

opdrachtgever:

Rijkswaterstaat, Rijksinstituut voor Kust en Zee

Toepassing pilot GEM westelijke Waddenzee

December 1997

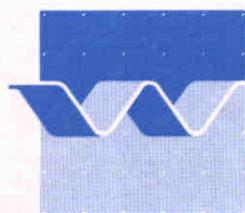
Toepassing pilot GEM westelijke Waddenzee

M. Bokhorst

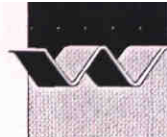
	bibliotheek Rijkswaterstaat Rijkswaterkundig Instituut/WRI
WRI	66333
WRI	Z 2274
EXPL	



R0004781



delft hydraulics



KLANT : Rijkswaterstaat, Rijksinstituut voor Kust en Zee

TITEL : Toepassing pilot GEM westelijke Waddenzee

SAMENVATTING : In dit rapport wordt een beschrijving gegeven van de toepassing van de pilot versie van het generiek ecologisch model voor estuaria (GEM) op de westelijke Waddenzee. Na operationalisering is op basis van een eerste schatting van de modelparameters een jaarsimulatie uitgevoerd. De resultaten worden vergeleken met monitoringsgegevens. Op basis hiervan worden aanbevelingen gedaan.

REFERENTIES : Opdrachtbonnummer: 22971057 d.d. 15/04/97

REV	AUTEUR	DATUM	OPMERKINGEN	REVIEW	GOEDKEURING
1	M. Bokhorst	27-10-97	conceptrapport	H.L.A. Sonneveldt	T. Schilperoort
2	M. Bokhorst	19-12-97	definitief rapport (geen wijzigingen)	nvt	T. Schilperoort
TREFWOORD(EN)			INHOUD		STATUS
ecologisch model, westelijke Waddenzee, eutrofiëring.			TEKST : 10		☐ VOORLOPIG
			TABELLEN : 2		☐ CONCEPT
			FIGUREN : 9		☒ DEFINITIEF
			APPENDICES : -		
			PROJECTNUMMER: Z2274		

Inhoud

1 Inleiding	1
2 Operationalisering.....	2
2.1 Schematisatie	2
2.2 Belastingen.....	3
2.3 Randvoorwaarden.....	3
2.4 Modelsturing.....	4
2.5 Modelparameters.....	5
3 Resultaten.....	7
4 Discussie.....	9
5 Conclusies en aanbevelingen	10
6 Referenties.....	11
7 Figuren	12

I Inleiding

In het kader van het project ESTUARIUM*BOS is in opdracht van RIKZ door WL in samenwerking met de BEON instituten RIKZ, NIOZ, IBN-DLO en NIOO-CEMO een pilot van een generiek ecologische stofstroommodel voor estuaria ontwikkeld (pilot GEM) (WL, 1997). In fase 3 van het project is het model geïmplementeerd en geoperationaliseerd voor de Westerschelde. Teneinde de genericiteit van het ecologisch stofstroommodel te kunnen beoordelen is het belangrijk dat het model voor meerdere watersystemen wordt toegepast. Bovendien is in het kader van het project INGE behoefte aan informatie over de ecologische stofstromen van de westelijke Waddenzee. RIKZ heeft WL daarom opdracht gegeven de pilot versie van het generieke ecologische stofstroommodel voor de westelijke Waddenzee te operationaliseren en op basis van een eerste schatting van de modelparameters de modelperformance te evalueren. Dit rapport doet hiervan verslag.

2 Operationalisering

Het pilot GEM is opgebouwd uit modules waarbij een aantal (alternatieve) modules dezelfde functionaliteit verzorgen: er zijn twee modules die de dynamica van het fytoplankton beschrijven en er zijn drie modules die de interactie tussen de waterkolom en het sediment beschrijven. Deze toepassing van het pilot GEM betreft de toepassing van de Monod type fytoplanktonmodule in combinatie met de sedimentmodule "eenvoudige bodem". De microfytobenthosmodule is niet gebruikt.

In het pilot GEM zijn primaire consumenten (zoöplankton en benthic filterfeeders) opgenomen als "forcing function". Met andere woorden de optredende biomassaniveaus moeten aan het model worden opgegeven. In deze toepassing is de biomassa van de grazers op nul gesteld.

De berekening van het stoftransport vindt plaats op basis van de schematisatie van het model ECOWASP (Brinkman, A.G., 1993). De ECOWASP invoer met betrekking tot schematisatie en stoftransport is omgezet naar een DELWAQ invoerfile. Deze DELWAQ invoerfile is verder uitgebreid met gegevens met betrekking tot de nutriëntbelasting vanuit het IJsselmeer, de Noordzee randvoorwaarden en de modelsturing. Hier wordt navolgend verder op ingegaan.

2.1 Schematisatie

Figuur 7.1 geeft de ECOWASP schematisatie van de westelijke Waddenzee. Onder elk watercompartiment bevindt zich een bodemcompartiment. De schematisatie kent twee open randen: Marsdiep en Vliestroom. Tabel 2.1 geeft de oppervlaktes, dieptes en volumina van de compartimenten. Tabel 2.2 geeft de transporten tussen de compartimenten. De advectieve transporttermen staan voor de reststroming door het systeem. De dispersieve transporttermen staan voor de menging ten gevolge van het in- en uitgaande getij. Dit transport treedt op in beide richtingen.

Compartiment	Oppervlakte (m ²)	Diepte (m)	Volume (m ³)
1	1.63E+08	6.0	1.28E+09
2	2.22E+08	3.0	4.51E+08
3	2.12E+08	4.2	7.29E+08
4	2.48E+08	3.4	7.32E+08
5	2.58E+08	4.9	4.92E+08
6	2.59E+08	3.6	4.08E+08

Tabel 2.1 Dimensies ECOWASP schematisatie.

<i>Uitwisseling</i>	<i>Van compartiment</i>	<i>Naar compartiment</i>	<i>Advectief transport (m3/s)</i>	<i>Dispersief transport (m3/s)</i>
1	1	2	405	4483
2	1	3	410	3232
3	2	3	405	570
4	3	4	815	831
5	4	5	981	644
6	5	6	166	1466
7	6	4	166	1216
8	-1	1	815	3144
9	-2	5	-815	4011

Tabel 2.2 Transporten ECOWASP schematisatie.

2.2 Belastingen

Regelmatig worden door de spuisluizen ter hoogte van Kornwerderzand en Den Oever grote hoeveelheden zoet water op de westelijke Waddenzee geloosd. Dit heeft tot gevolg dat er een grote aanvoer van nutriënten vanuit het IJsselmeer plaatsvindt. Deze aanvoer is geschat in het kader van het RIKZ project INPUT (Wulffraat, K.J., et al. 1993). Op basis van deze gegevens is voor de periode 1987 t/m 1993 de meerjarig decadegemiddelde nutriëntbelasting berekend en ingevoerd in het model. Kleinere belastingen zoals effluentlozingen van RWZI's en polderlozingen zijn verwaarloosd. In Figuur 7.2 worden de decadegemiddelde spuidebieten gegeven. In Figuur 7.3 en Figuur 7.4 wordt voor de beide spuisluizen het verloop van de nutriëntbelasting in de tijd gegeven. Deze belasting staat op de compartimenten 2 (Den Oever) en 4 (Kornwerderzand).

2.3 Randvoorwaarden

Met het in- en uitgaande getij wordt door de zeegaten Marsdiep en Vliestroom grote hoeveelheden nutriënten vanuit de Noordzee aangevoerd. Deze aanvoer is geschat op basis van berekeningen met het MANSeutro kuststrookmodel (WL, 1996b).

2.4 Modelsturing

Zwevend stof

Het verloop van de zwevend stof concentratie is geschat op basis van WORSRO/DONAR metingen in de westelijke Waddenzee (zie verder hoofdstuk 3).

Instraling

De instraling van licht aan het oppervlak van de waterkolom is op uurbasis berekend op basis van navolgende vergelijkingen (WL, 1997). In de vergelijkingen is een lichtuur gedefinieerd als een uur waarin de instraling gemiddeld groter is dan $1 \mu\text{E}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$. De daglengte is gedefinieerd als het aantal lichturen per dag. Deze wordt berekend als:

$$dl = 13.22 + 4.25 \sin(2\pi / 365 - 1.396) \quad (1)$$

Waarbij:

$$\begin{array}{lll} dl & : & \text{daglengte} & [\text{hr}] \\ t & : & \text{tijd} & [\text{dag}] \end{array}$$

De gemiddelde instralingsflux tijdens de lichturen wordt berekend als:

$$I_{\text{avg}} = 405.0657 + 267.3135 \sin(2\pi / 365 - 1.396) \quad (2)$$

Waarbij:

$$I_{\text{avg}} : \text{gemiddelde instralingsflux tijdens de lichturen} \quad [\mu\text{E}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}]$$

Vervolgens wordt de uurgemiddelde instraling berekend volgens:

$$I_{\text{hr}} = I_{\text{avg}} (0.405 \sin(\pi t') + 1.493 \sin^2(\pi t')) \quad (3)$$

Waarbij:

$$I_{\text{hr}} : \text{uurgemiddelde instralingsflux} \quad [\mu\text{E}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}]$$

en

$$t' = \frac{t - t_m}{dl} \quad (4)$$

Waarbij:

$$\begin{array}{lll} t & : & \text{tijd} & [\text{hr}] \\ t_m & : & \text{tijdstip eerste lichtuur} & [\text{hr}] \end{array}$$

Temperatuur

Op basis van WORSRO/DONAR metingen voor de Noorzee is een meerjarig maandgemiddelde watertemperatuur berekend. Deze temperaturen zijn voor de westelijke Waddenzee overgenomen (zie verder hoofdstuk 3).

2.5 Modelparameters

Tabel 2.3 geeft de parameters van de Monod type fytoplanktonmodule, geeft de voor het model gehanteerde waarden. Er is gerekend met twee algengroepen: diatomeeën en niet diatomeeën. Voor de beide groepen zijn dezelfde parameters gehanteerd. De groei van diatomeeën is gelimiteerd bij verminderde beschikbaarheid van opgelost silicium.

<i>Parameter</i>	<i>Omschrijving</i>	<i>Eenheid</i>
Iopt	optimum light intensity at which $P = P_{m_{algi}}$	$[W \cdot m^{-2}]$
schl	initial slope of production function	$[gC \cdot gChl \cdot m^{-2} \cdot hr^{-1} \cdot W^{-1}]$
Pm10	maximal gross production rate at 10 degrees Celsius	$[d^{-1}]$
Kni	nitrate based limitation	$[g \cdot m^{-3}]$
Kam	ammonium based limitation	$[g \cdot m^{-3}]$
Kpho	phosphorus based limitation	$[g \cdot m^{-3}]$
Ksi	silicate based limitation	$[g \cdot m^{-3}]$
am,chl	minimum carbon chlorophyll ratio	$[C \cdot Chl^{-1}]$
b,chl	scaling exponent for growth limitation effect carbon chlorophyll ratio	$[-]$
ktgp	temperature effect gross production	$[-]$
rmt10	maintenance respiration rate	$[d^{-1}]$
rpr	growth respiration fraction	$[-]$
rt	temperature coefficient for respiration	$[-]$
bexc	maximum excretion fraction	$[-]$
mtmp10	temperature driven mortality rate at 10 degrees celsius	$[d^{-1}]$
mtmp	temperature coefficient for mortality	$[-]$

Tabel 2.3 Parameters Monod type fytoplanktonmodule.

<i>Parameter</i>	<i>Min.</i>	<i>Max.</i>	<i>Waarde</i>	<i>Eenheid</i>	<i>Bron</i>
Iopt	100	120	110	$[W \cdot m^{-2}]$	Scholten en van der Tol, 1994
schl	0.05	0.60	0.23	$[gC \cdot gChl \cdot m^{-2} \cdot hr^{-1} \cdot W^{-1}]$	Scholten en van der Tol, 1994
Pm10	1.75	10	8.0	$[d^{-1}]$	MESOCOSM
Kni	0.1	0.2	0.15	$[g \cdot m^{-3}]$	MESOCOSM
Kam	0.001	0.01	0.005	$[g \cdot m^{-3}]$	MESOCOSM
Kpho	0.001	0.01	0.005	$[g \cdot m^{-3}]$	MESOCOSM
Ksi	0.005	0.1	0.05	$[g \cdot m^{-3}]$	MESOCOSM
am,chl	7.5	25	25	$[C \cdot Chl^{-1}]$	MESOCOSM
b,chl	0.4	1	1		Scholten en van der Tol, 1994
ktgp	1.05	1.09	1.07	$[-]$	Scholten en van der Tol, 1994
rmt10	0.03	0.05	0.04	$[d^{-1}]$	MESOCOSM
rpr	0.2	0.45	0.3	$[-]$	MESOCOSM
rt	1.07	1.12	1.07	$[-]$	WL, 1995c
bexc	0.2	0.55	0.3	$[-]$	MESOCOSM
mtmp10			0.1	$[d^{-1}]$	WL, 1995c
mtmp	1.07	1.12	1.07	$[-]$	WL, 1995c

Tabel 2.4 Parameterwaarden Monod type fytoplanktonmodule.

3 Resultaten

De resultaten worden vergeleken met meetgegevens voor twee locaties: Doove Balg West, (Figuur 7.1, WZ110) en Blauwe Slenk Oost (Figuur 7.1, WZ230). Van de metingen uit de periode 1987 t/m 1993 is het gemiddelde, de mediaan en de 12.5 en 87.5 percentiele waarde berekend. Locatie Doove Balg West wordt vergeleken met het gemiddelde van de modelresultaten voor de compartimenten 1, 2 en 3 en locatie Blauwe Slenk Oost wordt vergeleken met het gemiddelde van de modelresultaten voor de compartimenten 4, 5 en 6.

Zwevend stof en temperatuur (Figuur 7.5 en Figuur 7.6)

Zwevend stof en temperatuur zijn "forcing functions". Voor zwevend stof wordt het gemiddelde verloop middels sinus functies goed beschreven. Aan het eind van het jaar wordt de zwevend stof concentratie voor de locatie Blauwe Slenk Oost overschat. De temperatuur wordt gedurende de zomer enigzins onderschat en aan het eind van het jaar enigzins overschat.

Nutrienten Doove Balg West (Figuur 7.7)

Nitraat bereikt in februari een maximum van 1.5 mg/l. Vervolgens daalt de concentratie totdat nitraat is uitgeput in juni. Van juni van t/m september blijft nitraat uitgeput. Na september zet een stijging in naar het winterniveau van februari. Amonium heeft een maximum in de maanden oktober en november van 0.2 mg/l. Vervolgens daalt de concentratie naar een minimum in april van 0.02 mg/l. Gedurende de zomer neemt de concentratie iets toe naar 0.05 mg/l. Vanaf augustus stijgt de concentratie naar het najaarsmaximum.

Ortho-fosfaat bereikt een maximum van 0.06 mg/l in januari/februari. Vervolgens daalt de concentratie naar een minimum in mei van 0.01 mg/l. Vanaf mei stijgt de concentratie naar een niveau van 0.04 mg/l rond augustus. Dit niveau blijft gehandhaafd gedurende rest van het jaar.

Opgelost silicium kent een maximum van 1 mg/l in de maand februari. Vervolgens daalt de concentratie naar een minimum van 0.05 mg/l in april. T/m augustus blijven de concentraties ongeveer op dit niveau. Vervolgens stijgen de concentraties vanaf september naar het maximum van februari.

Het verloop van de nitraatconcentratie wordt door het model goed gereproduceerd. Het berekende winterniveau van orthofosfaat is te hoog terwijl de berekende zomerniveau's veel te laag zijn: het model berekent een langdurige uitputting. Het jaargemiddelde niveau van ammonium wordt door het model goed beschreven. Echter de afname in de loop van het voorjaar en de toename aan het eind van het jaar wordt in het geheel niet gereproduceerd. De berekende winterconcentratie van silicium is iets aan de hoge kant. Het berekende niveau gedurende het voorjaar en de zomer is te hoog.

Nutrienten Blauwe Slenk Oost (Figuur 7.8)

Nitraat bereikt in februari een maximum van 1.4 mg/l. Vervolgens daalt de concentratie gevolgd door uitputting van juni t/m september waarna de concentratie weer begint te stijgen. Amonium heeft een maximum concentratie in november van 0.2 mg/l. Vervolgens daalt de concentratie naar minimum waarden van 0.05 mg/l gedurende de zomer.

Orthofosfaat bereikt een maximum van 0.05 mg/l in januari. Vervolgens daalt de concentratie naar een minimum in april van 0.015 mg/l. Vanaf april stijgen de concentraties naar een maximum niveau van 0.04 mg/l tijdens juli, augustus en september. Vervolgens daalt de concentratie enigszins waarna een stijging naar het wintermaximum inzet.

Opgelost silicium kent een maximum van 1 mg/l gedurende de maanden januari en februari. Vervolgens daalt de concentratie naar een minimum van 0.1 mg/l in april. T/m augustus blijven de concentratie ongeveer op dit niveau. Vervolgens stijgt de concentratie vanaf september naar het winterniveau.

Het model berekent voor nitraat een te hoog winterniveau. Tevens is gedurende het voorjaar en de zomer de berekende concentratie te hoog. Voor de nutrienten ortho-fosfaat, ammonium en silicium worden in grote lijnen dezelfde afwijkingen gevonden als voor station Doove Balg West.

Chlorofyl Doove Balg West (Figuur 7.9)

Chlorofyl kent een winterconcentratie van 3 ug/l. In de loop van het voorjaar neemt de concentratie toe naar een niveau van 25 ug/l in mei. Gedurende de zomer en het najaar daalt de chlorofyl concentratie naar het winterniveau. De variabiliteit is groot. De overeenkomst tussen model en metingen laat nog veel te wensen over.

Chlorofyl Blauwe Slenk Oost (Figuur 7.9)

Chlorofyl kent een winterconcentratie van 3 ug/l. Het zomerniveau is ca. 20 ug/l. De door het model berekende concentraties zijn te laag.

4 Discussie

De winterconcentraties van de nutriënten worden vooral bepaald door de uitwisseling met de Noordzee als gevolg van het in- en uitgaande getij en de aanvoer vanuit het IJsselmeer. Voor ortho-fosfaat wordt deze aanvoer overschat. Voor nitraat ligt het iets genuanceerder: in het westelijk deel worden de winterconcentraties goed gereproduceerd, voor het oostelijk deel wordt de aanvoer overschat. Alhoewel in mindere mate geldt dit eveneens voor opgelost silicium. Deze afwijkingen kunnen waarschijnlijk eenvoudig worden gecompenseerd door de Noordzee randvoorwaarden bij te stellen.

Gedurende de zomermaanden is stikstof de belangrijkste groeibeperkende factor voor het fytoplankton. Fosfaat is daarentegen nooit groeibeperkend. Vanaf april is de groei van diatomeeën beperkt door een gebrek aan silicium. In het voorjaar bereikt ortho-fosfaat in samenhang met de opkomst van de voorjaarsbloei een minimum. Hierna neemt gedurende de zomer de concentratie van het ortho-fosfaat gestaag toe als gevolg van de regeneratie van organische stof in het sediment. Deze regeneratie gaat door tot ver in het najaar: in deze periode neemt eveneens de concentratie van ammonium sterk toe.

In tegenstelling tot bovenstaande waarnemingen berekent het model gedurende de zomer een langdurige uitputting van ortho-fosfaat. Pas aan het eind van de zomer wordt nitraatlimitatie berekend. De dynamiek in de metingen van ammonium wordt niet gereproduceerd. Verder komen de berekende chlorofylniveaus slecht overeen met de metingen. Deze afwijkingen kunnen voor een deel worden gecompenseerd door de afregeling van het model te verbeteren¹. Echter een verdere uitbreiding en detaillering van de kinetiek is noodzakelijk om de modelperformance verder te verbeteren.

De bodem-water uitwisseling is op sterk vereenvoudigde wijze gemodelleerd en uit de resultaten blijkt dat de teruglevering van nutriënten vanuit de bodem niet afdoende wordt beschreven. Het pilot GEM kent alternatieve modules voor de bodem-water uitwisseling die een realistischer beschrijving van de terugleveringfluxen geven.

De primaire productie van microfytobenthos en graas door zooplankton en benthische filterfeeders spelen een belangrijke rol in het Waddenzee-ecosysteem. Deze processen zijn, alhoewel onderdeel van GEM, in de huidige toepassing niet meegenomen. Door deze processen aan het model toe te voegen kan een verdere verbetering van de performance van het model worden gerealiseerd.

¹ Deze studie beoogde slechts de operationalisatie van het model en een verkenning van de modelperformance op basis van een eerste schatting van de modelparameters. In fase 4 van de ontwikkeling van het GEM zal een verdere afregeling plaatsvinden.

5 Conclusies en aanbevelingen

Deze studie had als doel het pilot GEM voor de westelijke Waddenzee te operationaliseren en op basis van een eerste schatting van de modelparameters de performance van het model te evalueren. In die opzet is de studie geslaagd. De volgende conclusies en aanbevelingen kunnen worden gemaakt.

- De modelperformance laat nog te wensen over en een nadere afregeling verdient aanbeveling.
- De module “eenvoudige bodem” moet worden vervangen door één van de alternatieve bodemmodules.
- Er wordt aanbevolen het model verder uit te breiden met (bestaande) modules voor primaire produktie van microfytobenthos en graas door zooplankton en benthische filterfeeders (als forcing function).
- De forcing van temperatuur en zwevend stof en de randvoorwaarden voor nutriënten moeten enigszins worden bijgesteld.

6 Referenties

Brinkman, A.G., 1993

Biological processes in the ECOWASP ecosystem model.

IBN Research report 93/6.

Klepper, O., Tol, W.M. van der, Scholten, H. and Herman, P.M.J., 1994

SMOES: a simulation model for the Oosterschelde ecosystem Part 1: Description and uncertainty analysis.

Hydrobiologia, 282/283: 437-451.

Scholten, H., Tol, W.M. van der, 1994

SMOES: a simulation model for the Oosterschelde ecosystem Part 2: Calibration and validation.

Hydrobiologia, 282/283: 453-474.

WL, 1995a

Verfijning schematisatie kuststrook in MANS modellen

WL rapport T1222.

WL, 1995b

KSENOS, Aanpassing en uitbreiding van het modelinstrumentarium MANS voor toxische stoffen en eutrofiëring in de Noordzee en de Nederlandse kustwateren.

WL rapport, T1236.

WL, 1995c

DELWAQ technical reference of the process library (version 4.2).

WL rapport, november 1995.

WL, 1996a

Meetstrategie 2000+

WL rapport Z2066.

WL, 1996b

Pilot toepassing vernieuwde MANSeutro.

WL rapport T1629

WL, 1997

GEM, a generic Ecological Model for Estuaries (pilot version 1.00).

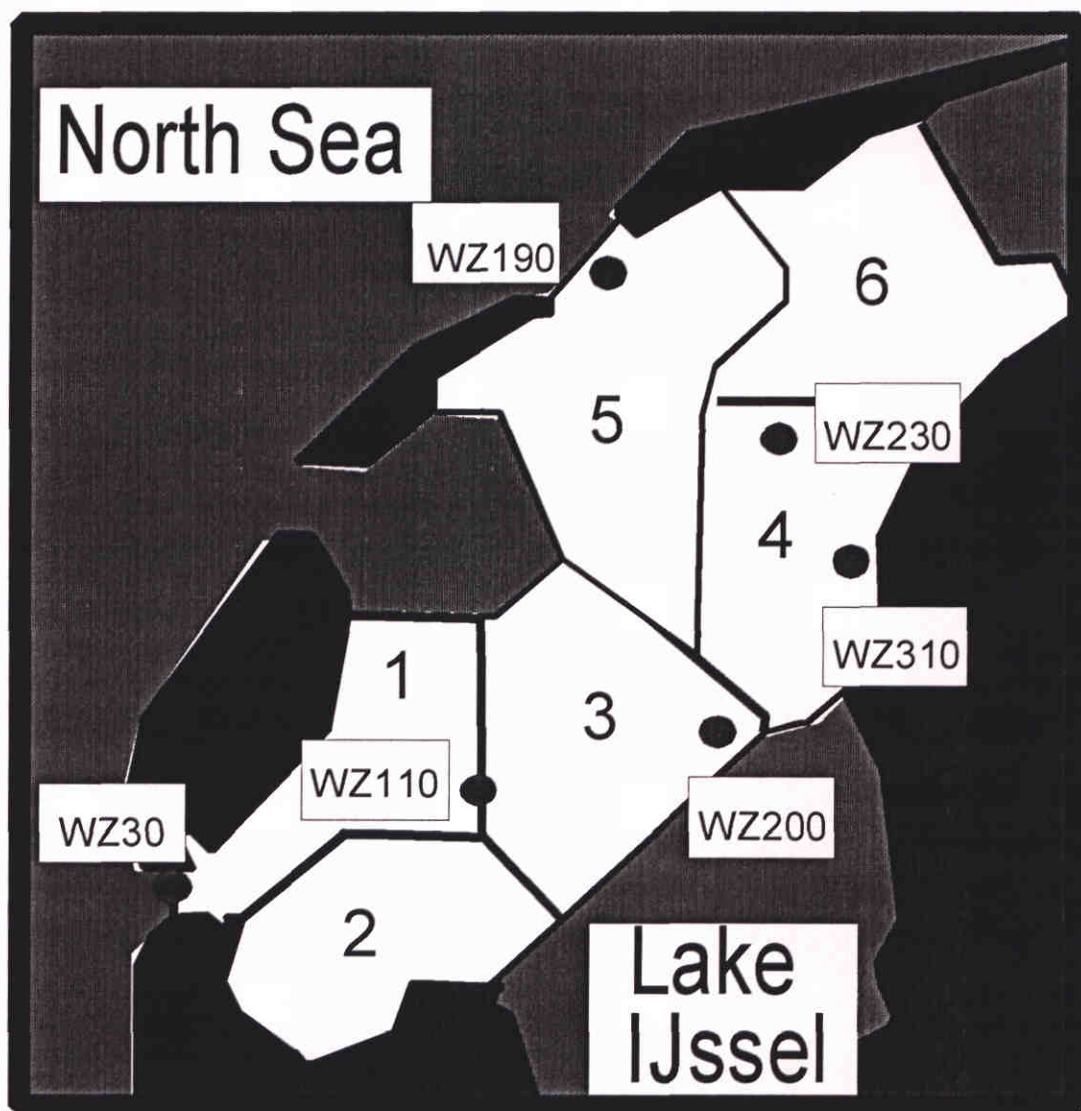
WL rapport T2087

Wulffraat, K.J., et al. 1993

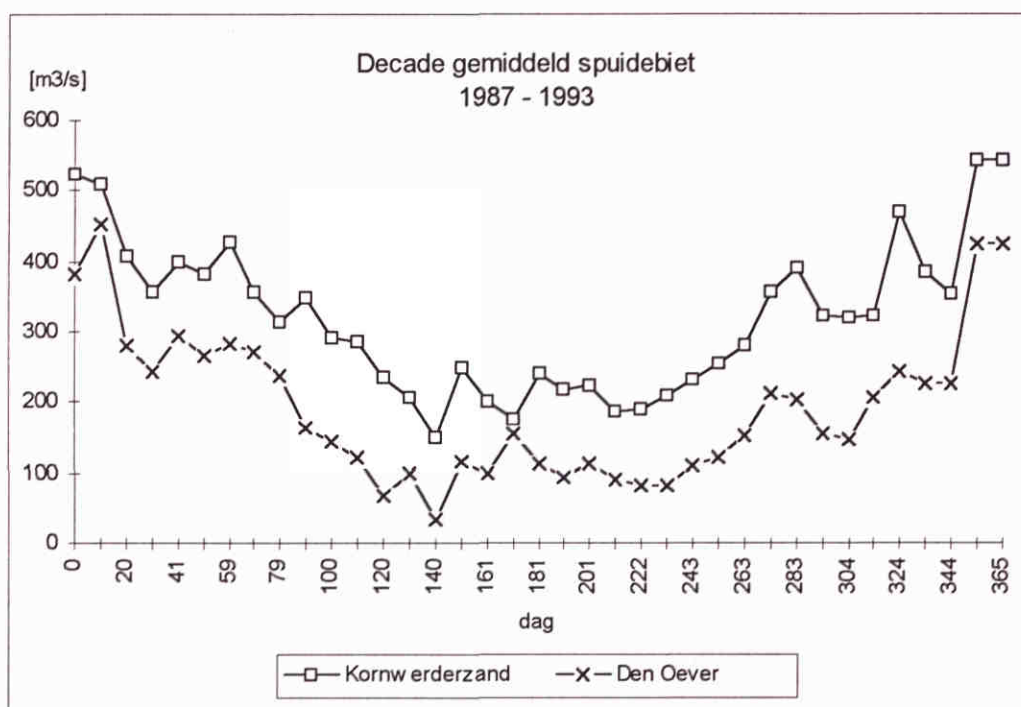
De belasting van de Noordzee met verontreinigende stoffen 1980-1990.

RIKZ rapport, DGW-93.037.

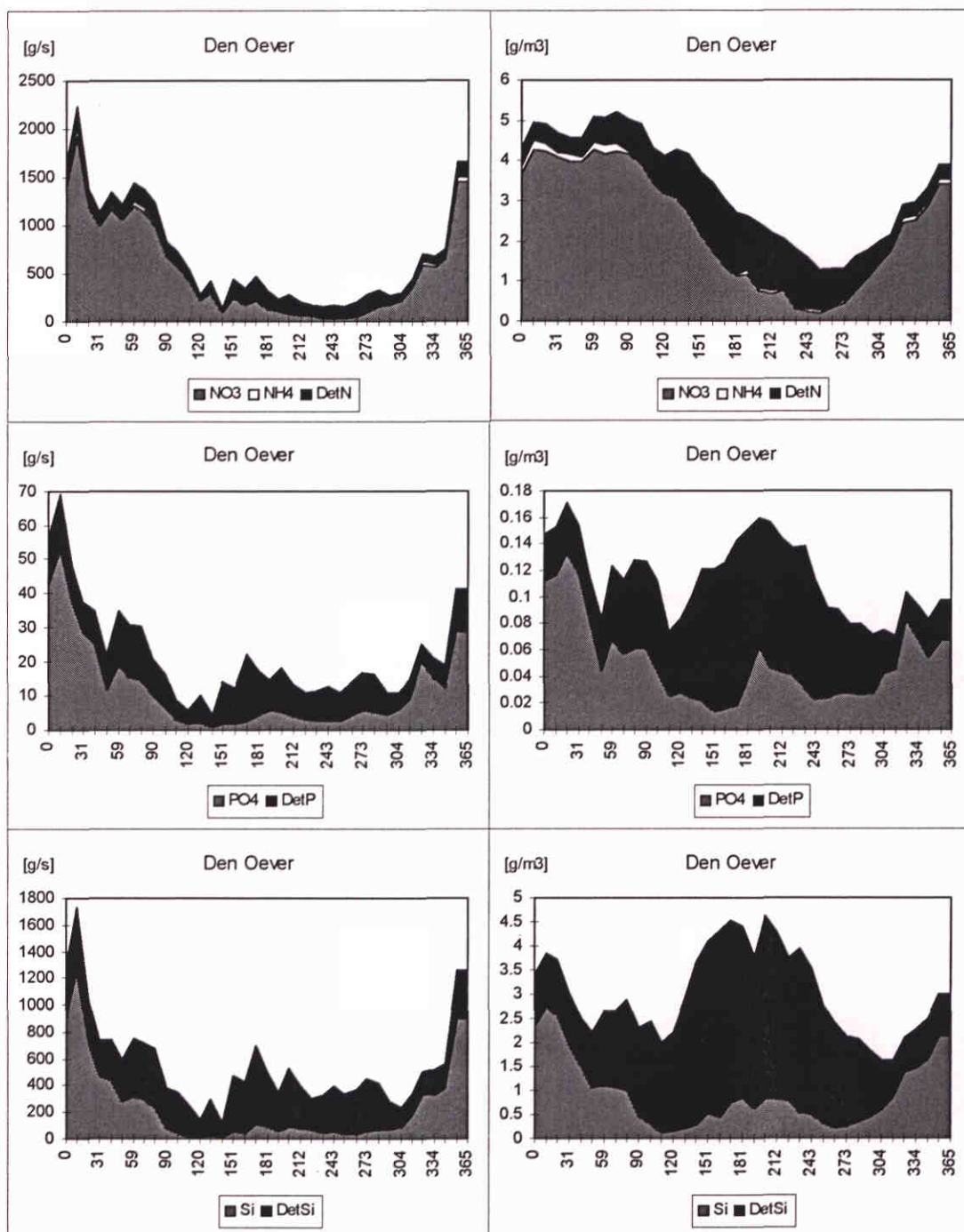
7 Figuren



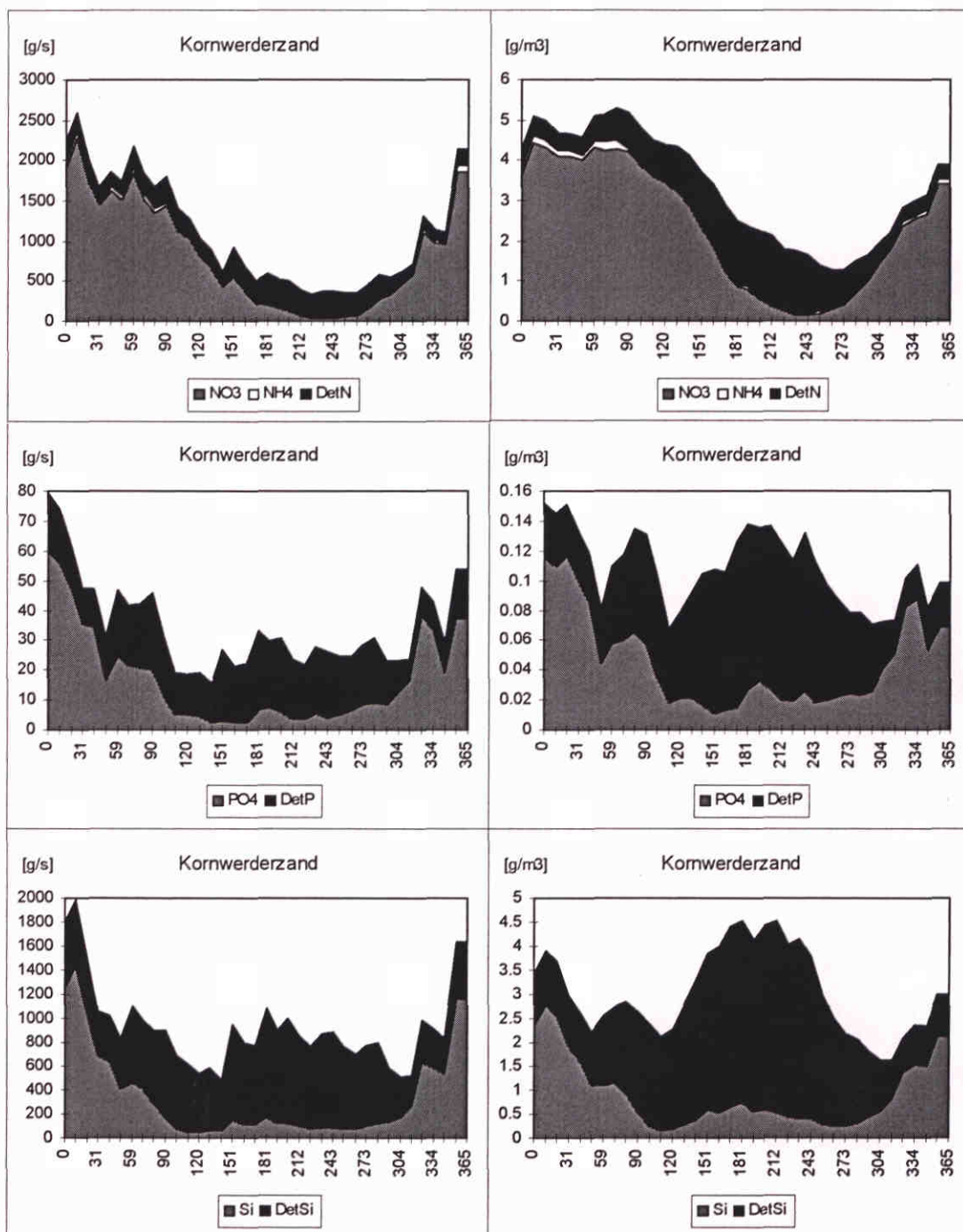
Figuur 7.1 ECOWASP schematisatie westelijke Waddenzee.



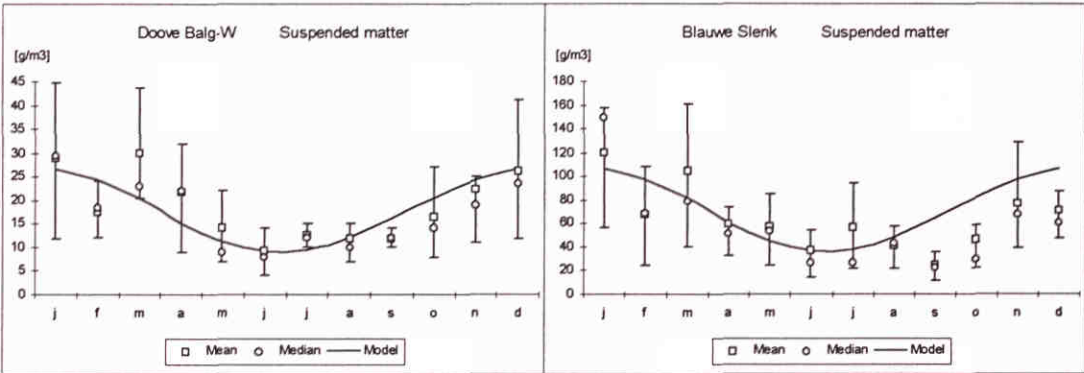
Figuur 7.2 Decadegemiddeld spuidebiet spuisluizen Den Oever en Kornwerderzand over de periode 1987-1993



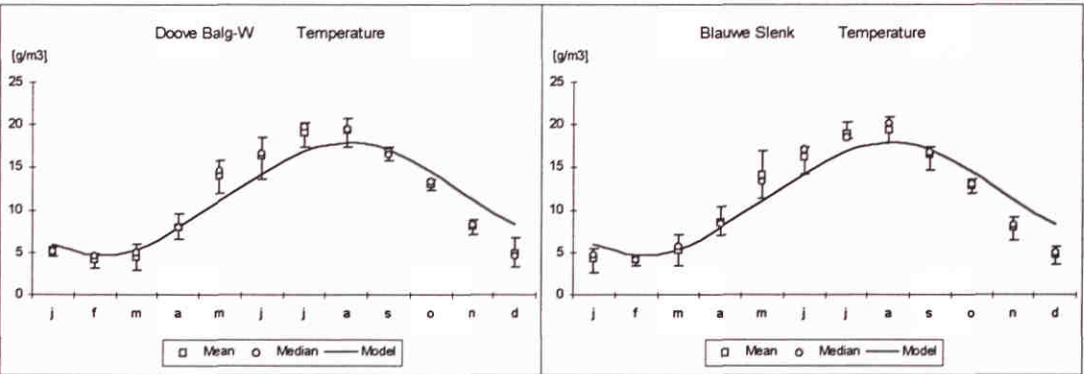
Figuur 7.3 Aanvoer van nutriënten via de spuisluizen van Den Oever.



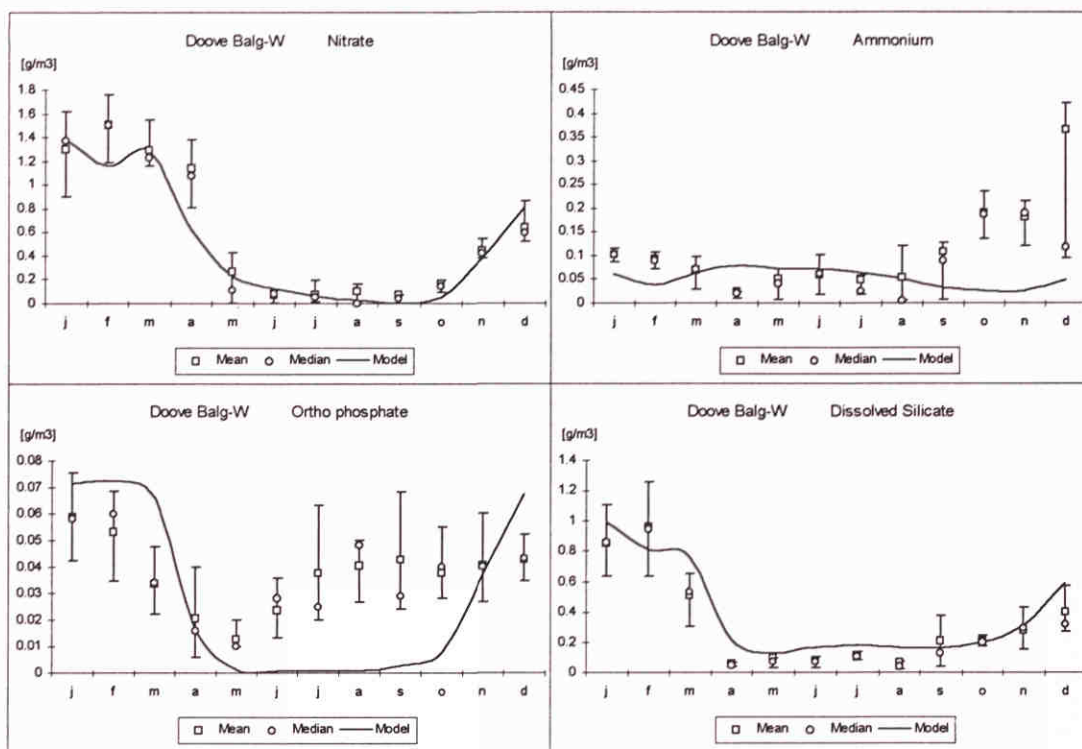
Figuur 7.4 Aanvoer van nutriënten via de spuisluizen van Kornwerderzand.



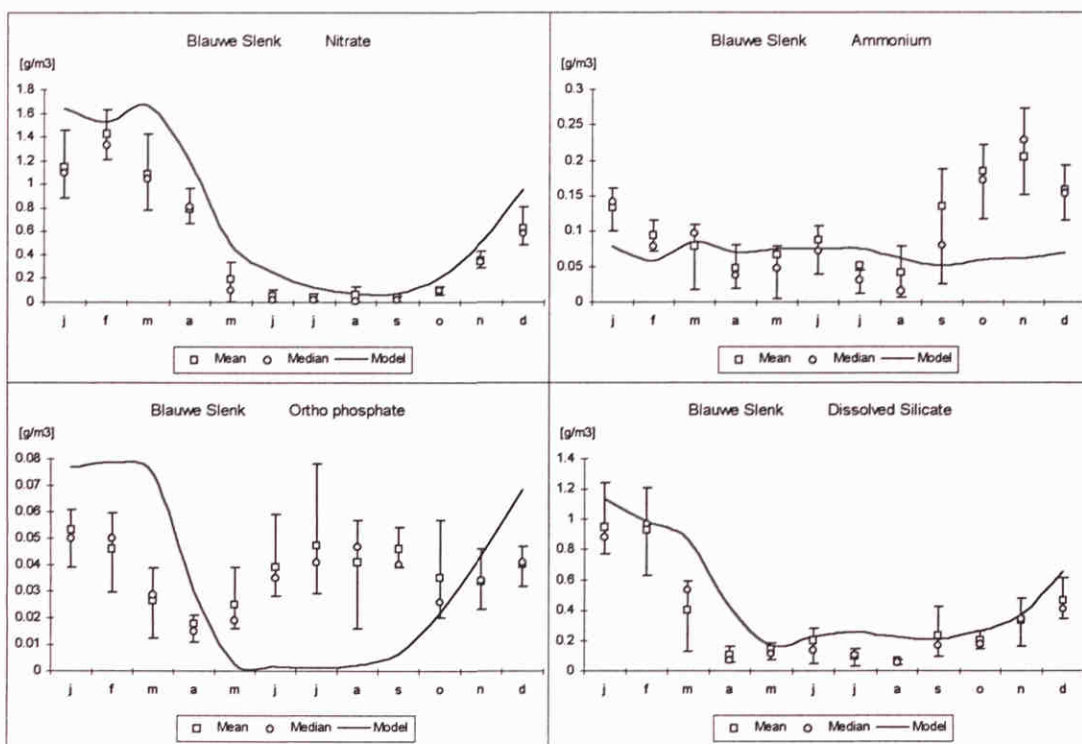
Figuur 7.5 Gemeten en in het model ingevoerde concentraties zwevend stof.



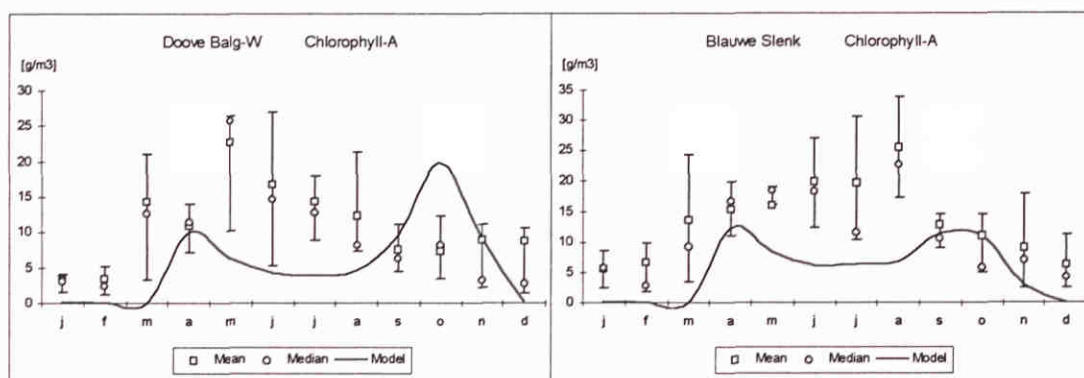
Figuur 7.6 Gemeten en in het model ingevoerde watertemperatuur.



Figuur 7.7 Berekende en gemeten nutriëntconcentraties Doove Balg West.
(modelresultaten gemiddelde van de compartimenten 1, 2 en 3).



Figuur 7.8 Berekende en gemeten nutriëntconcentraties Blauwe Slenk Oost.
(modelresultaten gemiddelde van de compartimenten 4, 5 en 6).



Figuur 7.9 - Berekende en gemeten chlorofylconcentraties Doove Balg-west en Blauwe Slenk.
 Modelresultaten Doove Balg West: gemiddelde van compartimenten 1,2 en 3
 Modelresultaten Blauwe Slenk: gemiddelde van de compartimenten 4, 5 en 6



Rotterdamseweg 185
p.o. box 177
2600 MH Delft
The Netherlands
telephone +31 15 285 85 85
telefax +31 15 285 85 82
telex 38176 hydel-nl
e-mail info@wldelft.nl
internet www.wldelft.nl

