkaar komen te liggen en punten die niet gelijkend zijn verder uit elkaar liggen. De dimensies zijn gedefinieerd door ordinatie-assen. De milieufactoren worden weergegeven met een pijl. De pijl wijst in de richting van de hoogste waarde van de milieufactore. De lengte van de pijl is indicatief voor de mate waarin de milieufactoren de variatie in soortensamenstelling verklaart. Lange pijlen zijn sterker gecorreleerd met de ordinatieassen dan korte pijlen en daarmee beter verklarend (van Katwijk & ter Braak). De monsterpunten zijn gelabeld met symbolen per cluster (bepaald met FLEXCLUS) weergegeven. Cluster 5, waarin monsters voorkomen zonder soorten, kan door het ontbreken van soorten niet worden meegenomen in de ordinatie.

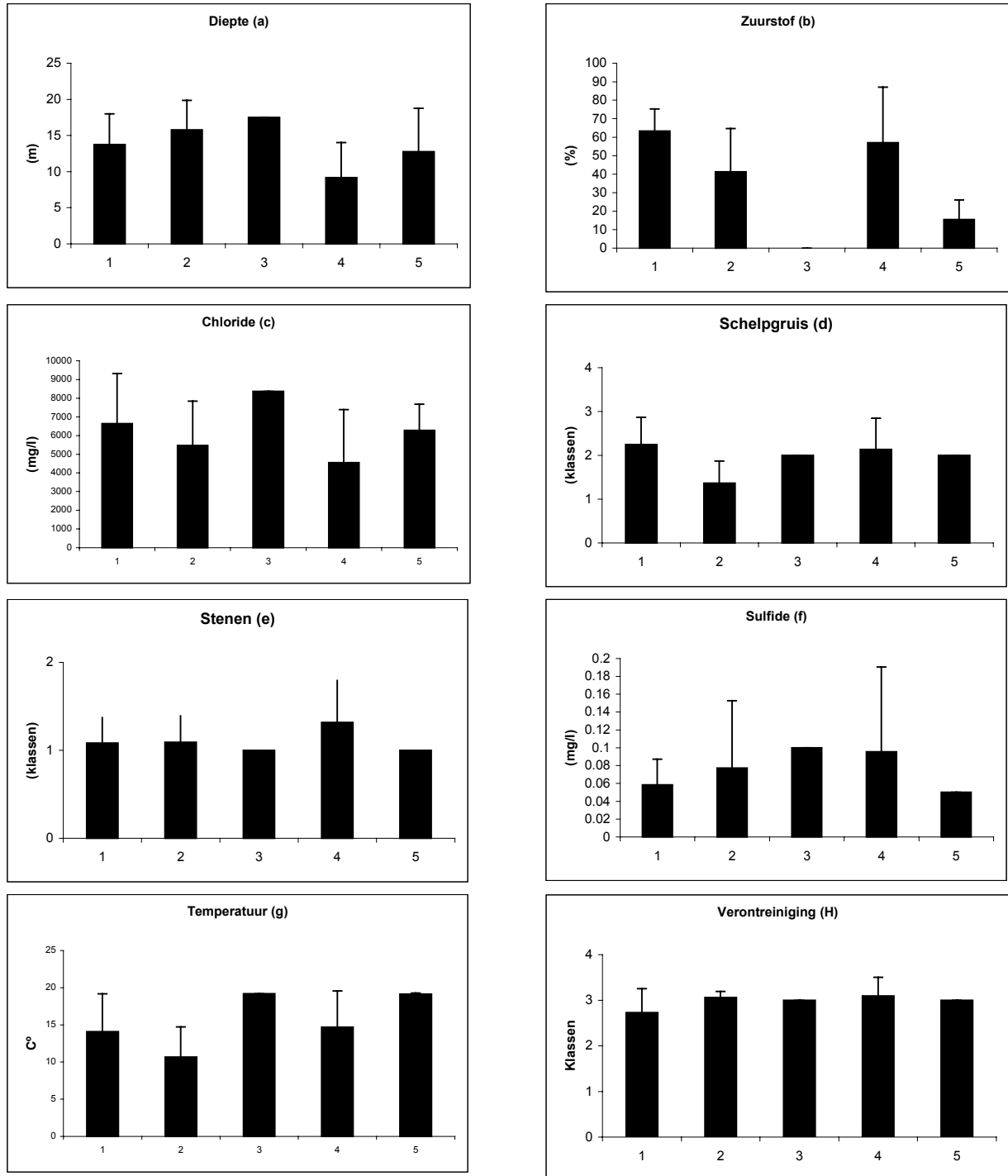
**afbeelding 3.4. Ordinatiediagram van de indirecte ordinatie van biomassa m<sup>2</sup> (ln+1 getransformeerd) van macrofauna in het Noordzeekanaal (KM: afstand tot de zee; T: temperatuur; org\_mat: organisch materiaal)**



Cluster 1, 2 en 4 zijn duidelijk van elkaar te onderscheiden. Van links naar rechts neemt de diepte en het chloridegehalte af en de afstand tot de zee en de verontreiniging toe. Van boven naar beneden neemt de diepte, afstand tot de zee en verontreiniging af en neemt het percentage zuurstof, schelpgruis en stenen toe. Milieufactoren die sterk correleren met de variatie in soortensamenstelling en biomassa m<sup>2</sup> (avdg) zijn, in aflopende mate van correlatie: diepte, afstand tot de zee, chloride, verontreiniging, schelpgruis, zuurstof, temperatuur, sulfide en stenen. Organisch materiaal is op zicht bepaald (niet gemeten) en is mogelijk onjuist, aangezien deze positief correleert met zuurstof.



afbeelding 3.5. Gemiddelde en standaarddeviatie per milieufactor en cluster



\* verontreiniging: Vanaf kilometer 21 waren er geen gegevens beschikbaar voor verontreiniging. Voor monsters in dat gebied is er gerekend met een de gemiddelde waarde uit de dataset.

Afbeelding 3.5 laat het gemiddelde en de standaarddeviatie per cluster zien van de milieufactoren. De clusters worden gekenmerkt als het gaat om biotische aspecten door:

- cluster 1: percentage zuurstof het hoogst en de verontreinigen zijn het laagst;
- cluster 2: het aandeel schelpgruis is beperkt en het percentage zuurstof is verlaagd. Het cluster ligt gemiddeld op 15 m diepte en de watertemperatuur is laag;
- cluster 3 is diep en zuurstofloos, met een hogere temperatuur en sulfidegehalte;

- cluster 4, waarin het hoogste aantal soorten voorkomen is ondiep en licht-brak. De verontreiniging en het sulfidegehalte is relatief gezien hoog. Daarnaast komen er veel stenen voor die als habitat kunnen fungeren;
- cluster 5 kent een verlaagd zuurstofgehalte.

### 3.1.3. Indeling in deelgebieden op basis van macrofauna en vis

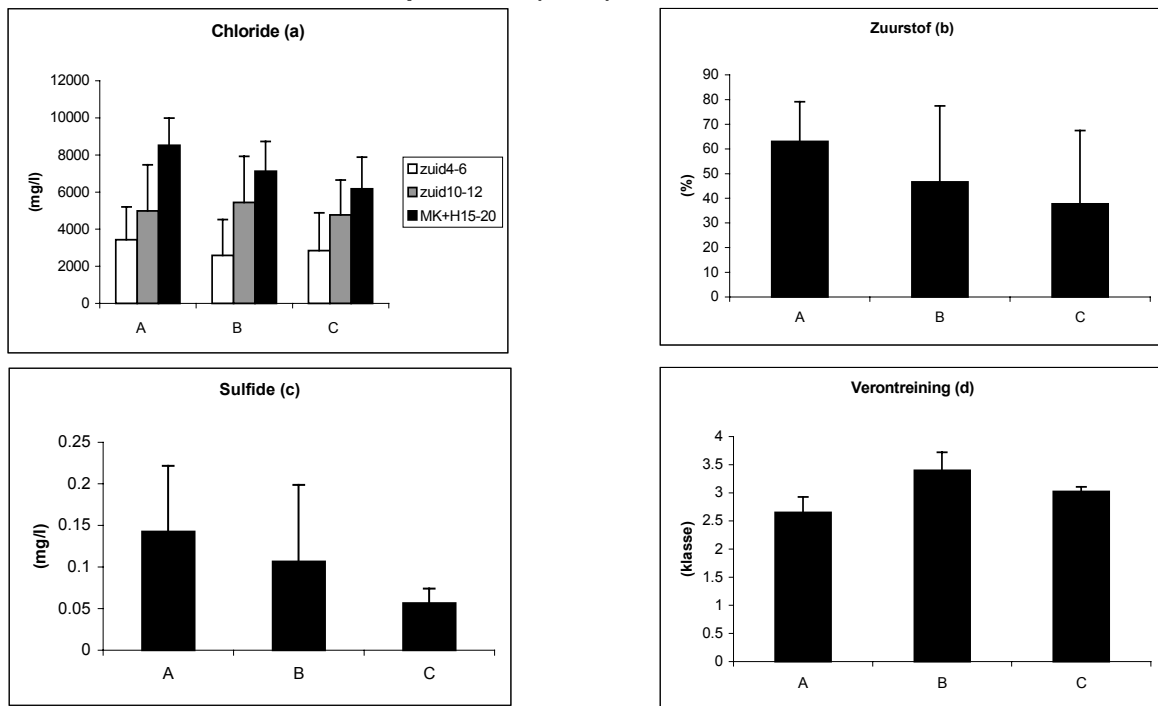
Op basis van de beide biologische kwaliteitselementen vis en macrofauna en milieucondities (afbeelding 3.5) is het Noordzeekanaal in drie deelgebieden opgedeeld. De reden hiervoor was dat vis een duidelijk onderscheid in gemeenschappen liet zien. Daarnaast werd geconstateerd dat in deelgebied B en in mindere mate in deelgebied C milieucondities ongunstig zijn. Door per deelgebied een maatlat te ontwikkelen kan op dit niveau de ecologische toestand worden beoordeeld. Wanneer het Noordzeekanaal als geheel zou worden beoordeeld, vallen slechte scores weg door de hoge mate van aggregatie en wordt niet duidelijk waar slecht scorende delen zich bevinden.

Figuur 3.6 laat de indeling in deelgebieden zien. In het algemeen kan worden gesteld dat de biomassa en het aantal soorten afnemen van deelgebied A richting B en C, dat geldt ook voor het zuurstofverzadigingspercentage, het chloridegehalte en het sulfidegehalte. De verontreiniging is het hoogst in deelgebied B en het laagst in deelgebied A (zie afbeelding 3.7).

**afbeelding 3.6. Indeling deelgebieden in het Noordzeekanaal op basis van het voorkomen van macrofauna en vis**



**afbeelding 3.7. Milieufactoren (gemiddelde + standaarddeviatie) per deel gebied op basis van de dataset van Aquasense (2006)**



### deelgebied A

Deelgebied A omvat sterk brak water en ligt tussen de 0 en 16 km en is te onderscheiden in het hoofdkanaal, een aantal havens (Amerikahaven, Afrikahaven) een aantal zijkanalen (zijkanalen A, B, C, D en E) en een tweetal natuurvriendelijke oevers (Spaarnwoude en Zuiderpolder). De oppervlakte van de verschillende typen open water staan weergegeven in tabel 3.1. Dit zijn oppervlaktes, afgeleid uit afgeleid uit het rapport 'het Noordzeekanaal in cijfers anno 2004'. Let wel dit zijn indicatieve cijfers, omdat de indeling in dit onderzoek niet helemaal aansluit bij de indeling van het rapport.

**tabel 3.1. Indicatieve oppervlakten (m<sup>2</sup> en %) van de verschillende onderdelen van deelgebied A**

deelgebied A	oppervlakte (m <sup>2</sup> )	percentage (%)
Hoofdkanaal	3.105.000	46
Amerikahaven	1.800.000	26
Afrikahaven	680.000	10
Zijkanaal A	133.125	2
Zijkanaal B	367.250	5
Zijkanaal C	408.000	6
Zijkanaal D	180.183	3
Zijkanaal E	38.958	1
Spaarnwoude	39.603	1
Zuiderpolder	51.375	1
Totaal	6.803.494	100

De visstand wordt gedomineerd door mariene soorten, lokaal in de zijkanalen domineren zoetwater-soorten. De visbiomassa is circa 30 kg/ha. De macrofauna is dit deel het meest soortenrijk (31 soorten). Deelgebied A is zuurstofrijk en bodemverontreiniging is geringer dan in de overige delen. Chloridegehalte bij de bodem is gemiddeld 8522 mg/l en op 4-6 meter diep gemiddeld 3529 mg/l (afbeelding 3.7).

### deelgebied B

Deelgebied B omvat licht brakke (overgangs-) wateren en ligt tussen de 16-21 km. Het deelgebied is te onderscheiden in het hoofdkanaal, een aantal havens (ADM haven, Westhaven, Jan van Riebeeckhaven, Coenhaven) en een tweetal zijkanalen (zijkanalen G en H (zie pdf 1810.2)). De oppervlaktes van de verschillende typen open water van zijn weergegeven in tabel 3.2. Let op, dit zijn indicatieve waarden.

De visstand is arm aan soorten en biomassa. De totale visbiomassa is gering (6,5 kg per ha). Dit deelgebied is ook armer aan macrofaunasoorten dan deelgebied A (21 soorten) en er komen meer zoete soorten voor. De verklaring hiervoor kan worden gezocht in het chloridegehalte. Het chloridegehalte aan de bodem is gemiddeld circa 7119 mg/l en op 4-6 meter diep gemiddeld 2594 mg/l. Het water is te zout voor de meeste zoetwatersoorten en te zoet voor de meeste zoutwatersoorten (kromme van Remane). Naast het feit dat de beperkte aanwezigheid van soorten fysiologisch gestuurd kan zijn, kan de oorzaak ook liggen bij aanwezige verontreinigingen. Daarnaast kan op sommige plekken in de zomer zuurstofarmoede optreden. Onder andere de soort *Marenzelleria viridis* wordt in dit deel als kenmerkend aangeduid. Dit is een soort die tegen zuurstofloze condities kan. Ook wordt *Streblospio benedicti* aangetroffen, een soort die eveneens tegen zuurstofloze condities kan en tegen een hoge mate van verontreiniging bestand is.

**tabel 3.2. Indicatieve oppervlakten (m<sup>2</sup> en %) van de verschillende onderdelen van deelgebied B**

deelgebied B	oppervlakte (m <sup>2</sup> )	percentage (%)
Hoofdkanaal	1.890.000	37
ADM haven	205.833	4
Westhaven	1.605.000	31
Jan van Riebeeckhaven	571.875	11
Coenhaven	245.208	5
Zijkanaal G	540.000	11
Zijkanaal H	77.500	2
Totaal	5.135.416	100

### deelgebied C

Deelgebied C ligt tussen de 21 en 28 km en hierin is te onderscheiden het hoofdkanaal, een aantal havens (Mercuriushaven, Houthaven, IJhaven, Ertshaven) en een tweetal zijkanalen (zijkanalen I en K). De oppervlakten van de verschillende typen open water zijn weergegeven in tabel 3.3.

**tabel 3.3. Indicatieve oppervlakten (m<sup>2</sup> en %) van de verschillende onderdelen van deelgebied C**

deelgebied C	oppervlakte (m <sup>2</sup> )	percentage (%)
Hoofdkanaal	1.875.000	45
Mercuriushaven	733.750	48
Houthaven	700.000	17
IJhaven	300.000	7
Ertshaven	297.043	7
Zijkanaal I	143.750	3
Zijkanaal K	90.833	2
Totaal	4.140.376	100

Deelgebied C is een zoeter deel waar met name vissoorten als brasem, snoekbaars pos en kolbei voorkomen. Het zoete cluster wordt gedomineerd door brasem en snoekbaars en bevat de hoogste visbiomassa (60 kg per ha). Macrofauna is relatief soortenarm (16 soorten) en arm aan biomassa. In dit deelgebied komen zelfs plekken voor waarin in het najaar geen macrofauna aanwezig is. Op deze plekken zijn de zuurstofgehalten in de zomer laag. Het is opvallend dat de hoogste visbiomassa wordt

aangetroffen in het deelgebied met de laagste macrofaunabiomassa. Dit wijst er op dat het voedselweb wellicht voor een belangrijk deel pelagisch (waterkolom) is en niet zozeer bentisch (bodem). Anderzijds kan de vis door predatie in de loop van het seizoen natuurlijk ook een belangrijk effect hebben op de bodemfauna. Het chloridegehalte op de bodem is meestal nog 6175 mg/l en op 4-6 meter diep gemiddeld 2845 mg/l. Naast de lage zuurstofgehalten en predatie door vis kan chloride een sturende werking hebben op aantallen en biomassa's van soorten.

### **3.2. Identificatie van potentiële indicatoren**

Om potentiële indicatoren te identificeren voor de maatlatten van vis en macrofauna zijn indicatorscores op verschillende niveaus berekend. Voor vis zijn ook rechtstreeks maatlatscores berekend voor de maatlatten van M30 en M32. De indicatoren voor vis en macrofauna zijn gecorreleerd met milieufactoren. Enkele sterk correlerende verbanden en indicatoren die een optimum vertonen bij bepaalde parameters zijn grafisch weergegeven. Voor vis worden de resultaten hiervan in 3.2.1 besproken en voor macrofauna in 3.2.2.

#### **3.2.1. Identificatie van potentiële indicatoren voor vis**

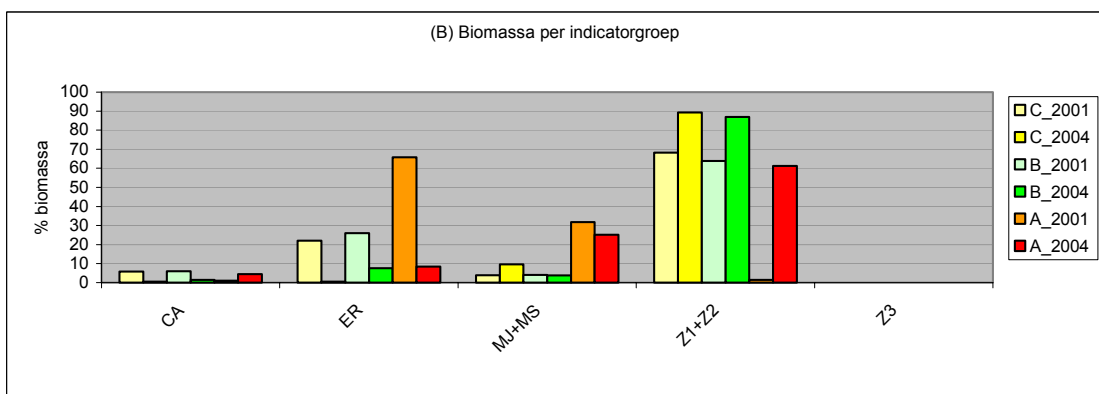
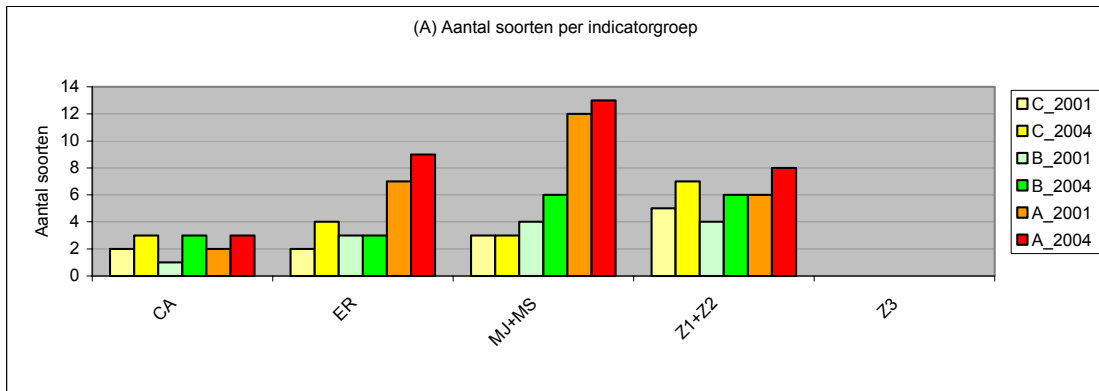
In deze subparagraaf zijn potentiële indicatoren voor vis geïdentificeerd. Allereerst zijn per deelgebied de waarden voor de indicatoren voor soortensamenstelling en abundantie weergegeven, evenals de score op de maatlatten M30 en M32. Vervolgens zijn de gemiddelde waarden van de indicatorscores per trek weergegeven. Daarna is onderzocht of de deelmaatlatten absolute biomassa (kg/ha) en biomassa 0+ (kg/ha) konden worden toegevoegd aan bestaande maatlatten. Van de onderzochte indicatoren (gemiddelde waarde) zijn correlaties met milieufactoren berekend en zijn van enkele verbanden in grafieken getoond. Tenslotte is een keuze gemaakt in indicatoren.

#### **indicatorscores per deelgebied**

In dit onderdeel zijn indicatorscores berekend per deelgebied, te weten A, B en C. De indicatorscores zijn berekend voor de deelmaatlat aantal soorten (soortensamenstelling) en de deelmaatlat procentuele biomassa. De berekening van de indicatorscores is gedaan voor de jaren 2001 en 2004. Wat opvalt in de afbeeldingen is dat:

- voor beide maatlatten (soortensamenstelling en abundantie) geldt dat de scores van estuarien residenten en mariene soorten duidelijk verschillen per deelgebied en toenemen in de richting van het sterk brakke deelgebied;
- voor diadromen en zoetwatersoorten er relatief weinig verschil is tussen de deelgebieden;
- de jaren 2001 en 2004 een redelijk vergelijkbaar beeld laten zien (met uitzondering van de biomassa van estuarien residenten en zoetwatersoorten in het sterk brakke deelgebied);
- de soorten in de groep Z3 (plantminnend) nergens worden aangetroffen.

**afbeelding 3.8. Aantal soorten en biomassa (%) per indicatorgroep per deelgebied opgesplitst in 2001 en 2004**



### maatlatscores per deelgebied

De maatlatscores per deelgebied staan in tabel 3.4 weergegeven. Deelgebied A scoort in 2001 en 2004 goed tot zeer goed en deelgebieden B en C scoren matig tot goed. Overigens moet worden opgemerkt dat de data van 2004 conform het handboek visstandbemonstering (STOWA, 2003) zijn verzameld. Dit geldt niet voor de data uit 2001, waar bij de bemonstering gebruik is gemaakt van andere vangtuigen. Uitgaande van de data van 2004 scoort deelgebied A dus zeer goed, deelgebied B scoort matig, doch op de grens van goed en deelgebied C scoort eveneens matig. Al met al dus vrij hoge scores.

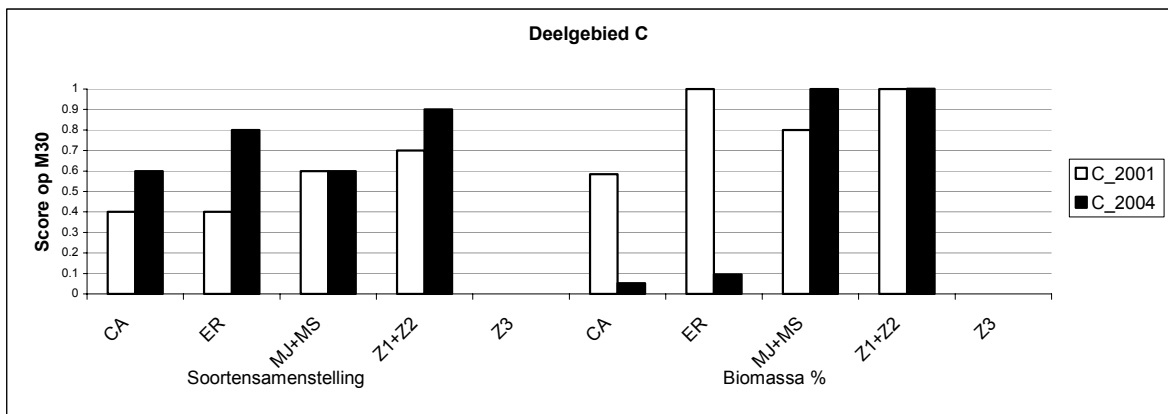
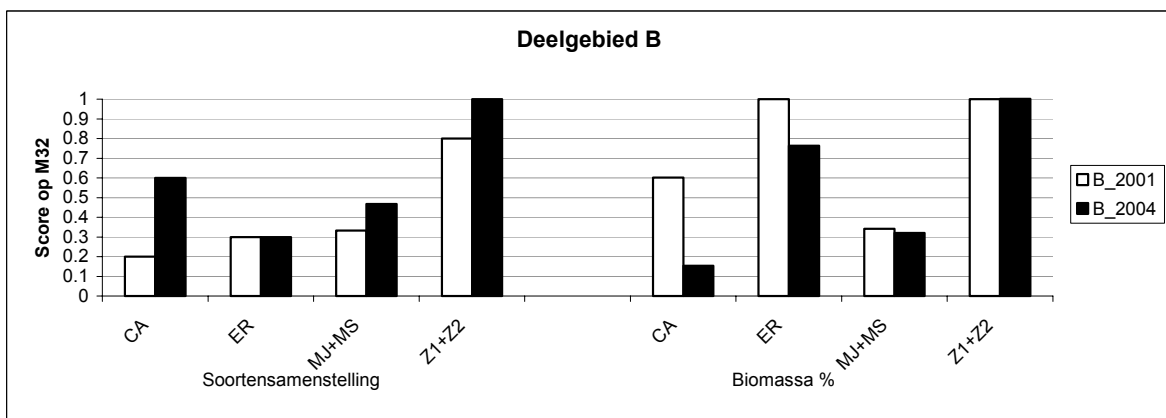
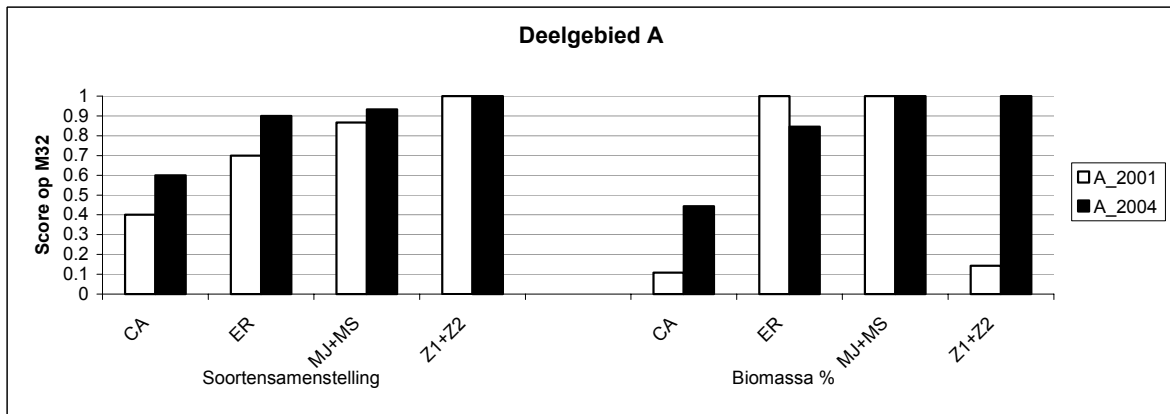
**tabel 3.4 Maatlatscores in de deelgebieden**

deelgebied	naam en jaar	maatlat	totaalscore
C	1-licht-brak_2001	M30	0.55
	1-licht-brak_2004		0.50
B	2-overgangsgebied_2001	M32	0.57
	2-overgangsgebied_2004		0.58
A	3-sterk brak_2001		0.65
	3-sterk brak_2004		0.84

In afbeelding 3.9 zijn maatlatscores per indicator en per deelgebied weergegeven voor de jaren 2001 en 2004. De scores voor deelgebied A en B zijn berekend met behulp van maatlat M32 en deelgebied C is berekend aan de hand van maatlat M30. Het volgende is waar te nemen:

- in het algemeen wordt er matig tot zeer goed gescoord;
- in deelgebied A wordt er goed tot zeer hoog gescoord op soortensamenstelling en biomassa (%), met uitzondering van diadrome soorten;
- in deelgebied C wordt er hoog gescoord op soortensamenstelling, alhoewel lager dan in deelgebied A. In 2001 werd er zeer hoog gescoord op abundantie. Diadrome en estuariene residente soorten scoorden echter in 2001 wat lager op soortensamenstelling dan in 2004. De biomassa van diadrome en estuariene soorten was in 2004 aanzienlijk lager dan in 2001. De wijze van bemonsteren en het tijdstip van bemonsteren kan hieraan ten grondslag liggen;
- deelgebied B kent de laagste scores. Het aantal estuariene residenten en zeesoorten is lager dan in de andere gebieden. Daarnaast scoren de diadromen en de zeesoorten lager op de deelmaatlat abundantie.

afbeelding 3.9. Scores van indicatoren in deelgebied A en B op maatlat M32 en scores van indicatoren in deelgebied C op maatlat M30 opgesplitst voor de jaren 2001 (wit) en 2004 (zwart)



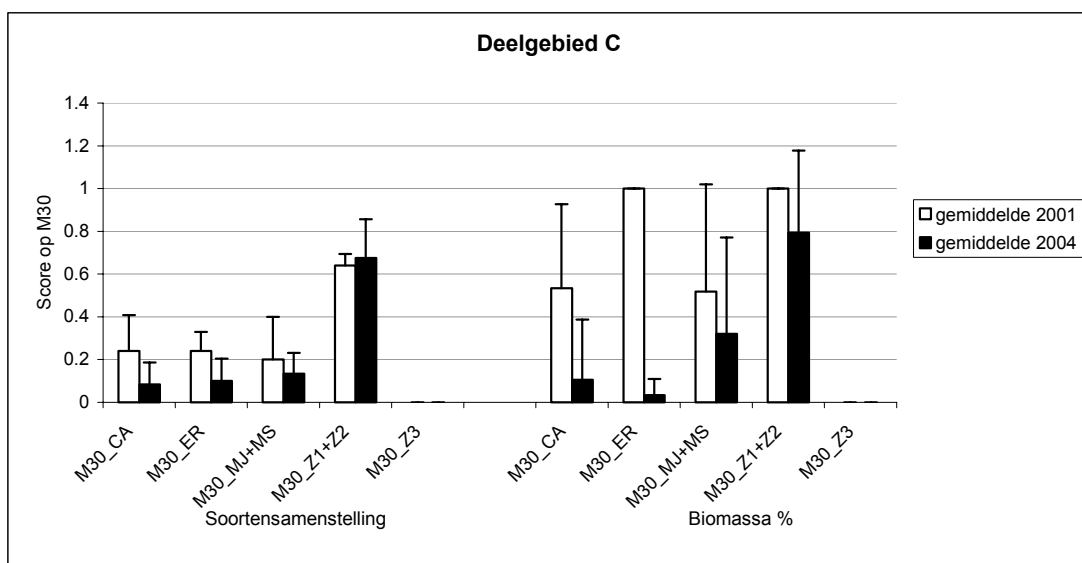
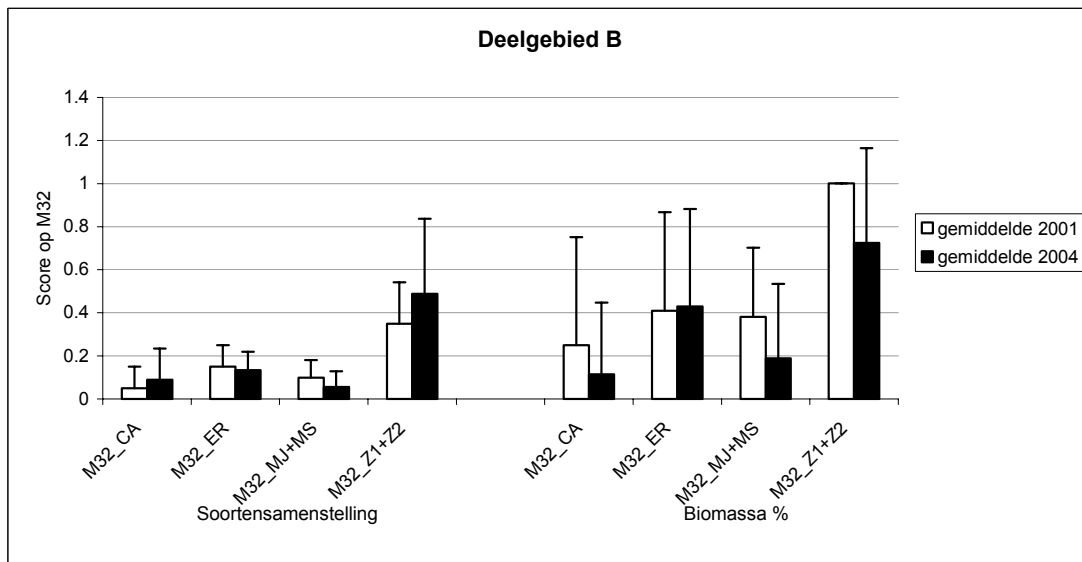
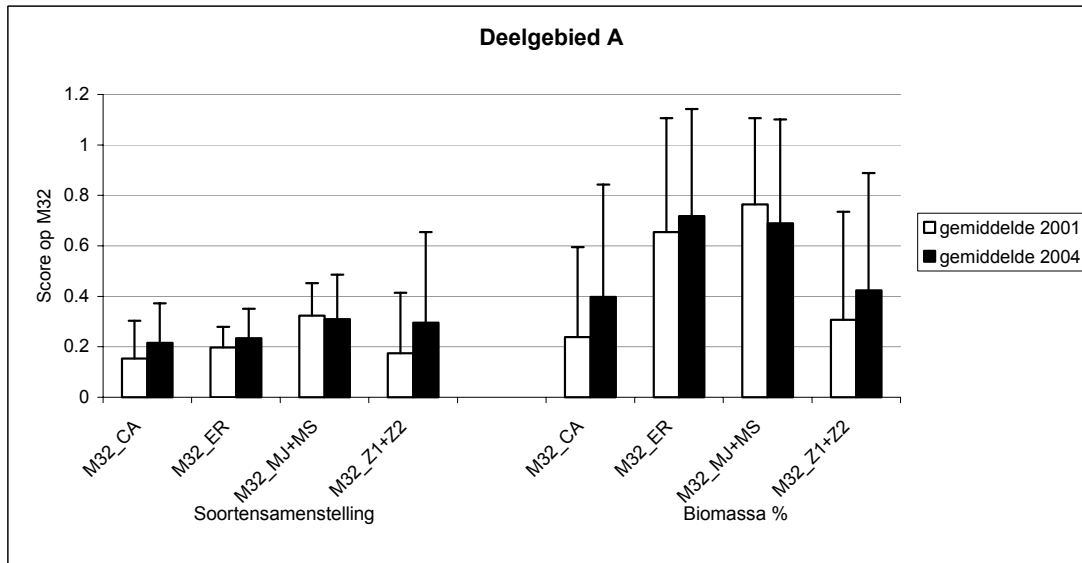


### **gemiddelde waarden van de maatlatscore per indicator en per trek**

In afbeelding 3.10 zijn de gemiddelde maatlatscores per indicator, per trek en per deelgebied te zien. In deze afbeelding is het volgende waar te nemen:

- ongeveer hetzelfde patroon is waar te nemen als in afbeelding 3.9, alleen zijn de scores iets lager (als gevolg van het lagere aggregatieniveau en bijbehorende geringere bemonsteringsoppervlak);
- in deelgebied A is er sprake van een redelijk evenredig verdeling over de indicatoren;
- op de deelmaatlat abundantie wordt er beter gescoord dan op soortensamenstelling (ook dit hangt samen met het lage aggregatieniveau. Het aantal soorten per trek is lager dan het aantal soorten per deelgebied, wat is gebaseerd op meerdere trekken. Voor abundantie-indicatoren maakt het geen verschil omdat wordt gerekend met relatieve abundanties);
- deelgebied B scoort per indicator per trek het slechtste van alle deelgebieden;
- de indicator Z1+Z2 kent een toenemende score op soortensamenstelling en abundantie van deelgebied A naar C;
- net zoals bij afbeelding 3.9 is er in deelgebied C op deelmaatlat abundantie een groot verschil te zien in de scores in 2001 en 2004. In 2001 wordt er zeer hoog gescoord en in 2004 wordt er laag gescoord, met uitzondering van indicator Z1+Z2;
- Z3 scoort niet in deelgebied C (het enige deelgebied waarvoor Z3 als indicator geldt).

afbeelding 3.10. Gemiddelde waarde en standaarddeviatie van de maatlatscores per trek, opgesplitst naar indicator en deelgebied voor de jaren 2001 (wit) en 2004 (zwart)

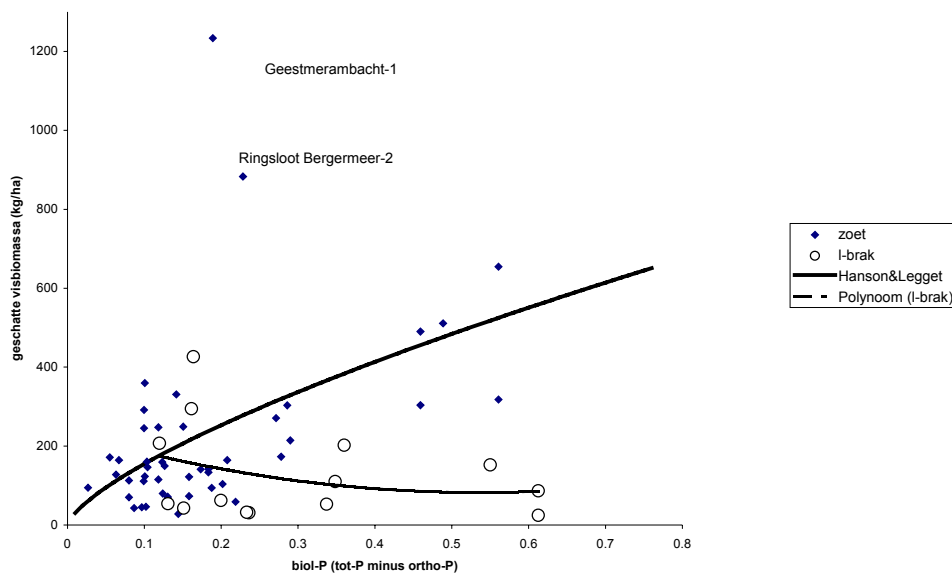


### absolute biomassa als indicator

De absolute biomassa van de visgemeenschap is ook een geschikte indicator. In sterk eutrofe wateren kunnen zeer hoge visbiomassa's van enkele honderden tot soms wel bijna 1000 kg/ha worden aangetroffen. Deze weerspiegelen de verrijking (in het verleden) met voedingsstoffen en kunnen ecologisch herstel na afgenomen eutrofiering langdurig in de weg staan. Evenals hoge biomassa's kunnen ook lage visbiomassa's indicatief zijn voor verstoring. Zo is in scheepvaartkanalen de visbiomassa vaak beduidend lager dan in niet-scheepvaartkanalen met een vergelijkbare waterkwaliteit (Witteveen+Bos, 2003). In het Noordzeekanaal is er mogelijk ook iets dergelijks aan de hand. Lokaal worden zeer lage biomassa's aangetroffen van slechts enkele kilo's per hectare. Dit wijst op ongeschikte omstandigheden voor vis als gevolg van omgevingsdruk, zoals bijvoorbeeld verontreiniging, lage zuurstofgehalten, lage voedselbeschikbaarheid of verstoring.

Het is lastig om te bepalen welke biomassa mag worden verwacht in het Noordzeekanaal. In zoete wateren is er door Hanson & Legget (1982) een verband aangetoond tussen het nutriëntengehalte en de visbiomassa. Voor de licht brakke wateren of wateren met een incidentele zoutinvloed gaat een toename in nutriënten juist gepaard met een afname van de visbiomassa. Dit patroon is eerder aangetoond door Jeppesen (1994) voor wateren met chloridengehalten boven 1000 mg/l. Een dergelijk patroon is ook gevonden voor de visstand van boezemwateren (kanalen en meren) in Hollands Noorderkwartier (Witteveen+Bos, 2003). Afbeelding 3.11 laat dat zien. Op basis van de waarnemingen in deze afbeelding mag een biomassa van circa 50-100 kg/ha worden verwacht onder licht-brakke omstandigheden. De conclusie is daarom dat de visbiomassa's van enkele kilo's per hectare in het Noordzeekanaal zeer laag zijn. Op basis van ervaringen elders bestaat de indruk dat een biomassa tussen circa 50-100 kg/ha mag worden verwacht.

**afbeelding 3.11. Relatie tussen het biologisch gebonden fosfaat en de geschatte visbiomassa van zoete en licht brakke oppervlaktewateren in Noord-Holland (Witteveen+Bos, 2003)**



### aantallen en biomassa van $O^+$ als indicator

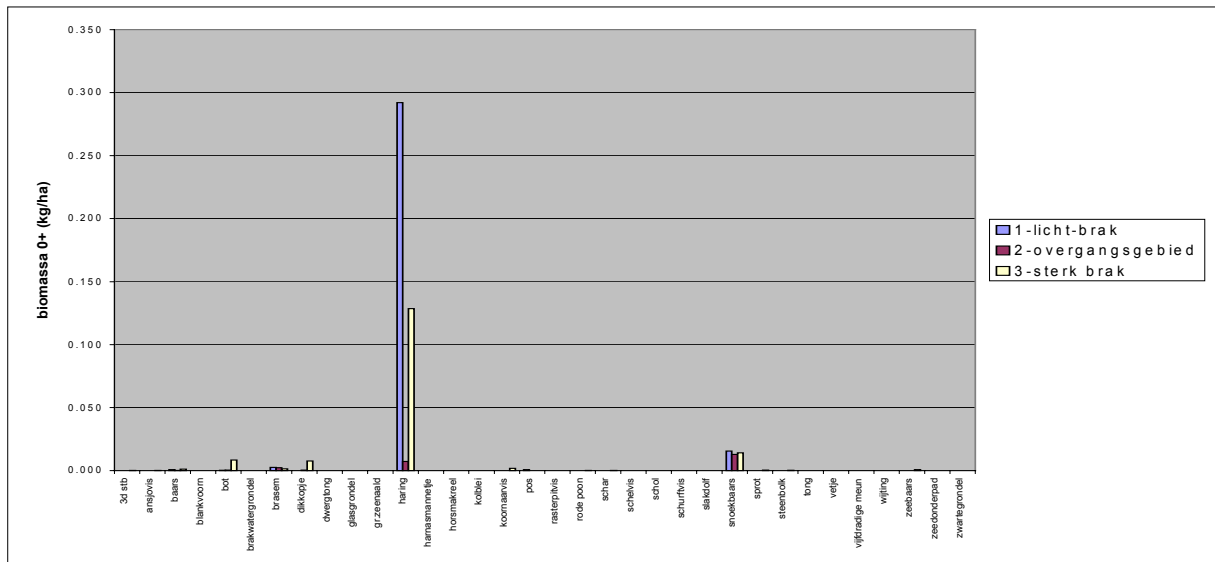
De leeftijdsopbouw van de visgemeenschap is een indicator voor de KRW-maatlatten. Er zijn slechts weinig watertypen waarvoor deze indicator is uitgewerkt. De reden hiervoor is dat reproductie jaarlijks sterk kan verschillen, onder andere onder invloed van klimatologische omstandigheden. De indicator wordt daardoor minder constant en daarmee minder betrouwbaar.

In het Noordzeekanaal blijkt de reproductie op basis van visstandgegevens gering. De meeste vis is afkomstig uit andere wateren dan het Noordzeekanaal (Witteveen+Bos, 2004). Toch mag worden verwacht dat delen van het kanaal geschikt (gemaakt) kunnen worden voor reproductie van bepaalde vissoorten. Absolute of relatieve abundanties van 0<sup>+</sup> zijn dan mogelijk indicatief voor het reproductiesucces.

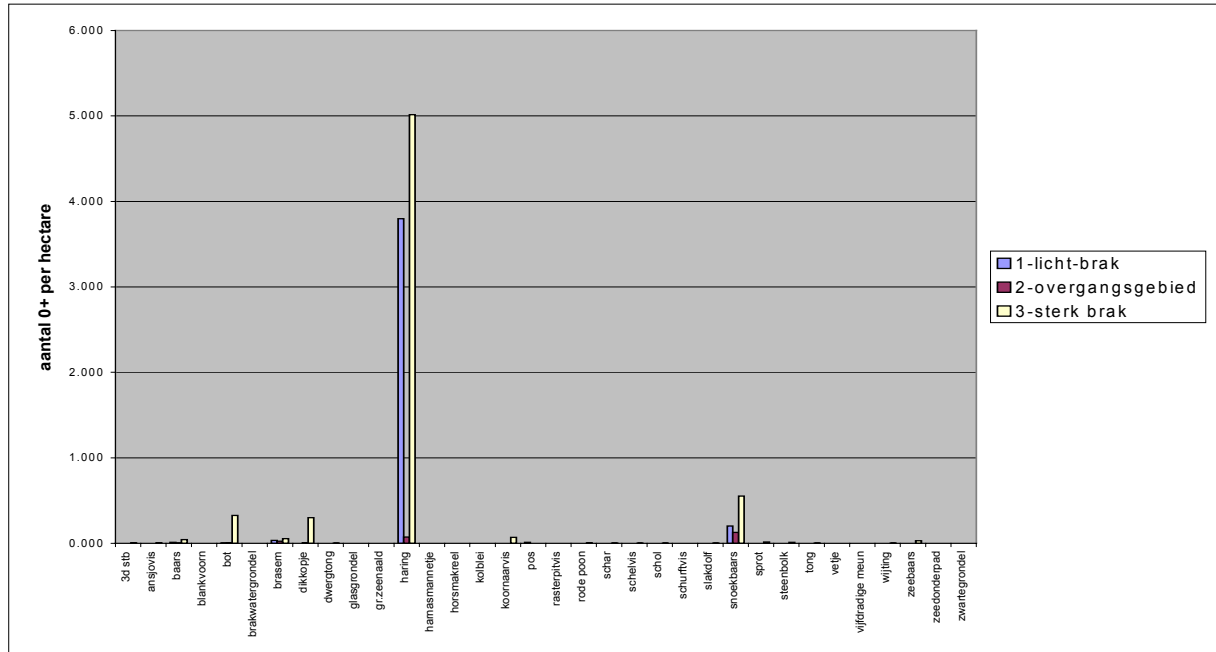
Afbeeldingen 3.12 en 3.13 laten per soort de abundantie (biomassa en aantal per hectare) van 0+ zien in 2004. Hieruit kan worden afgeleid dat de abundantie zeer laag is en er vrijwel alleen jonge haring en snoekbaars in wat hogere abundanties worden gevonden. Hierbij geldt dat de haring in ieder geval van 'buiten' komt (intrekt vanuit de Noordzee), de snoekbaars reproduceert mogelijk in het kanaal zelf. In het Noordzeekanaal komt dus nauwelijks jonge vis voor. Dit heeft tot gevolg dat deze parameter niet als indicator kan worden opgenomen in de maatlatten. Het is echter wel duidelijk, dat het ontbreken van jong aanwas de stabiliteit van de visgemeenschap niet ten goede komt.

Nadere analyse van de ruimtelijke spreiding van de indicator 0+ is gedaan door te kijken naar locaties met biomassa's van 0+ van meer dan 1 kg per hectare. Dit is te zien in afbeelding 3.14. Wat opvalt is dat haring zowel in deelgebied A als in C op bepaalde plaatsen biomassa's van meer dan 1 kg/ha bereikt, dit geldt niet voor deelgebied B. Verder valt op dat de zoetwatersoorten (snoekbaars en brasem) alleen in zijkanaal C hogere abundanties bereiken. De vraag is of ze hier reproduceren of dat ze worden aangevoerd vanuit het achterland.

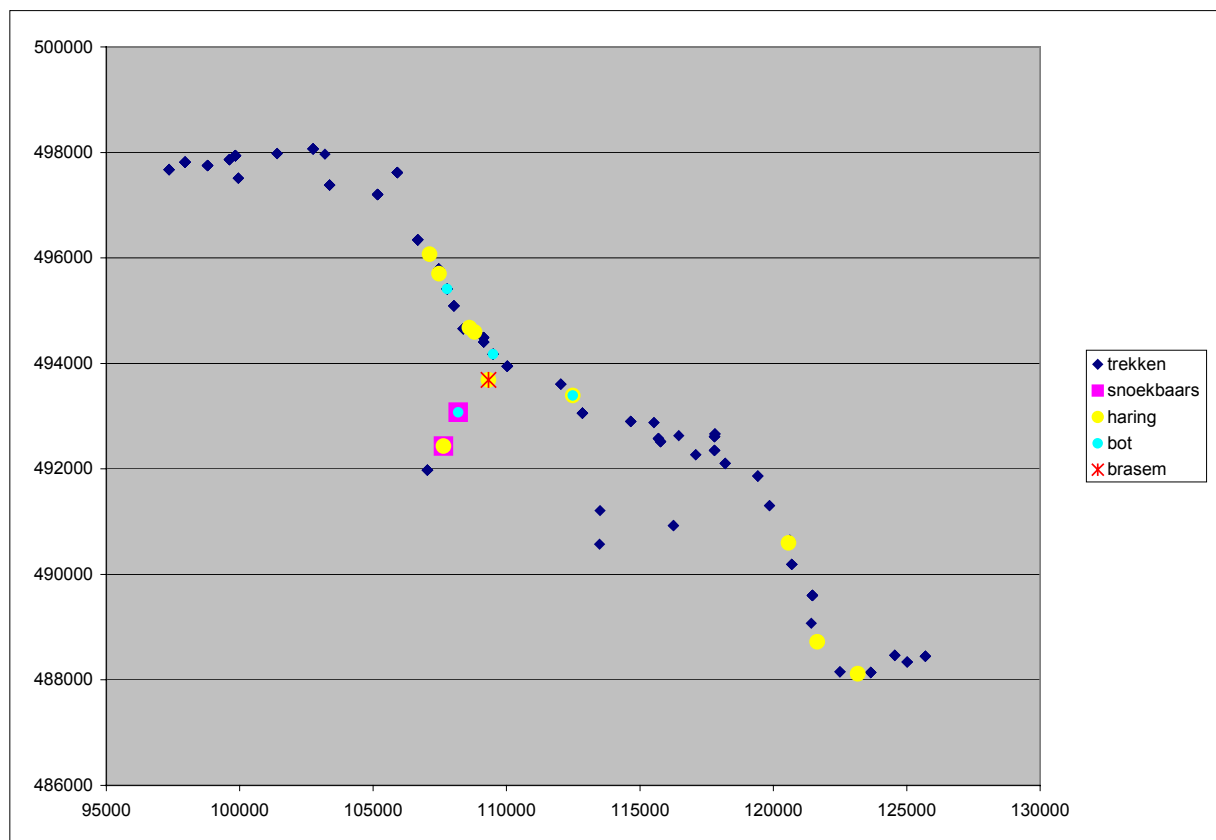
**afbeelding 3.12. Gemiddelde biomassa van 0+ per deelgebied in het Noordzeekanaal**



afbeelding 3.13. Gemiddelde aantal van 0+ per deelgebied in het Noordzeekanaal



afbeelding 3.14. Locaties met biomassa 0+ > 1 kg/ha



### correlaties van indicatoren met milieufactoren

In tabel 3.5 zijn de correlaties te zien tussen indicatoren van de deelmaatlaten soortensamenstelling en abundantie en de milieufactoren pH, O<sub>2</sub>, saliniteit en temperatuur (minimum, maximum en gemiddelde waarden). Over de sterkte van de correlaties met milieufactoren valt het volgende te zeggen:

- voor zowel soortensamenstelling als abundantie correleert de indicator zoetwatersoorten (Z1+Z2) het sterkst met milieufactoren;
- de indicator 'totale Biomassa' correleert sterk met de milieufactor  $pH_{max}$ . Met zuurstof vertoon deze indicator en positieve correlatie, met het zoutgehalte vertoont deze indicator een negatieve correlatie;
- de indicator 'abundantie CA' correleert sterker met milieufactoren dan de 'soortensamenstelling CA';
- voor de estuarien residenten en mariene soorten (indicatoren ER en MJ+MS) is dit juist andersom, hier correleert soortensamenstelling juist beter met milieufactoren.

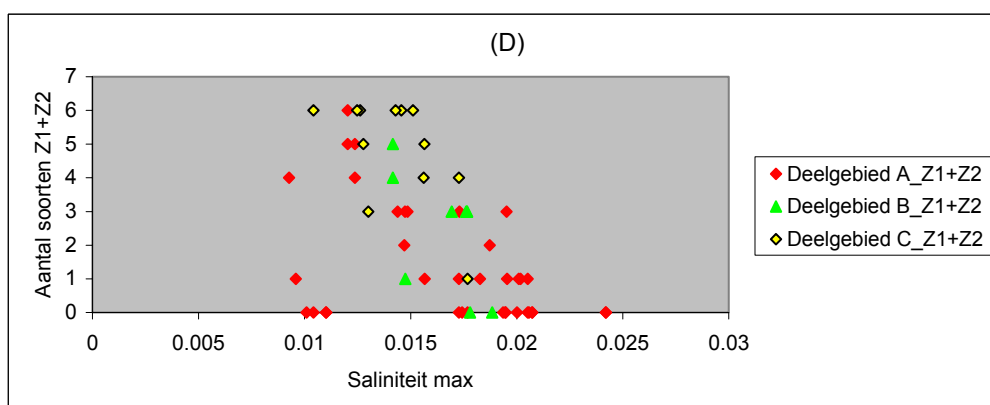
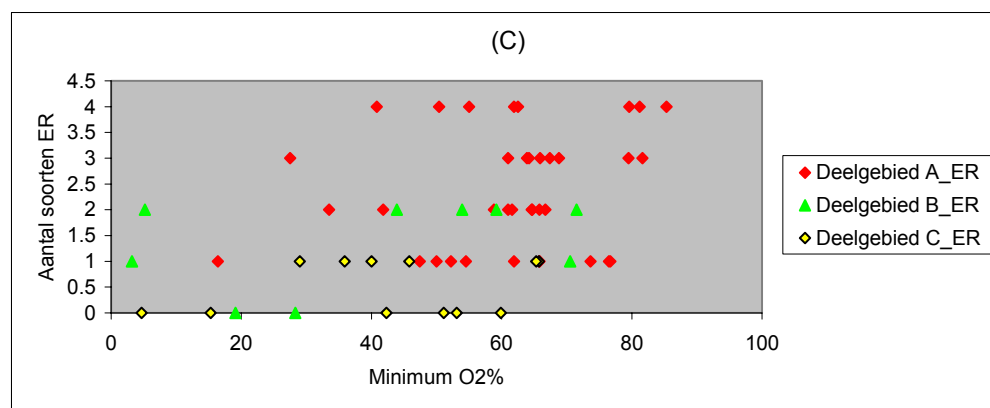
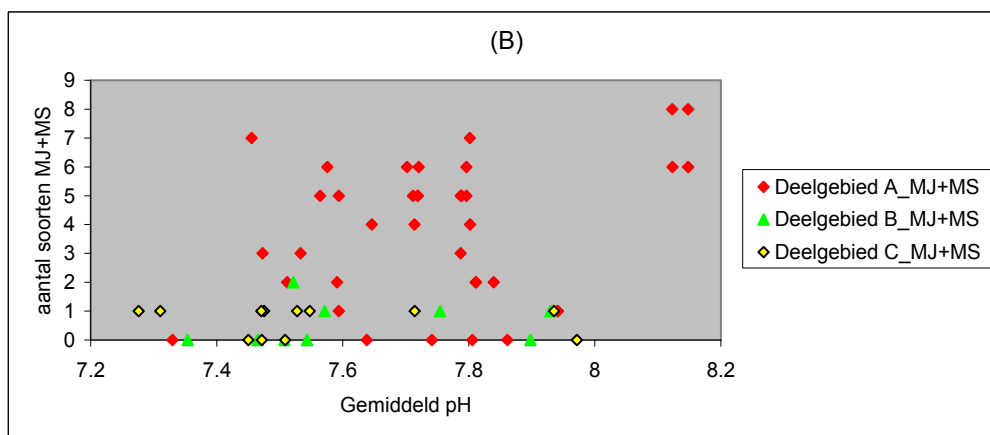
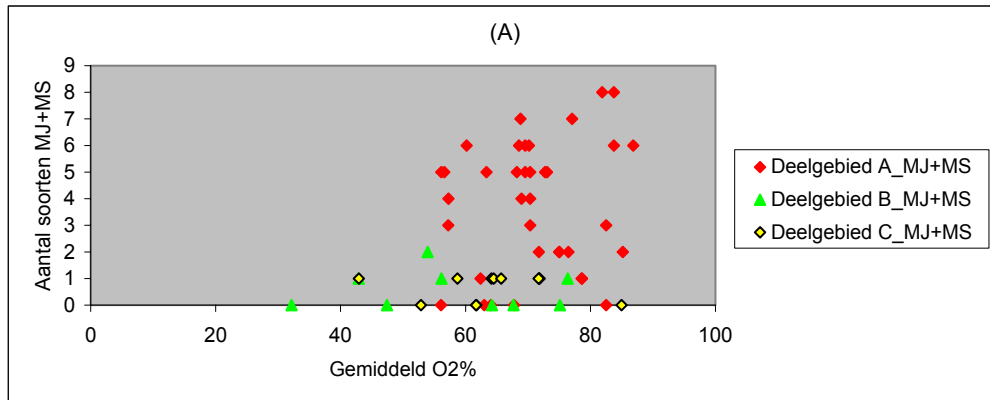
**tabel 3.5. Correlatie tussen indicatoren en milieufactoren, gebaseerd op de gemiddelde waarden van de milieuv variabelen per trek (wit correlatie <0.2, geel 0.2 - 0.4, groen >0.4)**

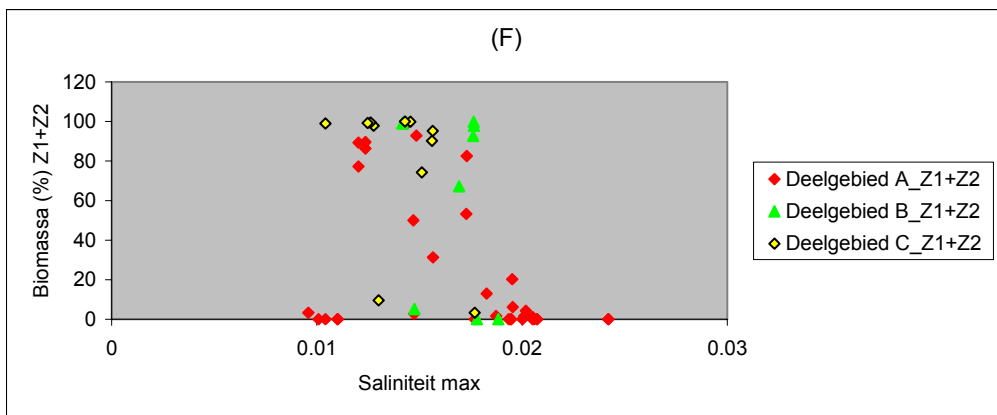
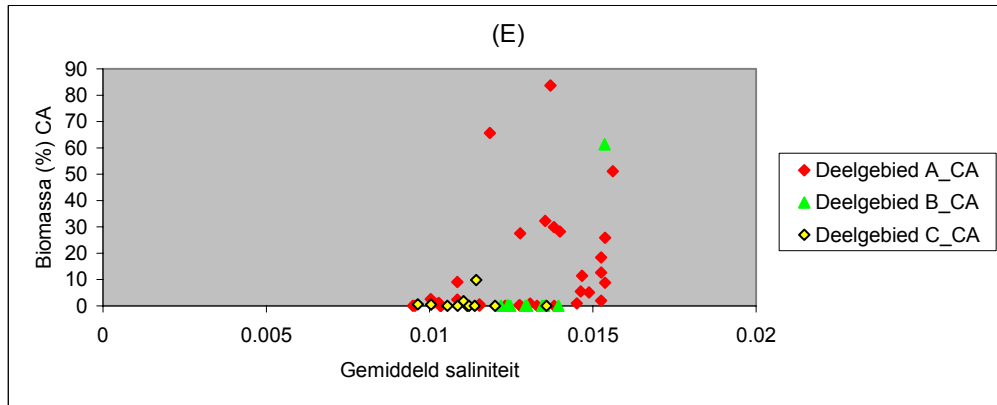
Deelmaatlat	Soortensamenstelling				Abundantie				
	CA	ER	MJ+MS	Z1+Z2	CA	ER	MJ+MS	Z1+Z2	Biomassa
PH_MIN	0.24	0.27	0.37	-0.27	0.06	0.10	0.15	-0.19	0.14
PH_MAX	0.16	0.07	0.18	0.10	0.09	-0.13	0.01	0.02	0.41
PH_GEM	0.25	0.30	0.40	-0.18	0.08	0.09	0.12	-0.18	0.29
pO2_MIN	0.13	0.42	0.33	-0.12	-0.25	0.24	0.06	-0.08	0.15
pO2_MAX	0.00	0.00	-0.05	-0.08	0.05	0.09	0.05	-0.11	0.15
pO2_GEM	0.08	0.35	0.32	-0.02	-0.23	0.17	0.07	-0.06	0.28
Sal_MIN	0.03	0.07	-0.11	-0.32	0.26	0.09	-0.02	-0.14	-0.29
Sal_MAX	0.07	0.27	0.32	-0.51	0.30	0.22	0.27	-0.44	-0.28
Sal_GEM	0.35	0.17	0.10	-0.43	0.39	0.13	0.14	-0.34	-0.25
TEMP_MAX	-0.04	0.08	-0.11	-0.28	0.36	0.16	0.01	-0.24	-0.19
TEMP_GEM	0.18	0.12	0.00	-0.38	0.28	0.21	0.12	-0.33	-0.20

Op basis van de correlatiematrix zijn de relaties tussen indicatorsoorten en milieufactoren die de sterkste verbanden vertonen verder onderzocht aan de hand van enkele grafische weergaven. In de afbeeldingen 3.15 en 3.16 valt het volgende waar te nemen:

- de indicator voor het aantal mariene soorten vertoont een positief verband met gemiddeld zuurstof (afbeelding 3.15.A). Ook de indicator voor het aantal estuarien residente soorten vertoont een positief verband met minimum zuurstof (afbeelding 3.15.C). In deelgebied A worden de hoogste waarden voor beide indicatoren gevonden;
- de indicator voor het aantal mariene soorten op de deelmaatlat soortensamenstelling vertoont een positief verband met de gemiddelde pH (afbeelding 3.15.B). Ook hier is sprake van dezelfde samenhang met de deelgebieden;
- de indicatoren voor aantal soorten en biomassa van de zoetwatersoorten vertoont een logisch verband met saliniteit (afbeelding 3.15.D; F). Ook de biomassa van de diadromen lijkt een verband met saliniteit te vertonen, de hoogste waarden worden aangetroffen in de zoutste delen (afbeelding 3.15.E). De waarden van saliniteit in deelgebied B liggen binnen een beperkte bandbreedte de waarden in deelgebied A en C liggen meer verspreid. De meeste zoetwatersoorten zijn in het oosten van het kanaal te vinden.

afbeelding 3.15. Grafische weergaven van indicatoren die op de deelmaatlatten soortensamenstelling en abundantie een relatief hoge correlatie met milieufactoren vertonen

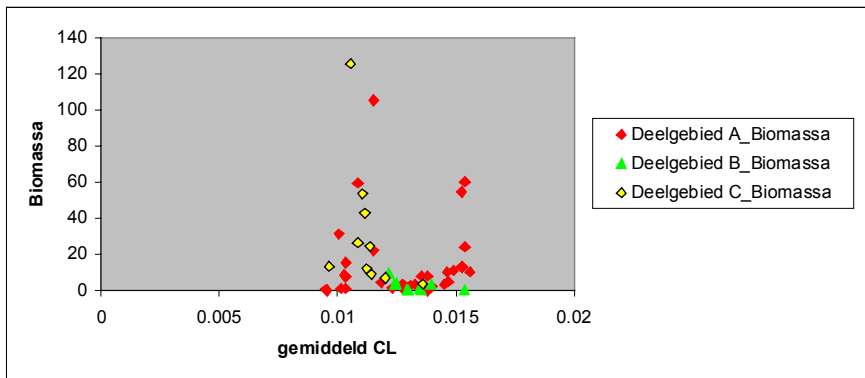
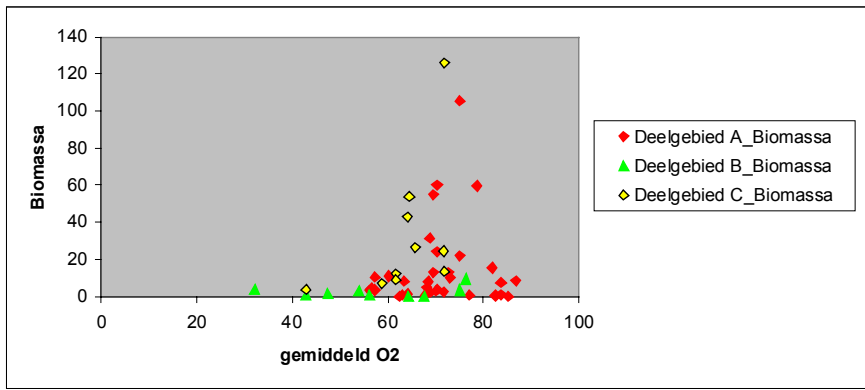
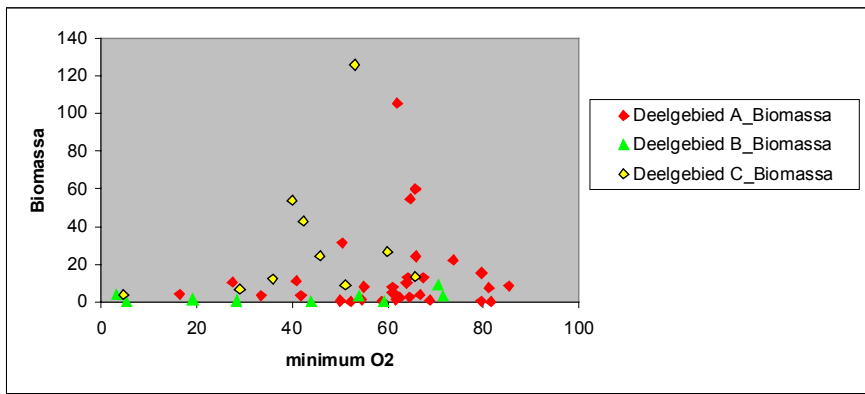
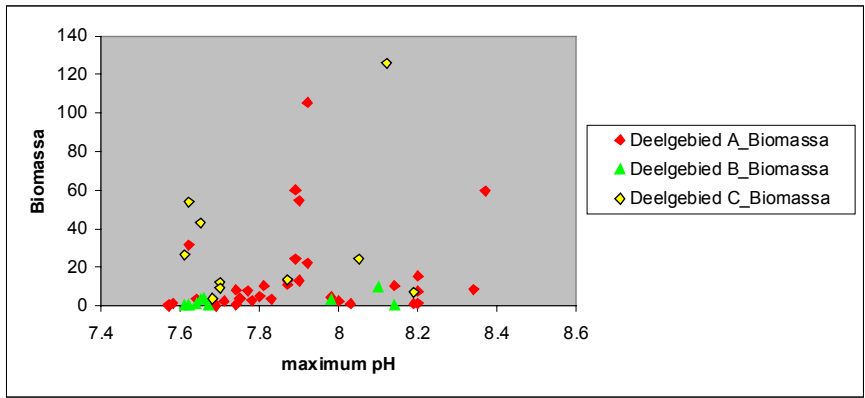




Afbeelding 3.16 laat het verband van de visbiomassa zien met enkele milieufactoren (pH, minimum en gemiddelde zuurstof en saliniteit). De indicator lijkt een optimumcurve te vertonen wanneer uitgezet tegen zuurstof (minimum en gemiddeld). Overigens wordt er bij ieder zuurstofgehalte lage biomassa's aangetroffen, wat er op wijst dat er meerdere factoren een rol spelen. De laatste figuur illustreert dit, de biomassa vertoont een relatie met de saliniteit waarbij twee optima zichtbaar zijn. Een optimum ligt in het zoete deel en een in het zoute deel, de biomassa is het laagst in het intermediaire deel. Dit past ook bij de theoretische verwachting van het biomassa-verloop volgens de kromme van Remane.



afbeelding 3.16. Grafische weergave van de indicator biomassa in relatie tot enkele milieufactoren



### **conclusies te aanzien van de analyses en keuze van indicatoren**

Uit bovenstaande resultaten hebben wij de volgende conclusies getrokken en stellen we de volgende keuze van indicatoren voor:

- de maatlatscores berekend per deelgebied (tabel 3.4) vallen vrij hoog uit, dit geldt zowel voor de deelmaatlat soortensamenstelling als abundantie;
- maatlatscores berekend per trek hebben op de deelmaatlat soortensamenstelling een lagere waarde dan wanneer er wordt berekend per gebied. Dit komt omdat de soortenlijst langer wordt, wanneer een groter deel wordt bemonsterd;
- de indicator totale biomassa voor de vis lijkt kansrijk. Zowel in het Noordzeekanaal als elders zijn aanwijzingen gevonden voor een indicatieve waarde voor eutrofiering, lage zuurstofgehalten en verstoring (o.a. door scheepvaart). Voorgesteld wordt om een biomassa van 50-100 kg/ha als goede toestand aan te merken;
- op dit moment zijn er te veel onzekerheden omtrent de groep 0<sup>+</sup> ten aanzien van de huidige situatie en wat mag worden verwacht na maatregelen (welke) om deze groep als indicator aan te wijzen;
- de indicator Z3 scoort niet op de maatlat, omdat geen habitats aanwezig zijn in deelgebied C. De vraag is in hoeverre dit mag worden verwacht. Vooralsnog wordt aanbevolen de indicator gewoon te handhaven;
- er is op dit moment geen reden om andere aanvullende indicatoren (dan biomassa) te kiezen voor vis. Er is echter vastgesteld dat de indicatoren vrij hoog scoren in alle deelgebieden. Deelgebied B scoort wat lager, maar nog steeds score: matig. De indicatoren zijn representatief, alleen de klas-sengrenzen moeten wellicht worden aangepast.

### **3.2.2. Identificatie van potentiële indicatoren voor macrofauna**

In deze subparagraaf zijn potentiële indicatoren voor macrofauna geïdentificeerd. Allereerst zijn kenmerkende, positieve en negatieve dominante macrofaunasoorten gedefinieerd. Daarna zijn indicator-scores op vier niveau's berekend, te weten (zie ook afbeelding 2.1):

- per (deel)monster (bijvoorbeeld bodem, stortsteen of NVO);
- per gemiddeld deelmonster (gemiddelde van 3 deelmonsters van de Aquasense dataset);
- per samengesteld monster (traject met meerdere habitats, naar oppervlak gewogen per locatie);
- per deelgebied (alle waarnemingen naar oppervlak gewogen per deelgebied).

Vervolgens zijn de correlaties berekend van de 'gemiddelde' monsters met milieufactoren. Ook zijn de indicatorscores van samengestelde monsters per deelgebied en per deelgebied berekend en geëvalueerd. Op basis van de resultaten is er een keuze gemaakt voor indicatoren.

### **kenmerkende, positieve en negatieve dominante macrofaunasoorten**

Bureau Waardenburg heeft in samenwerking met Witteveen+Bos per deelgebied op basis van de huidige maatlatten voor de watertype M30 en M31 en de in hoofdstuk 2 beschreven datasets, literatuur en expert judgement kenmerkende, positieve en negatieve dominante soorten aangewezen. De resultaten hiervan staan in tabel 3.6 weergegeven.

**tabel 3.6. Kenmerkende, positief en negatief dominante macrofaunataxa per deelgebied**

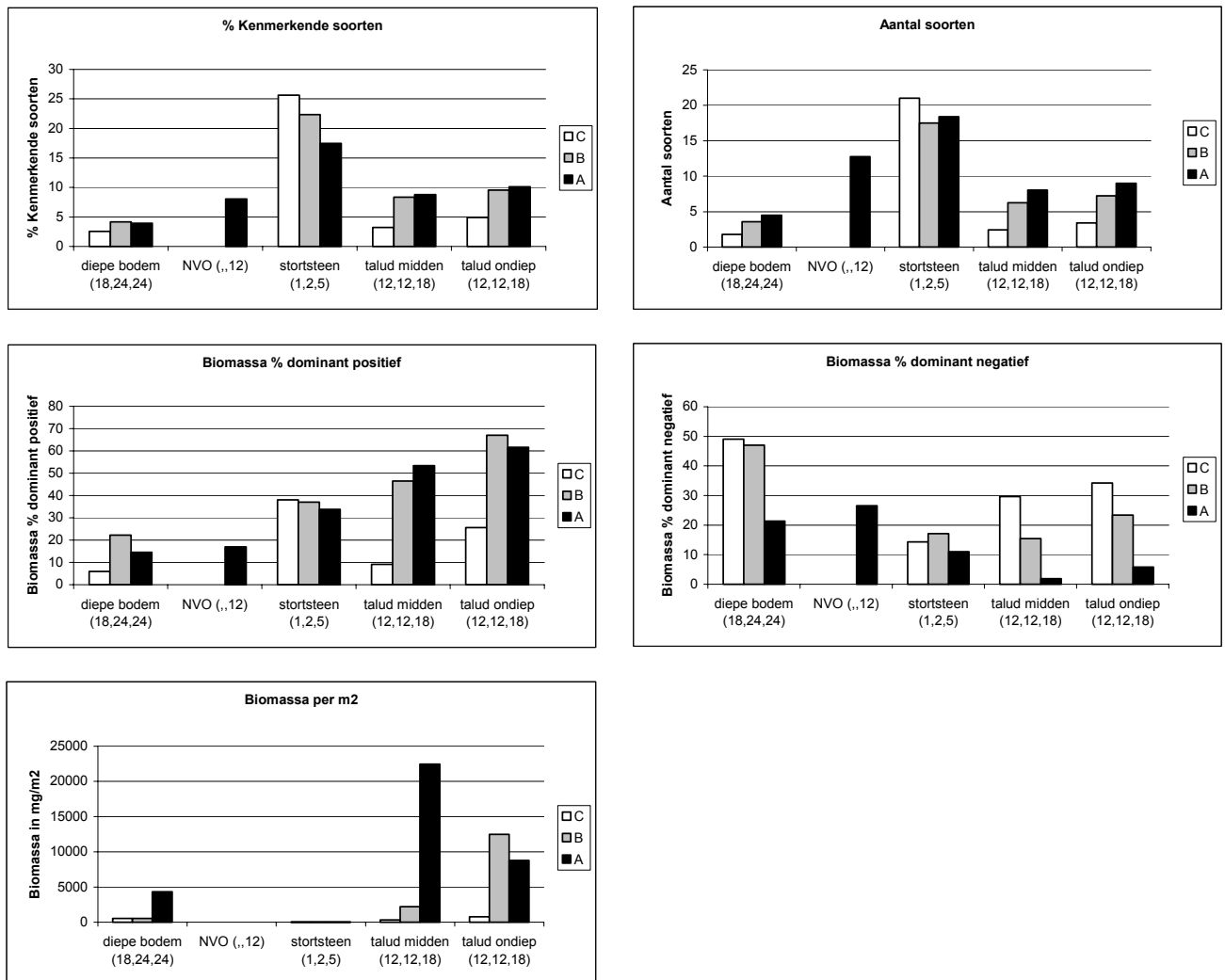
Deelgebied A	Deelgebied B	Deelgebied C	Deelgebied A	Deelgebied B	Deelgebied C
<b>Kenmerkende soorten</b>	<b>kenmerkende soorten</b>	<b>kenmerkende soorten</b>	<b>positief dominante soorten</b>	<b>positief dominante soorten</b>	<b>positief dominante soorten</b>
Actinaria	Aphelochaeta	Apocorophium lacustre	Asteroidea	Cyathura carinata	Ancylus fluviatilis
Aphelochaeta	Apocorophium lacustre	Chironomus aprilinus	Crangon crangon	Dreissena polymorpha	Caenis luctuosa
Apocorophium lacustre	Balanus improvisus	Chironomus salinarius	Cyathura carinata	Ficopomatus enigmaticus	Cyathura carinata
Balanus improvisus	Boccardiella ligERICA	Corbicula fluminalis	Dreissena polymorpha	Gammarus duebeni	Dreissena polymorpha
Boccardiella ligERICA	Cerastoderma glaucum	Corophium arrenarium	Ensis americanus	Gammarus zaddachi	Encomus tenellus
Carcinus maenas	Chironomus aprilinus	Corophium multisetosum	Ficopomatus enigmaticus	Lekanesphaera hookeri	Lekanesphaera hookeri
Cerastoderma glaucum	Chironomus salinarius	Corophium sextonae	Gammarus duebeni	Mya arenaria	Ficopomatus enigmaticus
Chironomus aprilinus	Corbicula fluminalis	Corophium volutator	Gammarus zaddachi	Mytilopsis leucophaeata	Gammarus duebeni
Chironomus salinarius	Corophium arrenarium	Cyathura carinata	Lekanesphaera hookeri	Mytilus edulis	Gammarus zaddachi
Corbicula fluminalis	Corophium multisetosum	Ficopomatus enigmaticus	Mya arenaria	Paracorixa concinna concinna	Lekanesphaera hookeri
Corophium arrenarium	Corophium sextonae	Gerris thoracicus	Mytilopsis leucophaeata	Paranais littoralis	Mya arenaria
Corophium multisetosum	Corophium volutator	Glyptotendipes barbipes	Mytilus edulis	Potamopyrgus antipodarum	Mytilopsis leucophaeata
Corophium sextonae	Cyathura carinata	Halocladus variabilis	Paracorixa concinna concinna	Sigara lateralis	Paracorixa concinna concinna
Corophium volutator	Eteone longa	Halocladus varians	Paranais littoralis	Sigara striata	Paranais littoralis
Cyathura carinata	Ficopomatus enigmaticus	Hydrachna skorikovi	Potamopyrgus antipodarum	Sphaeroma hookeri	Potamopyrgus antipodarum
Eteone longa	Gammarus locusta	Idotea chelipes	Sigara lateralis	Sphaeroma rugicauda	Sigara lateralis
Ficopomatus enigmaticus	Glyptotendipes barbipes	Jaera ischiosetosa	Sigara striata		Sigara striata
Gammarus crinicornis	Halocladus variabilis	Lekanesphaera rugicauda	Sphaeroma hookeri		Sphaeroma hookeri
Gammarus locusta	Halocladus varians	Marenzelleria viridis	Sphaeroma rugicauda		Sphaeroma rugicauda
Glyptotendipes barbipes	Hydrobia ulvae	Melita palmata	Spisula subtruncata		
Halocladus variabilis	Idotea chelipes	Microchironomus deribae			
Halocladus varians	Jaera ischiosetosa	Monocorophium insidiosum	<b>negatief dominante soorten</b>	<b>negatief dominante soorten</b>	<b>negatief dominante soorten</b>
Harmothoe impar	Lekanesphaera rugicauda	Mya arenaria	Asellus aquaticus	Asellus aquaticus	Asellus aquaticus
Hydrobia ulvae	Marenzelleria viridis	Mytilopsis leucophaeata	Corophium	Corophium	Corophium
Idotea chelipes	Melita palmata	Nereis diversicolor	Corophium arrenarium	Corophium arrenarium	Corophium arrenarium
Jaera ischiosetosa	Microchironomus deribae	Ochtebius dilatatus	Corophium lacustre	Corophium lacustre	Corophium lacustre
Lekanesphaera rugicauda	Monocorophium insidiosum	Palaemon longirostris	Corophium multisetosum	Corophium multisetosum	Corophium multisetosum
Licocarcinus arcuatus	Mya arenaria	Palaemonetes varians	Corophium sextonae	Corophium sextonae	Corophium sextonae
Marenzelleria viridis	Mytilopsis leucophaeata	Polydora spp.	Corophium volutator	Corophium volutator	Corophium volutator
Melita palmata	Nereis diversicolor	Pygospio elegans	Crassostrea gigas	Crassostrea gigas	Eriocheir sinensis
Microchironomus deribae	Ochtebius auriculatus	Rhithropanopeus harrisi	Eriocheir sinensis	Eriocheir sinensis	Gammarus tigrinis
Microdeutes gryllotalpa	Ochtebius dilatatus	Sigara falleni	Gammarus tigrinis	Gammarus tigrinis	Heterochaeta costata
Monocorophium acherusicum	Ochtebius marinus	Streblospio benedicti	Heterochaeta costata	Heterochaeta costata	Limnodrilus hoffmeisteri
Monocorophium insidiosum	Ochtebius viridis	Tanytus punctipennis	Limnodrilus hoffmeisteri	Limnodrilus hoffmeisteri	Marenzelleria viridis
Mya arenaria	Palaemon longirostris	Telmatogeton sp	Marenzelleria viridis	Marenzelleria viridis	Neomysis integer
Mytilopsis leucophaeata	Palaemonetes varians	Tharyx marioni	Neomysis integer	Neomysis integer	Potamothrix moldaviensis
Nephtys hombergi	Polydora spp.	Theodoxus fluviatilis	Potamothrix moldaviensis	Potamothrix moldaviensis	Procladius sp
Nereis diversicolor	Pygospio elegans		Procladius sp	Procladius sp	Psammoretyctides barbatus
Ochtebius auriculatus	Rhithropanopeus harrisi		Psammoretyctides barbatus	Psammoretyctides barbatus	Streblospio benedicti
Ochtebius dilatatus	Sigara falleni		Streblospio benedicti	Streblospio benedicti	Tubificidae
Ochtebius marinus	Streblospio benedicti		Tubificidae	Tubificidae	Tubificoides benedii
Ochtebius viridis	Tanytus punctipennis		Tubificoides benedii	Tubificoides benedii	Tubificoides heterochaetus
Palaemon longirostris	Telmatogeton sp		Tubificoides heterochaetus	Tubificoides heterochaetus	Tubificoides pseudogaster
Palaemonetes varians	Tharyx marioni		Tubificoides pseudogaster	Tubificoides pseudogaster	
Petricola photadiformis	Theodoxus fluviatilis				
Polydora spp.					
Pygospio elegans					
Rhithropanopeus harrisi					
Sigara falleni					
Streblospio benedicti					
Telmatogeton sp					
Tharyx marioni					
Theodoxus fluviatilis					

**indicator scores per deelgebied, per habitat**

Afbeelding 3.17 laat gemiddelde indicatorwaarden zien van de deelmonsters per habitat en per deelgebied. De onderscheiden habitats zijn diepe bodem, natuurvriendelijke oevers, stortsteen, talud midden en talud ondiep. Bij deze analyse zijn alle bruikbare data meegenomen. In de figuur is het volgende waar te nemen:

- de indicatoren % kenmerkende soorten en aantal soorten scoren het hoogst op stortsteen. In de overige habitats scoren deze indicatoren veel lager, met uitzondering van de score voor 'aantal soorten' in de natuurvriendelijke oevers;
- het % biomassa van positief dominante soorten neemt af naarmate dieper in het kanaal wordt bemonsterd. Wat opvalt is dat natuurvriendelijke oevers en stortsteen lager scoren voor deze indicator. Deelgebied C scoort telkens beduidend lager dan deelgebieden A en B (met uitzondering van stortsteen);
- een min of meer tegenovergesteld patroon ten opzichte van % biomassa positief dominante soorten valt waar te nemen in de scores van de indicator % biomassa dominant negatief. Met de diepte neemt het % biomassa dominant negatieve soorten toe, met uitzondering van natuurvriendelijk oevers. Deelgebied A scoort het laagst qua % biomassa dominant negatieve soorten en deelgebieden B en C laten onderling vergelijkbare scores zien die beduidend hoger liggen;
- de indicator biomassa (asvrij drooggewicht) per m2 laat zien dat de hoogste biomassa's worden aangetroffen in het meest brakke deel. In de ondiepe delen is de biomassa in het algemeen hoger (NB voor natuurvriendelijke oevers en stortsteen zijn geen gegevens van biomassa beschikbaar).

**afbeelding 3.17. Gemiddelde indicatorwaarden van macrofaunamonsters per habitat en deelgebied, met tussen haakjes het aantal waarnemingen per deelgebied**



### correlaties van indicatoren met milieufactoren

Tabel 3.7 laat de correlatiematrix zien tussen de indicatoren en bekende milieufactoren (diepte, organisch materiaal, schelpgruis, klasse slib, stenen, sulfide, verontreiniging, zand en minimum, maximum en gemiddelde van chloride, zuurstof, geleidendheid, temperatuur). Hierbij is gebruik gemaakt van de waarden uit de dataset van Aquasense. Hieruit komen een aantal patronen te voorschijn, namelijk:

- de indicator aantal soorten vertoont de sterkste correlaties met milieufactoren, gevolgd door indicator % kenmerkende soorten;
- de biomassapercentages dominant positief en dominant negatief vertonen een duidelijkere relatie met milieufactoren dan de aantalspercentages dominant positief en dominant negatief;
- de biomassapercentages van dominant positief en dominant negatief vertonen een tegengesteld patroon;
- voor abundantie geldt dat de indicator biomassa per m<sup>2</sup> beter correleert dan de indicator aantal per m<sup>2</sup>.

**tabel 3.7. Correlatiematrix van indicatorscores en milieufactoren van 'gemiddelde' monsters (wit correlatie <0.2, geel 0.2 - 0.4, groen 0.4 - 0.6, blauw >0.6)**

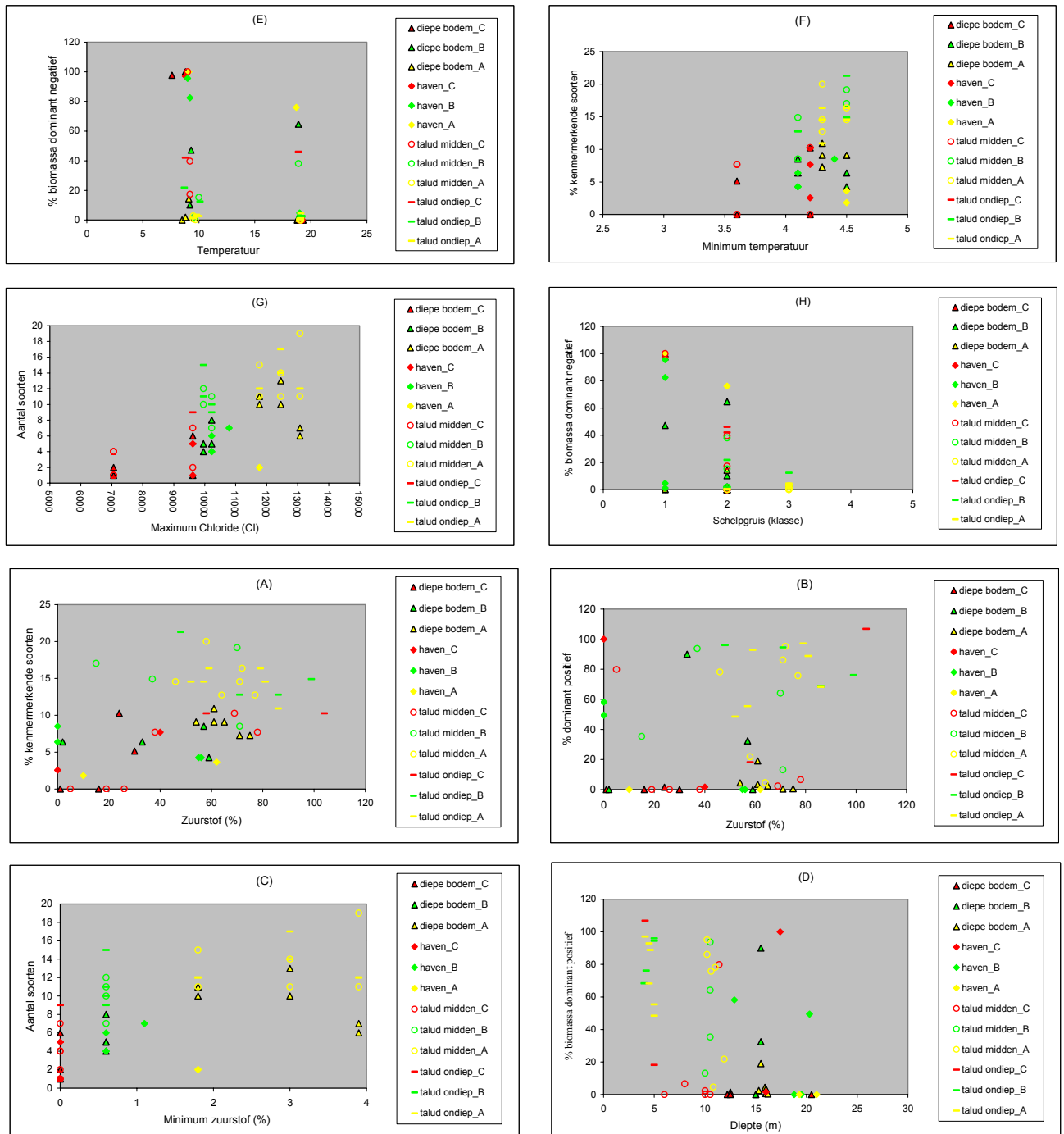
	% KM	% biomassa DP	% biomassa DN	% aantal DP	% aantal DN	biomassa m2	aantal m2	aantal soorten
Chloride	-0.32	-0.35	-0.09	-0.15	-0.22	-0.10	-0.16	-0.17
Diepte	-0.55	-0.53	0.31	-0.35	0.12	-0.24	-0.19	-0.47
Geleidendheid	-0.31	-0.34	-0.09	-0.13	-0.24	-0.09	-0.16	-0.17
Gemiddelde Cl	0.47	0.31	-0.30	0.28	-0.12	0.30	0.23	0.60
Gemiddelde geleidendheid	0.49	0.30	-0.32	0.28	-0.13	0.32	0.24	0.63
Gemiddelde O2	0.35	0.09	-0.35	0.17	-0.24	0.36	0.23	0.56
Gemiddelde Temperatuur	0.12	0.10	-0.13	-0.09	0.09	0.09	-0.18	0.19
klasse slib	-0.19	-0.02	0.16	-0.15	0.10	-0.13	-0.10	-0.26
Maximum Cl	0.47	0.25	-0.35	0.26	-0.17	0.37	0.25	0.65
Maximum geleidendheid	0.47	0.24	-0.36	0.25	-0.18	0.37	0.25	0.65
Maximum O2	-0.22	-0.18	0.04	-0.13	0.00	0.00	-0.08	-0.13
Maximum temperatuur	0.04	0.15	0.00	0.05	0.13	-0.02	-0.07	0.07
Minimum Cl	0.42	0.20	-0.35	0.25	-0.20	0.36	0.26	0.61
Minimum geleidendheid	0.42	0.21	-0.35	0.25	-0.20	0.36	0.26	0.62
Minimum O2	0.40	0.12	-0.38	0.18	-0.24	0.38	0.21	0.61
Minimum temperatuur	0.49	0.29	-0.20	0.24	-0.07	0.25	0.26	0.52
Organisch materiaal	0.22	0.14	-0.19	0.06	-0.11	0.00	-0.04	0.23
Schelpgruis	0.50	0.51	-0.58	0.38	-0.35	0.21	0.11	0.55
Stenen	0.30	0.23	-0.11	0.32	-0.08	0.16	0.28	0.30
Sulfide	0.08	0.17	-0.05	0.18	-0.03	-0.02	-0.01	0.04
Temperatuur	-0.08	0.09	-0.42	0.15	-0.44	0.10	-0.06	0.03
Verontreiniging	0.37	0.38	-0.18	0.28	-0.02	0.09	0.06	0.32
Zand	0.26	0.22	-0.20	0.12	-0.04	0.26	0.07	0.31
Zuurstof (%)	0.51	0.23	-0.13	0.13	0.04	0.27	0.21	0.50

In afbeelding 3.18 zijn enkele indicatoren, die goed correleren met milieufactoren grafisch weergegeven. Per deelgebied is een kleur gekozen: Rood = zoet (C), groen = licht-brak (B) en geel = sterk-brak (A). Daarnaast zijn per substraat (diepte) verschillende vormen gebruikt: talud ondiep ( $\pm 4$  m = streepje), talud midden ( $\pm 10$  m = rondje), en diepe bodem ( $\pm 20$  m = driehoek), en haven ( $\pm 20$  m = ruit).

Over de grafieken valt te melden:

- het aantal soorten correleert sterk met het maximum chloridegehalte. In afbeelding 3.18.G valt te zien dat er meer soorten voorkomen wanneer het maximum chloridegehalte hoog is. De verschillende deelgebieden onderscheiden zich duidelijk op deze milieufactoor. Wanneer zuurstof en een aantal soorten tegen elkaar worden uitgezet, valt een soortgelijk patroon waar te nemen. Hoe meer zuurstof, hoe meer soorten (afbeelding 3.13.C) en ook dezelfde onderverdeling in deelgebieden is waar te nemen;
- % kenmerkende soorten vertoont ook ditzelfde patroon uitgezet tegen de milieufactoren zuurstof (A) en minimum temperatuur (F), alhoewel wat minder duidelijk. Vooral de waarnemingen in deelgebied B zijn meer willekeurig verdeeld;
- de indicator % biomassa positief dominant correleert met diepte (D) en zuurstof (B). Deze grafieken laten niet zo'n duidelijke onderverdelingen in deelgebieden zien;
- % biomassa dominant negatief correleert negatief met schelpgruis (H) en temperatuur (E). Hoe kouder hoe groter het aandeel dominant negatieve soorten. De temperatuur weerspiegelt overigens vrijwel alleen het verschil in bemonsteringsseizoen, er is in het voorjaar (9 a 10 graden) en in het najaar (ca 19 graden) gemonsterd. Blijkbaar is het aandeel dominant negatief het grootst in het voorjaar. Verder is te zien dat hoe meer schelpgruis er in het monster zit, des te lager het aandeel dominant negatieve soorten. Er lijkt geen duidelijke onderverdeling in deelgebieden te zijn.

afbeelding 3.18 Grafische weergave van indicatoren die een sterke correlatie vertonen met een bepaalde milieufactor



### indicator scores samengestelde monsters per locatie en deelgebied

Tabel 3.8 toont de scores van de indicatoren per locatie (km in kanaal of haven) en per deelgebied. Deze scores zijn bepaald aan de hand van samengestelde monsters. Deze samengestelde monsters zijn bepaald uit de weging van de onderliggende (deel)monsters naar het oppervlak van het habitat waar ze zijn genomen. De wegingfactoren zijn besproken in paragraaf 3.1.3. Over de scores op niveau van locatie en deelgebied (zie voor toelichting figuur 2.1) valt te melden:

- '% kenmerkende soorten' en 'aantal soorten' scoort het hoogst in het sterk brakke deel (deelgebied A). Het aantal soorten scoort vooral in deelgebied A relatief gezien veel hoger ten opzichte van deelgebieden B en C en % kenmerkende soorten;
- de biomassapercentages van 'dominant positief' en 'dominant negatief' vertonen een tegengesteld patroon;
- de indicatoren '% biomassa positief dominant' en '% aantal positief dominant' scoren niet heel hoog. Biomassa toont nog het meeste verschil;
- '% biomassa dominant negatief' en '% aantal dominant negatief' laat wel een duidelijk verschil zien tussen deelgebieden. Deelgebied C, met de grootste zuurstofproblemen, laat zien dat deze indicatoren erg hoog scoren. De biomassa is hier het laagst en bestaat voor een relatief groot deel uit soorten die als dominant negatief zijn gekenmerkt;
- De indicatoren voor abundantie biomassa en aantal per m<sup>2</sup> laten een duidelijk verschil zien tussen deelgebieden. Van beide indicatoren is biomassa m<sup>2</sup> degene die het sterkste verschil toont.

**tabel 3.8. Indicator scores per locatie en gemiddelden per deelgebied ((KM) kenmerkende soort (DP) dominant positief (DN) dominant negatief )**

Deelgebied	Locatie	% KM	% biomassa DP	% biomassa DN	% aantal DP	% aantal DN	biomassa m <sup>2</sup>	aantal m <sup>2</sup>	aantal soorten
A	KM 11	36	12	1	3	49	9102	3785	63
A	KM 14	31	51	4	25	20	1403	2122	35
A	KM 6	38	5	0	36	14	6534	784	48
A	Amerikahaven	4	0	96	0	98	109	537	3
<b>A-geheel</b>		<b>49</b>	<b>13</b>	<b>1</b>	<b>12</b>	<b>40</b>	<b>4660</b>	<b>1930</b>	<b>85</b>
B	KM 18	36	66	21	31	43	714	698	29
B	KM 20	38	41	16	23	42	1056	833	28
B	Riebeeckhaven	9	14	64	6	82	354	259	8
B	Westhaven	11	4	88	1	90	774	1024	8
<b>B-geheel</b>		<b>40</b>	<b>31</b>	<b>47</b>	<b>14</b>	<b>67</b>	<b>700</b>	<b>694</b>	<b>33</b>
C	KM 24	10	0	100	0	100	76	127	7
C	KM 21	38	4	92	13	76	423	899	30
C	Mercuriushaven	8	2	97	1	98	1184	1095	5
<b>C-geheel</b>		<b>38</b>	<b>2</b>	<b>96</b>	<b>6</b>	<b>89</b>	<b>577</b>	<b>718</b>	<b>31</b>

### keuze van indicatoren

Uit bovenstaande resultaten hebben wij de volgende conclusies getrokken en stellen wij de volgende keuze van indicatoren en vervolgstappen voor:

- de indicatoren % biomassa positief dominant en dominant negatief laten een beter verschil dan aantal positief dominant en dominant negatief. % biomassa positief dominant en dominant negatief worden dan ook gekozen als indicator;
- de indicatoren voor abundantie 'biomassa' en 'aantal' per m<sup>2</sup> laten een duidelijk verschil zien tussen deelgebieden. Van beide indicatoren is 'biomassa m<sup>2</sup>' degene die het sterkste verschil toont. De indicator biomassa per m<sup>2</sup> laat eveneens een duidelijke relatie zien met impacts. Er wordt dan ook gekozen voor de indicator biomassa per m<sup>2</sup>;
- het 'aantal soorten' scoort beter dan, ofwel laat een groter verschil zien dan het '% kenmerkende soorten'. Daarnaast vertoont deze indicator sterke verbanden met milieufactoren. De indicator aantal soorten wordt dan ook gekozen als indicator.

### 3.3. Afleiden klassengrenzen voor geselecteerde indicatoren

#### klassengrenzen maatlat vis

Op dit moment is er geen aanleiding om de bestaande klassengrenzen voor vis op de maatlatten M30 en M32 aan te passen. Mogelijk is er wel aanpassing nodig, maar de beschikbare gegevens leveren niet afdoende informatie om dit te doen. In de toekomst wanneer er meer gegevens beschikbaar zijn, is dit wellicht wel mogelijk. Voor wat betreft de indicator totale visbiomassa worden de volgende klassengrenzen voorgesteld voor alle deelgebieden:

**tabel 3.9 Klassengrenzen van de indicator 'totale visbiomassa'**

	slecht	ontoereikend	matig	goed	zeer goed
totale visbiomassa (kg/ha)	<5	5-10	10-25	25-50	50-100
	>300	200-300	150-200	100-150	
<b>totaal beoordeling</b>	<b>0-0,2</b>	<b>0,2-0,4</b>	<b>0,4-0,6</b>	<b>0,6-0,8</b>	<b>0,8-1</b>

De bestaande maatlatten voor vis worden gehanteerd om het Noordzeekanaal te beoordelen. In deelgebied A en B wordt de ecologische score bepaald aan de hand van de maatlat behorende tot het wassertype M32, deelgebied C wordt beoordeeld aan de hand van de maatlat voor M30 (tabel 3.10).

**tabel 3.10. Maatlatten voor vis per deelgebied van het Noordzeekanaal**

indicator	M30: Deelgebied C					M32: Deelgebied A en B				
	slecht	ontoereikend	matig	get	zget m30	slecht	ontoereikend	matig	get	zget m32
<b>soortensamenstelling: aantal soorten</b>										
CA	0-1	1-2	2-3	3-4	4-5	0-1	1-2	2-3	3-4	4-5
ER	0-1	1-2	2-3	3-4	4-5	0-2	2-4	4-6	6-8	8-10
MJ+MS	0-1	1-2	2-3	3-4	4-5	0-2	2-5	5-8	8-11	11-14
Z1+Z2	0-1	1-2	2-4	4-6	6-8	0-1	1-2	2-3	3-4	4-5
Z3	0-1	1-2	2-4	4-6	6-8					
<b>abundantie: biomassa (%)</b>										
CA	0-2	2-4	4-6	6-8	8-10	0-2	2-4	4-6	6-8	8-10
ER	0-1	1-2	2-3	3-4	4-5	0-2	2-4	4-6	6-8	8-10
MJ+MS	0-1	1-2	2-3	3-4	4-5	0-2	2-5	5-10	10-15	15-20
Z1+Z2	0-5	5-10	10-20	20-25	25-30	0-2	2-4	4-6	6-8	8-10
Z3	0-2	2-4	4-6	6-8	8-10					
<b>abundantie: totale biomassa</b>										
totale visbiomassa (kg/ha)	<5	5-10	10-25	25-50	50-100	<5	5-10	10-25	25-50	50-100
	>300	200-300	150-200	100-150		>300	200-300	150-200	100-150	
<b>totaal beoordeling</b>	<b>0-0,2</b>	<b>0,2-0,4</b>	<b>0,4-0,6</b>	<b>0,6-0,8</b>	<b>0,8-1</b>	<b>0-0,2</b>	<b>0,2-0,4</b>	<b>0,4-0,6</b>	<b>0,6-0,8</b>	<b>0,8-1</b>

#### klassengrenzen maatlat macrofauna

Voor macrofauna zijn er wel klassengrenzen afgeleid, aangezien de maatlat bestaat uit nieuwe indicatoren. De klassengrenzen zijn afgeleid aan de hand van de relaties van de indicatoren met de milieufactoren. Hiervoor is de data opgedeeld in klassen per milieufactoor. Boxplots geven de spreiding van waarden over de klassen weer. Deze boxplots staan in bijlage I. Deze zijn gebruikt om gevoel te krijgen voor de indicatorwaarden onder verschillende omstandigheden. De klassengrenzen zijn afgeleid op ba-



sis van boxplots, het inzicht die de kromme van Remane biedt en expert judgement. Het resultaat van de afleiding van klassengrenzen staat weergegeven in de tabellen 3.11 A t/m C. Onderscheid tussen de deelgebieden ligt vooral in de indicatoren 'aantal soorten' en 'biomassa per m<sup>2</sup>'. Deze nemen beide af in de richting van zout naar zoet. Dit wordt waargenomen in het kanaal zelf maar is ook conform de theorie (soorts- en biomassaminimum in de kromme van Remane).

**tabel 3.11A. Klassengrenzen van indicatoren van macrofauna voor deelgebied A**

	<b>slecht</b>	<b>ontoereikend</b>	<b>Matig</b>	<b>goed</b>	<b>zeer goed</b>
% dominant negatief	100-50	50-20	20-10	10-5	5-0
% dominant positief	0-1	1-20	20-40	40-60	60-100
aantal soorten	0-20	20-30	30-40	40-50	> 50
biomassa m <sup>2</sup>	0-500	500-3000	3000-6000	6000-9000	9000-14000
	> 25000		25000-14000		
<b>totaal beoordeling</b>	0-0,2	0,2-0,4	0,4-0,6	0,6-0,8	0,8-1

**tabel 3.11B. Klassengrenzen van indicatoren van macrofauna voor deelgebied B**

	<b>slecht</b>	<b>ontoereikend</b>	<b>Matig</b>	<b>goed</b>	<b>zeer goed</b>
% dominant negatief	100-50	50-20	20-10	10-5	5-0
% dominant positief	0-1	1-20	20-40	40-60	60-100
aantal soorten	0-10	10-15	15-25	25-30	> 30
biomassa m <sup>2</sup>	0-250	250-1500	1500-3000	3000-6000	6000-14000
	> 25000		25000-14000		
<b>totaal beoordeling</b>	0-0,2	0,2-0,4	0,4-0,6	0,6-0,8	0,8-1

**tabel 3.11C. Klassengrenzen van indicatoren van macrofauna voor deelgebied C**

	<b>slecht</b>	<b>ontoereikend</b>	<b>Matig</b>	<b>goed</b>	<b>zeer goed</b>
% dominant negatief	100-50	50-20	20-10	10-5	5-0
% dominant positief	0-1	1-20	20-40	40-60	60-100
aantal soorten	0-10	10-15	15-25	25-30	> 30
biomassa m <sup>2</sup>	0-125	125-750	750-1500	1500-3000	3000-14000
	> 25000		25000-14000		
<b>totaal beoordeling</b>	0-0,2	0,2-0,4	0,4-0,6	0,6-0,8	0,8-1

### 3.4. Monitoringsprogramma per deelgebied

De visstand moet worden bemonsterd volgens gestandaardiseerde richtlijnen uit het handboek visstandbemonstering en –beoordeling (STOWA, 2003). Voor macrofauna wordt in deze paragraaf aangegeven welke delen van het kanaal en welke habitats (substraten) moet worden bemonsterd. Per deelgebied wordt een ‘samengesteld monster’ gemaakt door gewogen middeling van de deelmonsters uit verschillende habitats. De weging van de monsters uit de verschillende habitats wordt onderstaand toegelicht. Voor de praktische uitvoering van de bemonstering van de habitats wordt verwezen naar de MIR handleiding.

#### weging van deelmonsters op basis van voorkomen van habitats

In paragraaf 3.1.3 zijn de indicatieve oppervlakten en oppervlaktepercentages van de verschillende habitattypen per deelgebied gegeven. Om de aanwezige macrofauna, in bijvoorbeeld deelgebied A, goed te kunnen beoordelen zou er moeten worden bemonsterd in het hoofdkanaal, in een haven (bijvoorbeeld de Amerikahaven) en een zijkanaal (bijvoorbeeld zijkanaal B of C). Deze delen worden gekozen omdat ze representatief zijn voor respectievelijk 46% (hoofdkanaal), 36 % (havens) en 17 % (zijkanalen) van het oppervlakte open water in deelgebied A (zie paragraaf 3.1.3).

In het hoofdkanaal moet op verschillende dieptes worden bemonsterd. Dit is nodig om de milieuomstandigheden die heersen op verschillende dieptes (zuurstof, chloride, substraat etc.) en de daarbij behorende macrofauna-gemeenschappen mee te nemen in de beoordeling. Ook de oever is een belangrijk habitat, meestal is dit stortsteen soms is er sprake van natuurvriendelijke oevers. Het aandeel van de (natuurvriendelijke) oevers is slechts 1 % ten opzichte van het totale wateroppervlakte, maar kan desondanks van groot belang zijn voor de macrofauna. Het is aan te bevelen om ook de oevers mee te nemen in de bemonstering en beoordeling, ook om het effect van lokale maatregelen te kunnen beoordelen. In de havens hoeft alleen op de bodem te worden bemonsterd (midden in de haven). Voor de zijkanalen moet worden gekeken naar representatieve habitats (oever, bodem), die in de geest van de voorgestelde gestratificeerde monitoring dienen te worden bemonsterd.

Om de maatlatscores op de opgestelde maatlat voor **deelgebied A** te berekenen moet worden gerekend met een (op het moment indicatieve) wegingsfactor per type open water per substraat. Tabel 3.12 geeft de wegingsfactoren weer.

**tabel 3.12. Wegingsfactor (indicatief) om tot een samengesteld monster voor deelgebied A te komen**

deelgebied A	habitat	oppervlakte	wegingsfactor
hoofdkanaal totaal (46 %)	diepe delen (95 %)	2.949.750	0.43
	talud (3 %)	93.150	0.01
	ondiepe delen (stortsteen) (2 %)	32.100	0.01
	natuurvriendelijke oevers (1 %)	90.978	0.01
havens totaal (36 %)	-	2.480.000	0.36
zijkanalen (17 %)	-	1.127.516	0.17
totaal	-	6.803.494	1

In **deelgebied B** moet er worden bemonsterd in het hoofdkanaal, een haven (bijvoorbeeld de Westhaven) en een zijkanaal (bijvoorbeeld zijkanaal G), omdat deze representatief zijn voor respectievelijk 37 % en 51 % en 13 % van het open wateroppervlakte. In het hoofdkanaal moet op drie verschillende dieptes worden bemonsterd (diepe delen, talud en ondiepe delen (stortsteen) om de invloed van verschillende substraattypen (stortsteen of slib) mee te nemen in de beoordeling. In de havens hoeft alleen op de bodem bemonsterd te worden (bv. midden in de haven). Voor de zijkanalen moet worden gekeken naar representatieve habitats (oever, bodem), die in de geest van de voorgestelde gestratificeerde monitoring dienen te worden bemonsterd.

Om tot een totaalscore voor deelgebied B te komen, moet er worden gerekend met de volgende indicatieve wegingsfactoren (tabel 3.13).

**tabel 3.13. Wegingsfactor (indicatief) om tot een samengesteld monster voor deelgebied B te komen**

deelgebied B	habitat	oppervlakte	wegingsfactor
hoofdkanaal totaal (37 %)	diepe delen (95 %)	1.795.500	0.35
	talud (3 %)	56.700	0.01
	ondiepe delen kanaal (stortsteen) (2%)	37.800	0.01
havens totaal (51 %)	-	2.627.916	0.51
zijkanalen (12 %)	-	617.500	0.12
totaal	-	5.135.416	1

Om de aanwezige macrofauna in **deelgebied C** goed te kunnen beoordelen, moet worden bemonsterd in het hoofdkanaal en een haven (bijvoorbeeld Mercuriushaven), omdat deze locaties representatief zijn voor respectievelijk 45 % en 49 % van het oppervlakte open water in deelgebied C. De zijkanalen hebben een zeer beperkt oppervlakte ten opzichte van het gehele deelgebied (circa 5 %) en hoeven niet bemonsterd te worden. In het hoofdkanaal moet op drie verschillende dieptes bemonsterd worden, te weten diepe delen, talud en ondiepe delen (stortsteen). Zo kan de invloed van verschillende substraat-typen (stortsteen of slib) worden meegenomen in de beoordeling. In de haven hoeft alleen op de bodem te worden bemonsterd (bv. midden in de haven).

Om de maatlatscores op de opgestelde maatlat voor deelgebied C te berekenen moet worden gerekend met de volgende wegingsfactoren (indicatief) (tabel 3.14).

**tabel 3.14. Wegingsfactor (indicatief) om tot een samengesteld monster voor deelgebied C te komen**

deelgebied C	habitat	oppervlakte	wegingsfactor
hoofdkanaal totaal (48 %)	diepe delen (95 %)	1.781.250	0.46
	talud (3 %)	56.250	0.01
	ondiepe delen kanaal (stortsteen) (2%)	37.500	0.01
havens totaal (52 %)	-	2.030.793	0.52
totaal	-	3.905.793	1

### 3.5. Bepalen van de totale maatlatscore voor het Noordzeekanaal

Voor het gehele Noordzeekanaal kan voor vis en macrofauna een score worden berekend door de scores van de drie deelgebieden te middelen waarbij indicatieve wegingsfactoren per deelgebied moeten worden toegepast. In deelgebied A geldt een wegingfactor van 0,42, deelgebied B kent een wegingfactor van 0,32 en deelgebied C van 0,26 (tabel 3.15).

**tabel 3.15. Het oppervlakteaandeel (%) per deelgebied van het Noordzeekanaal (indicatief)**

deelgebied	oppervlakte	percentage
A	6.803.494	42
B	5.135.416	32
C	4.140.376	26
totaal	16.079.286	100

### score op de deelmaatlatten vis en macrofauna

Op grond van beschikbare data (die niet volgens de voorgestelde methodiek is verzameld en daardoor mogelijk een vertekend beeld geven !) is berekend wat de score per deelgebied en het gehele kanaal is

voor de biologische kwaliteitselementen vis en macrofauna. Voor macrofauna is een rekenvoorbeeld gegeven in box 3.2.

**afbeelding 3.19 Score (EKR) van het Noordzeekanaal per indicator en deelgebied op de aangepaste maatlat voor vis**

deelgebied	A	B	C	totaal
<b>maatlat</b>	<b>M32</b>		<b>M30</b>	
<b>weging</b>	<b>0.42</b>	<b>0.32</b>	<b>0.26</b>	<b>1.00</b>
<b>scores data 2004</b>				
<b>soortensamenstelling: aantal soorten</b>				
CA	0.60	0.60	0.60	0.60
ER	0.90	0.30	0.80	0.68
MJ+MS	0.93	0.47	0.60	0.70
Z1+Z2	1.00	1.00	0.90	0.97
Z3			0	0.00
<b>abundantie: biomassa (%)</b>				
CA	0.44	0.15	0.05	0.25
ER	0.85	0.76	0.10	0.62
MJ+MS	1.00	0.32	1.00	0.78
Z1+Z2	1.00	1.00	1.00	1.00
Z3			0	0.00
<b>abundantie: totale biomassa</b>				
totale biomassa (kg/ha)	0.61	0.11	0.79	0.50
<b>EKR</b>	<b>0.81</b>	<b>0.52</b>	<b>0.53</b>	<b>0.65</b>

**afbeelding 3.20. Score (EKR) van het Noordzeekanaal per indicator en deelgebied op de nieuwe maatlat voor macrofauna**

Deelgebied	A	B	C	totaal
<b>weging</b>	<b>0.42</b>	<b>0.32</b>	<b>0.26</b>	<b>1.00</b>
biomassa % dominant negatief	0.95	0.22	0.02	0.5
biomassa % dominant positief	0.32	0.51	0.21	0.4
aantal soorten	0.94	0.81	0.80	0.9
biomassa per m <sup>2</sup>	0.51	0.27	0.36	0.4
<b>totaal</b>	<b>0.68</b>	<b>0.45</b>	<b>0.35</b>	<b>0.52</b>

In het Noordzeekanaal bedraagt de score op de maatlaten voor de biologische kwaliteitsindicatoren vis en macrofauna respectievelijk 0,65 en 0,52. Daarbij variëren de scores tussen deelgebieden soms aanzienlijk. Deelgebied A scoort goed tot zeer goed, deelgebied B scoort matig en deelgebied C matig voor vis en ontoereikend voor macrofauna. Deze waarden (vooral die van vis) geven een meer genuanceerde weerspiegeling van de ecologische toestand van het Noordzeekanaal dan de waarden die worden gevonden bij toepassing van de maatlat voor M30. Voor vis werd volgens deze methode een waarde van 0,85 gevonden, en voor macrofauna een waarde van 0,6.

Belangrijkste voordeel van de nieuwe methode is dat er vanuit het niveau van het deelgebied wordt geaggregeerd naar de totaalscores voor het Noordzeekanaal. Aan de hand van de onderliggende scores van deelgebieden kan specifieker worden geconstateerd waar er zich problemen voordoen. In het Noordzeekanaal, dat over het algemeen matig tot goed scoort volgens de nieuwe methode, zijn deelge-

bieden aan te wijzen die beter en slechter scores. De diagnostische waarde van de maatlatten is daarom toegenomen. Dit maakt het beter mogelijk om gericht maatregelen te nemen. Deelgebied B en C scoren matig tot ontoereikend voor de (bodem)fauna, dit hangt waarschijnlijk samen met de lage zuurstofgehalten. Voor vis scoren deelgebied B en C matig. Deelgebied A scoort op beide vis en macrofauna goed.

In onderstaande box wordt met een rekenvoorbeeld geïllustreerd hoe de maatlat voor macrofauna berekend dient te worden.

### box 3.2. Rekenvoorbeeld van macrofauna van deelgebied naar het gehele Noordzeekanaal

Stappen:

- 1 bepalen wegingsfactoren per habitat (zie tabel 3.12 t/m 3.14);
- 2 bemonsteren habitats conform richtlijnen monitoring (zie MIR richtlijn Van Splunder, I., T.H.A.M. Pelsma & A. Bak (2006));
- 3 opstellen soortenlijst met abundantie per habitat (zie voorbeeld hieronder);
- 4 afleiden samengesteld monster door 'gewogen middeling' (zie voorbeeld hieronder);
- 5 berekenen maatlatscore deelgebied aan de hand van samengesteld monster (zie voorbeeld hieronder);
- 6 berekenen score Noordzeekanaal door gewogen middeling scores deelgebieden (zie voorbeeld hieronder).

deelgebied A								
onderdeel	Hoofdkanaal				Havens	Zijkanaal		totaal
habitat	diepe delen	talud	ondiepe delen	NVO	bodem	bodem	oevers	gew. gem.
wegingsfactor	0.43	0.01	0.01	0.01	0.36	0.16	0.02	1.00
macrofaunasoort								
A	1		3		11	17	23	7.6
B	10			1		122		23.8
C		12	1			1	11	0.5
D		2	3		1		12	0.7
E	2			100		1		2.0

indicator scores	%dom neg	%dom pos	# srt	biom/m <sup>2</sup>	weging	EKR
maatlat deelgebied A	0.95	0.32	0.94	0.51	0.42	0.68
maatlat deelgebied B	0.22	0.51	0.81	0.27	0.32	0.45
maatlat deelgebied C	0.02	0.21	0.80	0.36	0.26	0.35
maatlat NZK	0.47	0.35	0.86	0.39	1.00	0.52

QBWAT

## 4. DISCUSSIE, CONCLUSIES EN AANBEVELINGEN

### 4.1. Discussie

Wanneer het Noordzeekanaal volgens de bestaande KRW-maatlatten voor M30 wordt getoetst, wordt de kwaliteit van de biologische elementen vis en macrofauna als goed tot zeer goed beoordeeld. Dit is een enigszins geflatteerd beeld, er is namelijk bekend dat delen van het kanaal helemaal niet zo goed zijn. Er is lokaal sprake van (ernstige) bodemverontreinigingen en in grote delen van het kanaal heerst er zuurstofloosheid aan de bodem. Bepaalde aspecten van de vistand en de macrofaunagemeenschap laten dat ook wel zien, de KRW-maatlatten zijn echter niet in staat om dit te beoordelen. Wanneer beter wordt gekeken naar de maatlatten, kunnen daarvoor de volgende oorzaken worden aangewezen:

- de maatlat voor vis is erg grof. Omdat het Noordzeekanaal als geheel wordt beoordeeld, is de score voor de soortensamenstelling erg goed. Een groot deel van de soorten die mag worden verwacht, is ook in de bemonsteringen aangetroffen. Wanneer echter naar de visstand van bepaalde delen wordt gekeken valt op dat op een aantal plaatsten zeer lage visbiomassa's worden gevonden en dat in het oostelijk deel brakwater- en mariene soorten op de bodem ontbreken. Bij beoordeling van het kanaal als geheel wordt hier aan voorbijgegaan en wordt geen rekening gehouden met de specifieke visstand van de zones binnen de aanwezige zoet-zout gradiënt;
- voor macrofauna zijn de generieke maatlatten voor M30 (en M31) slecht passend. Slechts een zeer beperkt aantal indicatorsoorten uit de maatlatten (zowel positief als negatief) wordt ook daadwerkelijk aangetroffen in het Noordzeekanaal. Omgekeerd worden er wel veel soorten in het kanaal aangetroffen die indicatief zijn voor bepaalde milieumomstandigheden. Dit laat zien dat de maatlatten door een andere keuze aan indicatorsoorten beter passend te maken zijn.

In dit rapport is onderzocht of er voor de macrofauna, net zoals voor de visgemeenschap, deelgebieden kunnen worden onderscheiden met een specifieke gemeenschap. Daarbij is ook gekeken of er, naast chloride, andere belangrijke sturende milieufactoren voor en dergelijke indeling zijn. Op basis van het voorkomen van soortgroepen en milieufactoren is het Noordzeekanaal in drie deelgebieden opgedeeld. Per deelgebied zijn maatlatten, deelmaatlatten en indicatoren opgesteld, aan de hand van de bestaande maatlatten voor de watertypen M30, M31, M32 en beschikbare data en aangevuld met expert judgement. In dit hoofdstuk volgen discussie en conclusies omtrent het uitgevoerde onderzoek.

### indeling deelgebieden en bepalende factoren

De indeling van het Noordzeekanaal in deelgebieden heeft plaatsgevonden door middel van clustering van visstandgegevens 2004 (Witteveen+Bos) en macrofaunagegevens (Aquasense, 2006). De clusters zijn gekarakteriseerd op basis van kenmerkende soorten en milieufactoren. Dit heeft geleid tot een driedeling van het Noordzeekanaal. De vraag is nu in hoeverre deze indeling is gebaseerd op ecologische verschillen als gevolg van:

- verschillen in typologische karakteristieken, zoals verschillen in chloridegehalten en diepte;
- verschillen die een oorsprong hebben in een verschil in menselijke drukken.

In de gebruikte gegevens zitten namelijk monsters verwerkt die worden beïnvloed door slechte ecologische omstandigheden. Het verschil in soortensamenstelling per gebied kan dan de resultante zijn van de variërende milieucondities onder invloed van menselijke druk in plaats van het verschil in chloridengehalten.

Het is lastig gebleken om uitsluitel te geven of typologische verschillen zoals het chloridegehalte bepalend zijn voor de ecologische verschillen (kromme van Remane) of dat andere factoren zoals verontreiniging of een laag zuurstofgehalte het meest bepalend zijn. Het is echter zo dat het chloridegehalte slechts in beperkte mate differentiërend is voor de deelgebieden (afbeelding 3.7). De variatie in de diepte binnen een deelgebied is bijvoorbeeld veel groter dan de verschillen tussen deelgebieden op één diepte! Er zijn aanwijzingen dat de milieudrukken, zoals het lage zuurstofgehalte van het oostelijke deel, in belangrijke mate sturend zijn voor de aanwezige gemeenschappen. Dan is echter nog steeds de vraag of en dergelijke situatie niet ook al van nature voorkomt op de overgang van zoet naar zout (estuaria). Door bezinking van zwevend materiaal (zoals algen) en stratificatie onder invloed van ver-

schillen in zoutgehalten, komen ook in van nature voedselrijke overgangssituaties dergelijke lage zuurstofgehalten wellicht al voor (zie o.a. Wolf, 1973).

NB! De oppervlakten die in dit rapport voor de deelgebieden zijn aangehouden zijn indicatief, dit geldt dus ook voor de hiervan afgeleide wegingsfactoren. De invloed hiervan op de uiteindelijke scores is echter beperkt. Het is echter wenselijk dat, bij bemonstering en toepassing van de maatlat, de oppervlakten van de verschillende deelgebieden en habitats nauwkeuriger worden bepaald, zodat deze onzekerheid komt te vervallen.

### **indicatoren vis**

Voor vis blijven de indicatoren uit de huidige KRW-maatlatten gehandhaafd. Verschil is dat voor de westelijke deelgebieden A en B wordt getoetst op de maatlat voor sterk brakke wateren (M32). Daarnaast is er een extra indicator toegevoegd, de totale visbiomassa in kg/ha. Lokaal worden zeer lage visbiomassa's aangetroffen, dit wijst op ongunstige omstandigheden (zuurstof / verontreiniging). Verwacht mag worden dat de visbiomassa toeneemt als de kwaliteit verbeterd. Ten aanzien van bestaande of andere aanvullende indicatoren wordt nog het volgende opgemerkt:

- de indicator Z3 (M30, alleen van toepassing op deelgebied C) is indicatief voor de aanwezigheid en abundantie van plantminnende soorten. Op dit moment zijn er in het deelgebied, op substantiële schaal, geen geschikte habitats voor plantminnende vis aanwezig (zoete, ondiepe en plantenrijke zones). Daarom kan worden overwogen om deze indicator te verwijderen uit de maatlat. Wanneer er in de toekomst bijvoorbeeld goed functionerende natuurvriendelijke oevers worden aangelegd kan deze deelmaatlat echter het effect daarvan op de visstand indiceren. Daarom is besloten de indicator vooralsnog te handhaven;
- een belangrijk onderdeel van een zelfstandig functionerend ecosysteem is reproductie. Om dit te testen kan er worden gekeken naar aanwezigheid van juveniele vis ( $0^+$ ). De deelmaatlat  $0^+$  kon in deze studie echter niet worden uitgewerkt. Er worden in het Noordzeekanaal nergens substantiële aantallen juveniele vis aangetroffen. Daarnaast is er geen informatie bekend van een soortgelijk (goed functionerend) systeem elders. Hierdoor is het lastig om een maatlat op te stellen en eventuele klassengrenzen af te leiden. Deze indicator geeft in potentie echter wel een waardevolle toevoeging aan de huidige deelmaatlatten. Wanneer er, na het beschikbaar komen van meer informatie, voldoende basis is om deze indicator uit te werken, is het zeker aan te bevelen om deze mee te nemen.

### **indicatoren macrofauna**

Voor macrofauna zijn geheel nieuwe indicatoren ontwikkeld. Een aantal van deze indicatoren lieten een duidelijke relatie zien met de milieumomstandigheden (zuurstof, chloride, diepte) en zijn ook gebaseerd op ecologisch relevante kenmerken van de macrofaunagemeenschap. Op basis van deze criteria is gekozen voor vier indicatoren; aantal soorten, biomassa % positief dominant, biomassa % negatief dominant en totale biomassa per  $m^2$ . Verondersteld wordt dat deze indicatoren een goed beeld geven van de ecologische toestand van het Noordzeekanaal, voor wat betreft de macrofauna.

### **klassengrenzen en maatlatten**

De moeilijkheid met het invullen van de ecologische maatlatten voor het Noordzeekanaal is het ontbreken van referentiewaarden. Wat mag worden verwacht in een dergelijk systeem wanneer het in een goede ecologische toestand verkeert? Bij het opstellen van de maatlat is er van uitgegaan dat de scores van deelgebied A indicatief zijn voor een goede toestand (goede zuurstofgehalten, helder water, lage verontreinigingsgraad). Dit wordt als een soort van 'referentie' voor de goede toestand gebruikt. In oostelijke richting gaand verandert het systeem onder invloed van de lagere chloridengehalten (kromme van Remane) en de grotere afstand tot de zee. Dit leidt tot lagere waarden voor de indicatoren die kenmerkend zijn voor het mariene milieu en de verbinding met de zee vertegenwoordigen en hogere waarden voor de indicatoren die zoetwater indiceren. Daar is als volgt mee omgegaan:

- **vis.** Deelgebied A en B worden beoordeeld op de maatlat voor M32, deelgebied C op de maatlat voor M30, beide aangevuld met de indicator totale biomassa. Belangrijkste verschil tussen de

maatlatten van M30 en M32 is de ligging van de klassengrenzen. De indicatoren zijn (met uitzondering van Z3: plantminnende vissen) exact gelijk. De keuze voor deze maatlatten is gebaseerd op de waargenomen verschillen in visgemeenschappen tussen de deelgebieden. Deze biologische verschillen zijn dus gebruikt om in het kunstmatige / sterk veranderde Noordzeekanaal de meest geschikte maatlatten te kiezen. Klassengrenzen van de bestaande maatlatten voor vis (M30 en M32) zijn niet aangepast tijdens deze studie, omdat beschikbare gegevens daar geen aanleiding toe gaven. De klassengrenzen op de deelmaatlat abundantie liggen voor enkele indicatoren zeer laag. Een systeem scoort daardoor al snel goed, omdat er vaak van enkele van de soorten wel één of meerdere individuen rondzwemmen in het systeem. Wanneer meer informatie beschikbaar is over het Noordzeekanaal of soortgelijke systemen kunnen (en moeten) de klassengrenzen waarschijnlijk worden aangepast. De klassengrenzen voor de nieuwe indicator 'totale visbiomassa' zijn afgeleid op basis van de dataset van het Noordzeekanaal, aangevuld met waarnemingen elders en expert judgement. Op dit moment is deze maatlatindicator, met de beschikbare gegevens en kennis, zo goed mogelijk ingevuld. Toch is het goed ze kritisch te beschouwen, met name in verband met de specifieke en complexe omstandigheden in brakke wateren zoals het Noordzeekanaal. Ook de constatering dat de visstand in het kanaal de resultante is van import van aangrenzende wateren (Witteveen+Bos, 2005) moet hierbij in beschouwing worden genomen. Wellicht dat er aanleiding is om de grenzen op termijn met nieuwe inzichten bij te stellen;

- **macrofauna.** De maatlatten voor de macrofauna zijn volledig herzien. De klassengrenzen van macrofauna zijn daarom ook opnieuw afgeleid. Ook hier geldt dat de beperkte beschikbaarheid van gegevens ons parten heeft gespeeld. De richting van verandering van de indicatoren kon redelijk tot goed worden onderzocht door data-analyse, maar de absolute ligging van de klassengrenzen is moeilijk te bepalen. Het ontbreken van gegevens van de goede toestand in andere, vergelijkbare systemen maakt het moeilijk, zo niet onmogelijk, om de klassengrenzen goed te onderbouwen. Desondanks bestaat de indruk dat de maatlatten robuust zijn opgebouwd en dat de maatlatindicatoren, wellicht met geringe bijstelling van de klassengrenzen, indicatief zijn voor de ecologische toestand. Dit omdat de gekozen indicatoren functionele aspecten van het watersysteem weerspiegelen. Zo is de totale biomassa indicatief voor geschiktheid van het habitat voor macrofauna en voor de voedselbeschikbaarheid en is het aantal soorten indicatief voor habitatdiversiteit.

### monitoring

Wat betreft de monitoring, behorende bij de maatlatten, geldt dat voor vis het 'handboek visstandbemonstering' en de uitwerking daarvan in de MIR-richtlijnen van toepassing zijn. Hierin is reeds een gestratificeerde bemonstering opgenomen, waarin de belangrijkste habitats (strata) naar oppervlakte gewogen worden bemonsterd. Er worden daarnaast geen aanvullende wensen of eisen aan de monitoring gesteld.

Voor wat betreft de macrofauna is er een monitoringsprogramma opgesteld dat rekening houdt met de verschillende habitats in de deelgebieden. De bemonstering vindt plaats naar oppervlakte van de habitats in de deelgebieden (hoofdkanaal diepe bodem, talud diep, talud ondiep en oever; havens, stortsteen, natuurvriendelijke oevers en zijkanalen). Verder moeten de MIR-richtlijnen worden gevolgd. Op basis van de bemonsteringsresultaten wordt een gewogen gemiddeld monster bepaald per locatie (kanaalkilometer). Dit wordt met behulp van de betreffende maatlat beoordeeld. De totaalscore per deelgebied wordt bepaald door middeling van de deelmaatlatten. De score voor het Noordzeekanaal door naar oppervlakte gewogen middeling van de scores per deelgebied.

Het huidige monitoringsprogramma voor macrofauna moet dus worden aangepast om aansluiting te vinden bij de opgestelde maatlatten. De voorgestelde bemonsteringsmethode omvat alle aanwezige habitats.



## 4.2. Conclusies

Op basis van bovenstaande worden de volgende conclusies getrokken:

- uit verschillende voorgaande onderzoeken blijkt dat toepassing van de vismaatlat voor het Noordzeekanaal een te rooskleurig beeld geeft. Door beoordeling van het kanaal als geheel wordt er geen rekening gehouden met de kwaliteit van afzonderlijke biotopen. Voor de macrofaunamaatlat geldt dat een groot deel van de indicatorsoorten (zowel positief als negatief) niet worden aangetroffen in het kanaal. Veel soorten die wel voorkomen, en bepaalde omstandigheden indiceren, ontbreken juist in de maatlat;
- het Noordzeekanaal kan gezien de overeenkomsten en verschillen in soortensamenstelling van de groepen vis en macrofauna worden opgedeeld in drie deelgebieden. Ieder van deze deelgebieden heeft zijn eigen kenmerkende milieuomstandigheden en bijbehorende kenmerkende soortcombinaties. Hierbij geldt dat de indeling niet 'hard' is en dat deze vooral bij vis duidelijk is. Het is moeilijk te bepalen in hoeverre er sprake is van een 'natuurlijke zonerings' onder invloed van typologische kenmerken als chloridegehalte en diepteverdeling of dat menselijke drukken (verontreiniging, zuurstofarmoede) hierbij ook een meer of minder belangrijke rol spelen;
- per deelgebied kunnen verschillende habitats (strata) worden onderscheiden met ieder hun eigen soorten en milieuomstandigheden. Door de deelgebieden gestratificeerd te bemonsteren kan een goede (representatieve) afspiegeling van de levensgemeenschap worden verkregen;
- op dit moment ontbreekt het voor macrofauna aan goede gestratificeerde bemonsteringsgegevens. Dit bemoeilijkt het afleiden van maatlaten en het stellen van klassengrenzen. Voor zowel vis als macrofauna geldt daarnaast dat voorbeelden en daarmee gegevens van referentiegebieden ontbreken;
- de onderbouwing van de klassengrenzen verdient nadere aandacht. Per deelgebied en per biologisch kwaliteitselement zijn indicatoren geselecteerd en maatlaten opgesteld. De keuze van de indicatoren is gebaseerd op relaties tussen indicator en milieuomstandigheden die samenhangen met menselijke drukken. Verondersteld wordt dat deze indicatoren in potentie goed in staat zijn om de ecologische kwaliteit te indiceren. De juiste werking van de maatlaten staat of valt dan bij de juiste keuze van de klassengrenzen voor de indicatoren. Omdat het ontbreekt aan gegevens en/of kennis om deze klassengrenzen goed onderbouwd af te leiden, moeten deze kritisch worden beschouwd en mogelijk op termijn worden bijgesteld;
- desondanks lijken de nieuwe maatlatscores voor vissen en macrofauna in het Noordzeekanaal de ecologische toestand beter te weerspiegelen dan de maatlat van M30;
- daarbij komt dat door vanuit deelgebieden te aggregeren naar het Noordzeekanaal als geheel, inzichtelijk wordt wat de ecologische toestand per deelgebied is en waar er maatregelen moeten worden genomen.

## 4.3. Aanbevelingen

Het wordt aanbevolen om:

- de voorgestelde gestratificeerde bemonstering voor macrofauna op te nemen in het monitoringsprogramma voor het Noordzeekanaal;
- exact de oppervlakten van de deelgebieden te bepalen en daarmee de wegingsfactoren;
- na bemonstering volgens de gestratificeerde methode, of na het beschikbaar komen van informatie uit vergelijkbare systemen, de klassengrenzen opnieuw te beoordelen;
- nader onderzoek te doen naar de relatie tussen macrofauna en verontreiniging, om vast te stellen in hoeverre verontreiniging of chloride sturende factoren zijn voor de samenstelling van de macrofaunagemeenschappen;
- aan te sturen op kennisontwikkeling om de deelmaatlat leeftijdsopbouw te kunnen invullen, bijvoorbeeld door de indicator 0<sup>+</sup> verder te onderzoeken en te onderbouwen. Daarnaast is het interessant om te onderzoeken wat de oorzaak is van het bijna afwezig zijn van 0<sup>+</sup>.

## LITERATUUR

- Aquasense (2006) Ecologische beoordeling Noordzeekanaal Opstellen van maatlatten conform de kaderrichtlijn Water. In opdracht van: Rijkswaterstaat directie Noord-Holland. Rapportnummer: 2463
- Aquasense (2008) De relatie tussen bodemfauna en zuurstofarmoede in het Noordzeekanaal Onderzoeksjaren 2000-2001. In opdracht van: Rijkswaterstaat directie Noord-Holland. Rapportnummer: 1829-2
- Braak, C.J.F. ter, 1996. Unimodal models to relate species to environment. DLO-Agricultural Mathematics Group, Wageningen.
- De Vocht, A (1999) Basishandboek SPSS 8 & 9 voor Windows 95 & 98. 90-5548-095-9
- Hanson, J.M., & W.C. Legget, 1982. Empirical prediction of fish biomass and yield. Can. J. Fish. Aquat. Sci. 39: pp 257-263. Montreal.
- Jaarsma N., M. Klinge, R. Pot (red) 2007. Achtergronddocument Vissen. Expertgroep vissen.
- Jeppesen, E., et al., 1994. Does the impact of nutrients on the biological structure and function of brackish and freshwater lakes differ? *Hydrobiologia* 275/276: pp. 15-30. Kluwer, Belgium.
- Van der Molen D.T. en R. Pot, 2007. Referenties en maatlatten voor natuurlijke watertypen voor de kaderrichtlijn water. STOWA. Rapportnummer 2007-32
- Rijkswaterstaat Noord-Holland (2004) Het Noordzeekanaal in cijfers anno 2004. Rapportnr ANW-0404.
- STOWA, 2003. Handboek visstandbemonstering. Nr 2002-7. STOWA, Utrecht.
- Van Haaren, I & D. Tempelman (2007) Macrofauna monitoring in de natuurvriendelijke oever Zuiderpolder. 4500082397.
- Van Katwijk, M.M. & ter Braak, C.J.F. (2003) Handleiding voor het gebruik van multivariate analyse-technieken in de ecologie. KUN, Nijmegen.
- Verdonschot, P.F.M. (1990) Ecological characterisation of surface water in the province of Overijssel (The Netherlands). Thesis, Wageningen, 225 p.
- Witteveen+Bos, 2003. Functie vissenwater in de boezemsystemen van Hollands Noorderkwartier. Integrale systeemanalyse en inschatting van de haalbaarheid van de voorlopige streefbeelden. Rapportnr. Edm18-6, in opdracht van Hoogheemraadschap van Uitwaterende Sluizen. Witteveen+Bos, Deventer.
- Witteveen+Bos (2004) Nulmeting visstand Amsterdam-Rijnkanaal en Noordzeekanaal. RW1258-1/krub/009.
- Wolff, W.J. (red) (1989) De internationale betekenis van de Nederlandse natuur. Ministerie van Landbouw & Visserij, Rijksinstituut voor Natuurbeheer, SDU uitgeverij Den Haag.
- Wolff, W., 1973. The estuary as a habitat : an analysis of data on the soft-bottom macrofauna of the estuarine area of the rivers Rhine, Meuse, and Schelde. Zoologische verhandelingen nr126. Rijksmuseum van Natuurlijke historie / Delta institute for Hydrobiological Research nr 106. Leiden/Yerseke.

## **BIJLAGE I Boxplots van klassen van milieufactoren en indicatoren voor macrofauna**

Onderstaande boxplots geven de spreiding van indicatorwaarden weer per klasse van elke milieufactor. Tabel I.1. geeft de klassengrenzen weer, die zijn gebruikt voor de boxplots.

**tabel I.1. Klassenindeling behorende bij de boxplots**

klasse	max Cl (mg Cl/l)	min O <sub>2</sub> (%)	gem O <sub>2</sub> (%)	diepte (m)
1	7000-9.200	0-0,5	0-20	-
2	9.200-10.400	0,5-1	20-40	3-10
3	10.400-10.600	1-2	40-60	10-15
4	10.600-10.800	2-3	60-80	15-18
5	> 10.800	> 3	80-100	18-22

