

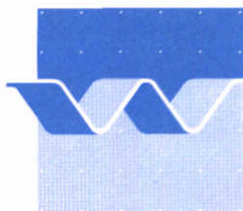
Opdrachtgever  
Rijkswaterstaat  
RIZA

• Vervolganalyse van de zoöplankton-  
fytoplankton interacties gedurende  
1989-1993 in het Wolderwijd  
met BLOOM II

rapport  
juni 1997

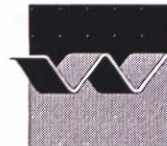
Vervolganalyse van de zoöplankton-  
fytoplankton interacties gedurende  
1989-1993 in het Wolderwijd  
met BLOOM II




F.J. Los  
B.F. Michielsen



**waterloopkundig laboratorium | WL**





KLANT : Rijkswaterstaat RIZA Lelystad					
TITEL : Vervolganalyse van de Zoöplankton-fytoplankton interacties gedurende 1989-1993 in het Wolderwijd met BLOOM II					
SAMENVATTING : Analyse van berekeningsresultaten Aanpassing invoer en herberekening Zoöplanktongraas Wolderwijd Muldernauw 1989-1993.					
REFERENTIES : RWM21678/96					
REV	AUTEUR	DATUM	OPMERKINGEN	REVIEW	GOEDKEURING
2	B.F. Michielsen 	16-06-97		F.J. Los 	P.C.G. Glas <i>b.o.</i> 
TREFWOORD(EN)			INHOUD		STATUS
Zoöplankton			TEKST :		<input type="checkbox"/> VOORLOPIG
Graas			TABELLEN :		<input type="checkbox"/> CONCEPT
Fytoplankton			FIGUREN :		<input checked="" type="checkbox"/> DEFINITIEF
			APPENDICES :		
			PROJECTNUMMER: T2071		

# Inhoud

<b>1</b>	<b>Inleiding .....</b>	<b>1-1</b>
<b>2</b>	<b>Doelstelling .....</b>	<b>2-1</b>
<b>3</b>	<b>Aanpak .....</b>	<b>3-1</b>
<b>4</b>	<b>Analyse Resultaten Geertsma (1996) .....</b>	<b>4-1</b>
4.1	Omslag van blauwwieren naar groenwieren.....	4-1
4.2	Wat is de beschikbaarheid van nutriënten? .....	4-1
4.3	Graasdruk.....	4-2
4.4	Zoöplankton als nutriënt-verwijder-pomp in het Wolderwijd?.....	4-2
<b>5</b>	<b>Aanpassingen van het model en de invoer.....</b>	<b>5-1</b>
<b>6</b>	<b>Resultaten .....</b>	<b>6-1</b>
6.1	Aanpassing van de sterfteconstraints.....	6-1
6.2	Aanpassing van de tijdstapgrootte .....	6-1
6.3	Aangepaste beschikbaarheid nutriënten .....	6-2
6.4	Variatie graasdruk.....	6-4
6.5	Verlaging preferentie voor blauwwieren .....	6-4
<b>7</b>	<b>Discussie en conclusies.....</b>	<b>7-1</b>
<b>8</b>	<b>Aanbevelingen .....</b>	<b>8-1</b>
<b>9</b>	<b>Referenties .....</b>	<b>9-1</b>



# I Inleiding

Dit rapport is een vervolg op het rapport "Onderzoek naar de relatie tussen fytoplankton en zoöplankton met behulp van het model BLOOM II" (Geertsma, 1996). In genoemd rapport is met meerjarige waterkwaliteitsmetingen van het Wolderwijd een modeltoepassing van BLOOM II uitgevoerd. Het doel van dat rapport was het bestuderen van de relatie tussen fytoplankton en zoöplankton.

De aan deze doelstelling onderliggende aanname is dat zoöplanktongraas van groot belang kan zijn voor de concentratie van fytoplankton. Het principe van actief biologisch beheer (Meijer en Hosper, 1995) is deels hierop gebaseerd.

Tijdens de toepassing zijn enige vragen gerezen over de invoer en de resultaten van het model. Het Waterloopkundig Laboratorium heeft van RIZA de opdracht gekregen om op deze vragen het antwoord te vinden. Het project is uitgevoerd door Hans Los (projectleider) en Bruce Michiels. Dit rapport verwijst op verscheidene plaatsen naar het rapport van Geertsma (1996).

## 2 Doelstelling

Het doel van dit rapport is om antwoorden op de volgende vragen te krijgen:

- 1 Wat is de verklaring van de vaak door het model berekende omslag van blauwwieren naar groenwieren die niet in de metingen is terug te zien? Hoe kan dit worden gecorrigeerd?
- 2 Hoe is het gesteld met de beschikbaarheid van nutriënten in de onderhavige toepassing?
- 3 Werkt het model goed bij hoge graasdruk?
- 4 In hoeverre werkt zoöplankton als nutriëntpomp en is dit in het model opgenomen?
- 5 Welke waarde heeft het huidige instrument BLOOM II met graasmodule in het beantwoorden van vragen die handelen over de rol van zoöplankton in aquatische systemen?

### **3 Aanpak**

Om de in de doelstelling genoemde vragen te beantwoorden zullen zowel de beschikbare metingen als de resultaten van Geertsma (1996) worden geanalyseerd.

De berekeningen zijn op basis van de bevindingen herhaald.

De resultaten en conclusies worden gerapporteerd in de volgende hoofdstukken.



## 4 Analyse Resultaten Geertsma (1996)

### 4.1 Omslag van blauwwieren naar groenwieren

In de berekeningen uitgevoerd door Geertsma (1996) kwam de berekende soortensamenstelling niet goed overeen met de gemeten soortensamenstelling. Het model berekende vaak in de zomer een omslag van blauwwieren naar groenwieren. De berekeningen zijn uitgevoerd voor de periode 1989-1993. In figuur 1a is het gemeten verloop van de blauwwierenbiomassa weergegeven voor de jaren 1989 - 1992, omdat er voor 1993 geen soortensamenstellingsgegevens voorhanden zijn. In figuur 1b en 1c is hetzelfde gedaan voor de groenwieren respectievelijk diatomeeën. De eenheid waarin de algen zijn uitgedrukt is tot stand gekomen door tellingen om te rekenen naar biovolume en deze vervolgens te delen door een vaste waarde (20).

Uit de metingen in deze figuren kan worden afgeleid dat er in 1989-1990 tussen dag 100 en dag 275 veel blauwwieren aanwezig zijn. In 1991 en 1992 zijn er in deze periode beduidend minder blauwwieren aanwezig. Het omgekeerde geldt voor groenwieren.

Wanneer we de resultaten van de eerste modeltoepassing bekijken dan zien we bijvoorbeeld in 1989 even voor dag 150 dat de genoemde omslag optreedt (Geertsma, 1996). Volgens de berekeningen is er sprake van met name fosfaatlimitatie (figuur 2a). Het P- type van groenwieren vervangt hierbij het P-type van *Oscillatoria* (niet getoond). Op basis van de opgelegde beschikbare nutriëntconcentraties en de stoichiometrie van de typen in BLOOM is dit ook te verwachten. Onder de aanname dat de stoichiometrie van de algentypen in het model correct is moet de verklaring voor deze discrepantie tussen metingen en berekeningen dus gezocht worden in de forcing. De jaren 1991 en 1992 lijken in de metingen op elkaar wat betreft de soortensamenstelling. De dominantie van blauwwieren verdwijnt met name na dag 150 door de opkomst van groenwieren. Opvallend hierbij is dat er in deze jaren meer opgelost stikstof aanwezig is tussen dag 125 en dag 175 (figuur 1h) maar niet meer orthofosfaat (figuur 1f). In de volgende paragraaf gaan we hier op in.

### 4.2 Wat is de beschikbaarheid van nutriënten?

BLOOM als zelfstandig model werkt met opgelegde concentraties van beschikbare nutriënten. Deze worden uit de metingen afgeleid volgens semi-empirische rekenregels. Uit studies naar diverse zoetwatersystemen in Nederland is gebleken dat de hoeveelheid refractair organisch stikstof in de orde van  $1 \text{ gN/m}^3$  of meer ligt (Los, 1991). Voor fosfaat geldt dat vrijwel al het gemeten totaal fosfaat beschikbaar is. Soms is een waarde van  $0.03 \text{ gP/m}^3$  als niet beschikbaar beschouwd (Los, 1991).

In de toepassing van BLOOM door Geertsma (1996) is een kleinere hoeveelheid van slechts  $0.66 \text{ gN/m}^3$  als niet beschikbaar verondersteld. Dit is dus weinig in verhouding tot eerdere modeltoepassingen. Vergelijking van gemeten en berekend opgelost stikstof (niet getoond) suggereert dat uitputting van stikstof is onderschat in de berekeningen. Voor fosfaat is aangenomen dat slechts een fractie van 0.8 beschikbaar is en is bovendien nog een vaste waarde van  $0.012 \text{ gP/m}^3$  afgetrokken.

### 4.3 Graasdruk

Uit de resultaten van Geertsma (1996) bleek dat het model bij een grote graasdruk af en toe vreemd gedrag vertoonde. Uit een analyse van de resultaten hebben we de conclusie getrokken dat één van de modelformuleringen hieraan debet was (zie de paragraaf met modelaanpassingen).

Verder is opvallend dat eind 1989 extreem hoge zoöplanktonbiomassa's zijn opgelegd (tot  $12 \text{ gC/m}^3$ ; zie figuren 1i).

Deze waarde is hoog in verhouding tot die uit andere studies voor bijvoorbeeld de Loosdrechtse plassen, Botshol, Volkerak Zoommeer, Tjeukemeer, Markermeer, IJsselmeer, Veluwemeer en enkele Canadese meren waarvoor de gegevens voorhanden zijn (Michielsen, 1995). Reeksen met pieken van 1 of hooguit  $2 \text{ gC/m}^3$  zijn realistischer. We hebben de reeksen voor het Wolderwijd niet aangepast, maar we zullen bij de bespreking van de resultaten rekening houden met dit verschijnsel.

Verder valt op dat er in alle jaren in de chlorofylmetingen een minimum optreedt rond dag 150 (figuur 1d). Dit valt samen met de *Daphnia* piek die jaarlijks wordt waargenomen (figuur 1i-1k). Ook de andere soorten bereiken juist in deze periode hun jaarlijks maximum. Het is aannemelijk dat hiertussen een verband bestaat.

### 4.4 Zoöplankton als nutriënt-verwijder-pomp in het Wolderwijd?

Het lijkt er vaak op dat totaalnutriënten relatief laag zijn in periodes waarin veel zoöplankton aanwezig is, meestal rond dag 150 (figuren 1e-1g). In de modelberekeningen van BLOOM met opgelegde nutriënten was daarom vaak sprake van een nutriëntlimitatie en niet of in veel mindere mate van een direct effect van de grazers op de berekende biomassa's (figuren 2a-2j). Dit leidt tot de vraag waardoor de totaalnutriëntconcentraties laag worden. Is het mogelijk dat graas hierbij een rol speelt of is er sprake van een toevallige samenloop van omstandigheden? We zullen hierop terugkomen bij de discussie.



## 5 Aanpassingen van het model en de invoer

Op basis van de resultaten in Geertsma 1996 hebben we nog eens gekeken naar de formuleringen in het model en vervolgens twee veranderingen aangebracht. In de eerste plaats is de formulering van de sterfte constraints aangepast. Deze werden tot nu toe niet beïnvloed door graas, maar slechts door natuurlijke mortaliteit. Dit impliceert dat een alg, die zwaar wordt begraasd, toch altijd minimaal de biomassa behoudt van de vorige tijdstap vermindert met de natuurlijke sterfte. Het is echter logisch te veronderstellen dat de minimale biomassa na een tijdstap ook van de graas afhangt. De formulering van de sterfte constraints is hiertoe aangepast.

In de tweede plaats is de rekentijdstap verkleind van een week naar een dag. Gedurende de week wordt de invoer, die op weekbasis is gespecificeerd, lineair geïnterpoleerd.

Wat betreft de invoer zijn de volgende veranderingen aangebracht ten opzichte van de vorige modelberekeningen:

1. De beschikbaarheid van stikstof is verlaagd met 1 a  $1.2 \text{ gN/m}^3$  inplaats van  $0.66 \text{ gN/m}^3$ .
2. De beschikbaarheid van totaalfosfaat is verlaagd met de factor 0.8 conform de vorige berekeningen. Hiervan is nog een waarde afgetrokken van 0 tot  $0.012 \text{ gP/m}^3$ , afhankelijk van het jaar, terwijl in de vorige berekeningen steeds  $0.012 \text{ gP/m}^3$  werd afgetrokken.



## 6 Resultaten

### 6.1 Aanpassing van de sterfteconstraints

Na aanpassing van de sterfteconstraints lieten nieuwe berekeningen met gelijke invoer soms verschillen zien ten opzichte van de berekeningen van Geertsma (1996) (figuren 3a-3e). Met name in het geval er een hoge invoerwaarde voor grazerbiomassa is, wordt fytoplankton volledig weggegraasd. Verder is het verschil in de resultaten niet groot.

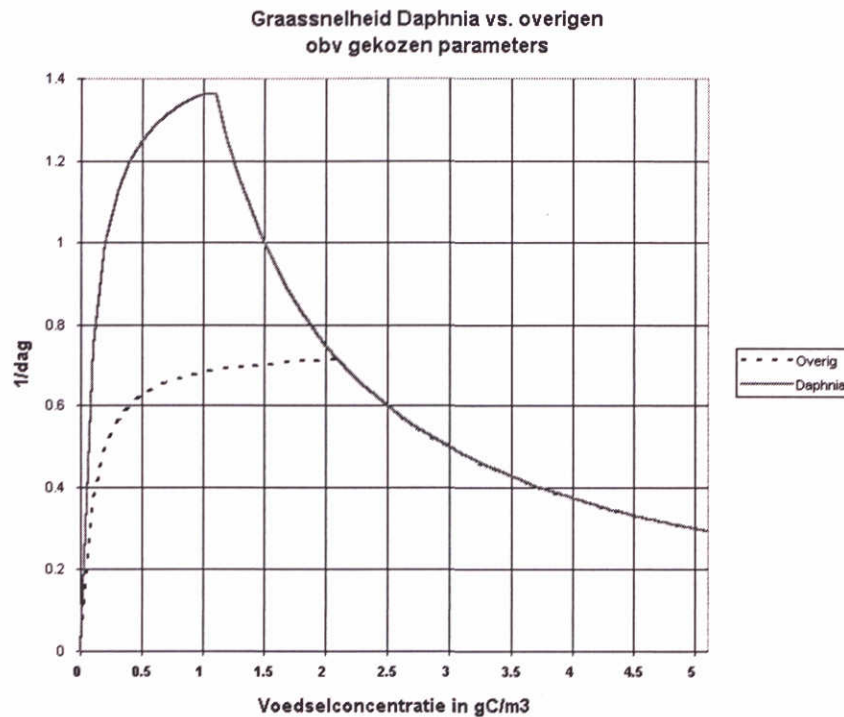
### 6.2 Aanpassing van de tijdstapgrootte

De tijdstap van BLOOM is in figuren 4a-4e verkleind van een week naar een dag (zie legenda: “dag89” = tijdstap **1 dag** voor berekening 1989; “week89” = tijdstap **1 week** voor 1989). De resultaten van berekeningen met kleinere tijdstap laten soms een zeer groot effect van graas op de fytoplanktonbiomassa zien. In het algemeen is er hierdoor sprake van een verslechtering van de resultaten.

Deze gevoeligheid heeft te maken met de aard van BLOOM II. BLOOM II is een pseudodynamisch model: voor iedere tijdstap wordt een evenwicht berekend. De onderliggende aanname is dat de tijdstap voldoende groot is om een evenwicht te kunnen bereiken. Fytoplankton en zoöplankton hebben beiden verschillende karakteristieke tijden om tot evenwicht tussen verlies- en aangroeiprocessen te komen. Met andere woorden: deze twee biologische compartimenten hebben een verschillende dynamiek. De tijdstap moet zo gekozen worden, dat beide toestandsgrootheden hun steady state benaderen.

De vorm van de zooplanktongraas vs. voedselconcentratiecurve leidt tot verhoging van de specifieke graassnelheid bij verlaging van de fytoplanktonconcentratie, zoals in de figuur hieronder is getoond. Rond een bepaalde voedselconcentratie is de gevoeligheid van de graasdruk groot.

Dit is mede de oorzaak van de sterke afname in sommige berekeningsresultaten. Aangezien het model beter presteert met de oorspronkelijke tijdstap is deze op een week gehouden bij de volgende berekeningen.



### 6.3 Aangepaste beschikbaarheid nutriënten

De onderstaande resultaten zijn berekend met de nieuwe formuleringen, maar met een tijdstap van een week.

In figuren 5a-9f is te zien dat de berekende chlorofylgehalten in het algemeen beter overeenkomen met de metingen door de aanpassing van nutriëntbeschikbaarheid. Ook de soortensamenstelling wordt nu beter gereproduceerd.

#### 1989

Chlorofyl is over het algemeen lager in de nieuwe berekeningen. De minimale fytoplanktonbiomassa rond dag 150 wordt echter niet gehaald door het model. Het verloop van chlorofyl wijkt aan het eind van het jaar af door de sterke graasdruk in deze periode. De ingevoerde graasdruk (equivalent aan 12 gC/m<sup>3</sup> zoöplankton, figuur 1i) is dan te hoog ten opzichte van de potentiële primaire productie. Sturend voor de fytoplanktonbiomassa zijn met name stikstof, graas en fosfaat (figuur 2a en 2b). Stikstoflimitatie treedt meer op dan in de vorige berekeningen, terwijl fosfaatlimitatie is afgenomen. Dit is in overeenstemming met de metingen (figuur 1f en figuur 1h).

De omslag van blauwwieren naar groenwieren treedt niet meer op in de nieuwe berekening (figuur 5b). De blauwwieren worden goed gereproduceerd. Het verloop van de diatomeeën is verbeterd (figuur 5c). Het berekende biomassaverloop van groenwieren komt goed overeen met de metingen (figuur 5d).



**1990**

Voor de berekende chlorofylconcentratie in 1990 geldt hetzelfde als in 1989 met uitzondering van de onderschatting door hoge graasdruk in de winter (figuur 6a). De soortensamenstelling laat eveneens een vergelijkbare verbetering zien als in de berekening van 1989 (figuur 6b-6d). In de oorspronkelijke som was fosfaat gedurende het overgrote deel van het jaar limiterend, en stikstof slechts sporadisch (figuur 2c). In de nieuwe berekening is het belang van de stikstoflimitatie ook hier sterk toegenomen (figuur 2d).

**1991**

De nu berekende chlorofylconcentraties komen niet of nauwelijks beter met de metingen overeen dan de eerdere berekeningen (figuur 7a). Rond dag 100 wordt chlorofyl in beide berekeningen laag doordat beschikbaar fosfaat laag wordt. Dit is een gevolg van de gekozen omrekening van totaal naar beschikbaar fosfaat. Tussen dag 100 en dag 150 treedt in de nieuwe berekening stikstoflimitatie (figuur 2e en 2f) op doordat nu een lagere beschikbaarheid is aangenomen. Het berekende chlorofyl sluit hierdoor beter aan bij de metingen. In de nieuwe berekening is het effect van graas vanaf dag 150 ook duidelijker. In 1991 is er volgens de metingen minder sprake van blauwwierendominantie rond dag 200 dan in 1989 en 1990 (figuur 1a). Daarentegen zijn meer groenwieren aanwezig dan in voorgaande jaren (figuur 1b). De nieuwe berekening voor 1991 laat een verbetering van de soortensamenstelling zien in de richting van de metingen (figuur 7b-7d).

**1992**

De nu berekende chlorofylconcentratie komt in de tweede helft van het jaar beter overeen met de metingen (figuur 8a). Rond dag 230 treedt een afwijking op wanneer alle algen worden weggegraasd. In de berekende soortensamenstelling is de hoeveelheid blauwwieren aanzienlijk verminderd, hetgeen overeenkomt met de metingen (figuur 8b).

**1993**

In de nieuwe berekening voor 1993 valt op dat graas veel effect heeft rond dag 125, en rond dag 160 (figuur 9a). Tot twee keer toe worden de algen volledig weggegraasd. Uit de metingen kan daarentegen worden opgemaakt dat dit in werkelijkheid niet gebeurt. De berekende soortensamenstelling laat tot dag 150 een vergelijkbaar beeld zien als de overige jaren (figuur 9b-9d). Nadat het systeem helder is geweest, treedt echter een duidelijke verandering op waarbij blauwwieren worden verdrongen door groenwieren. Dit komt door de hoge groeisnelheid van groenalgen onder lichtrijke, zomerse condities. Weliswaar is stikstof in deze periode sterk limiterend (figuur 2j), maar hun relatief hoge stikstofbehoefte wordt gecompenseerd door hun groeisnelheid. Als in de tweede helft van de zomer de omstandigheden ongunstig worden voor groenwieren (weinig fosfaat), dan nemen de blauwwieren weer in biomassa toe. Er zijn geen biovolumina aanwezig voor de soortensamenstelling. De overgang naar groenwieren na de berekende heldere periode zal in werkelijkheid niet of niet in die mate zijn opgetreden. Dit kan worden afgeleid uit de chlorofylmetingen, op basis waarvan gesteld kan worden dat het met de helderheid in deze periode wel "meevalt".



## 6.4 Variatie graasdruk

1989 - 1992

Het model is het meest gevoelig voor variaties in graasdruk in de winterperiode (figuren 10a-13d). Dit komt enerzijds doordat in deze periode van het jaar de potentiële groeisnelheden laag zijn zodat het effect van graas moeilijk kan worden gecompenseerd. Anderzijds is de beschikbaarheid van nutriënten in de winter hoger (figuren 1e en 1g).

Graas zonder specifieke preferentie bevoordeelt in het algemeen de opkomst van de snel groeiende soorten: groenwieren en diatomeeën ten nadele van de blauwwieren (figuren 10b-10d, 11b-11d, 12b-12d, 13b-13d, 14b-14d).

In 1991 is dit duidelijk waar te nemen in de resultaten tussen dag 100 en dag 150. In deze periode is sprake van een stikstoflimitatie zowel in berekeningen met als zonder graas (figuur 2d). Zonder graas domineert hier het N-type van de blauwwier *Oscillatoria* (niet getoond). Diatomeeën en groenwieren komen in relatief kleine hoeveelheden voor in deze periode. Met graas domineren de groenwieren en diatomeeën en zijn bijna geen blauwwieren aanwezig.

Ook in 1992 is graas nadelig voor blauwwieren (figuur 12b-12d). Tussen dag 250 en 300 is er een duidelijk effect van graas op chlorofylgehalte te zien (figuur 13a). Bij afwezigheid van graas is er een hogere chlorofylconcentratie in deze periode berekend. Deze piek bestaat voornamelijk uit blauwwieren (figuur 13b).

Tussen dag 100 en dag 200 van 1993 is het opvallend dat de berekeningen zonder graas beter bij de metingen aansluit dan die met gemeten graas. Mogelijk wordt de graasbiomassa of de graassnelheid overschat.

## 6.5 Verlaging preferentie voor blauwwieren

Verlaging van de preferentie van zoöplankton voor blauwwieren van 100% naar 50% leidt in 1989 en 1992 tot een lichte toename van blauwwieren ten koste van groenwieren. Er treedt geen noemenswaardige verbetering op van de berekende soortensamenstelling. Er zijn geen figuren van deze berekeningen getoond.

## 7 Discussie en conclusies

Ten aanzien van de vragen uit hoofdstuk 2 kunnen we de volgende conclusies trekken.

- 1) Verlaging van de stikstofbeschikbaarheid leidt tot een verbetering van zowel chlorofyl als de opgeloste nutriënten (niet getoond). Tevens leidt deze verandering in combinatie met de aanpassingen van de modelformuleringen tot verbetering van berekende soortensamenstelling. Waar in de vorige berekeningen groenwieren ten onrechte dominant werden (zomer 1989, 1990) gebeurt dat nu niet meer.
- 2) Overeenkomstig de empirie in andere watersystemen hebben we hier verondersteld dat de beschikbaarheid van stikstof moet worden verlaagd door  $1.0 \text{ gN/m}^3$  van het gemeten totaal af te trekken in plaats van  $0.66 \text{ gN/m}^3$  (Geertsma, 1996). Dit levert een beter resultaat op voor chlorofyl, opgelost stikstof en fosfaat. Dit laatste komt doordat verlaging van chlorofyl tevens leidt tot een lager fosfaat verbruik en dus gemiddeld hogere waarden van opgelost fosfaat. Een deel van de gemeten opgelost fosfaat is overigens particulier geadsorbeerd en dus niet direct beschikbaar. Hiermee moet men rekening houden bij de interpretatie van de metingen.
- 3) Het gedrag van het model bij hoge graasdruk is sterk verbeterd door de verandering van de sterfte constraints. Verhoging van de graasdruk leidt in dit geval als regel tot verlaging van de berekende biomassa's en in extreme gevallen tot uitsterven van de algen.  
Gebruik van een forcing function voor zoöplankton heeft wel twee bijkomstige effecten, waarmee steeds rekening moet worden gehouden. In de eerste plaats kan de opgelegde biomassa zo laag zijn, dat niet het zoöplankton maar de nutriënten sturend zijn. Let wel; de mogelijke invloed van grazers op nutriënten wordt niet expliciet meegenomen.  
In de tweede plaats is de opgelegde grazersbiomassa soms zo hoog, dat het fytoplankton ten onrechte geheel wordt weggegraasd. Dit gebeurt bijvoorbeeld aan het eind van 1989, weliswaar bij overigens onwaarschijnlijk hoge invoerwaarden van zoöplanktonbiomassa's.  
Verlaging van de tijdstap van BLOOM II heeft nadelige invloed op de resultaten doordat de karakteristieke tijden van fytoplanktongroei en zooplankton niet gelijk zijn. De steadystate aanname vereist dat bij de keuze van de tijdstap hiermee rekening wordt gehouden.
- 4) Wat is de invloed van graas op de beschikbaarheid van nutriënten?  
Graas zal tot gevolg hebben dat er een verschuiving optreedt van nutriënten van de fytoplanktonbiomassa naar de detrituspool. Voordat er zich hiertussen een nieuw evenwicht heeft ingesteld zal er dus een toename van de (detritus)sedimentatieflux optreden. Dit zal leiden tot een grotere verwijdering van nutriënten uit de waterkolom. Dit is mogelijk de verklaring voor de soms waargenomen lagere totaalnutriëntgehalten in de waterkolom rond dag 150.  
Dit proces zit niet expliciet in BLOOM, omdat met gemeten nutriënten wordt gerekend. In DBS treedt dit effect ook op in berekeningen: bij verhoging van grazerbiomassa's dalen berekende totaalnutriëntgehalten in de waterfase.

- 5) Wat is de waarde van BLOOM bij de beschouwing van systemen met graas?  
BLOOM stand alone leent zich goed voor screening van de fytoplanktondynamiek van een systeem waar de interne processen belangrijker zijn dan de transporten. In deze berekeningen is zonder water- en stofbalans een analyse gepleegd van de waterkwaliteit. De resultaten geven inzicht in de heersende processen in het Wolderwijd. De overeenkomst van modelresultaten met de metingen is goed.

Op basis van de uitkomsten van BLOOM kan gesteld worden dat de nutriëntgehalten tussen verschillende jaren bepalend zijn voor gemiddelde fytoplanktonconcentraties. Binnen de jaren echter is een deel van de seizoensverschillen aan graas te wijten. De omslag in soortensamenstelling is een gevolg van wisselwerking tussen verschillende factoren. De verhouding N/P blijkt hierin van groot belang. De indirecte invloed van zoöplankton hierop speelt ook een rol. Tenslotte kan graas op zich ook direct leiden tot toename van groenwieren ten nadele van blauwwieren, wanneer men uitgaat van gelijke preferentie.



## 8 Aanbevelingen

BLOOM stand alone heeft belangrijke voordelen boven toepassing van meer complex opgezette modellen. Voor analyses als deze en die beschreven in Geertsma (1996), is het klaarleggen van data in de benodigde vorm relatief zeer gemakkelijk en snel uit te voeren. BLOOM standalone heeft alleen de in het systeem zelf gemeten concentraties nodig. Met name omdat kwaliteitsmetingen van systemen zelf vaak wel beschikbaar zijn, terwijl de belastingen vaak een probleem vormen, is dit een groot voordeel.

Verder is de rekentijd van BLOOM zeer kort zodat berekeningen snel vergeleken kunnen worden.

BLOOM stand alone biedt de mogelijkheid om onderscheid te maken tussen verschillende soorten grazers. Wanneer hierover meer kennis omtrent de fysiologie van de afzonderlijke groepen grazers wordt toegevoegd, leidt dit tot meer inzicht over de specifieke rol van groepen grazers.

Het verdient hierom de aanbeveling om een versie van BLOOM op te zetten waarmee met een minimum aan inspanning goede analyses kunnen worden uitgevoerd van watersystemen. Men kan hierbij denken aan de volgende opzet:

De gebruiker beschikt naast het instrument over tijdreeksen van gemeten watertemperatuur, totaalfosfaat, totaalstikstof, totaalsilicium en de achtergrondextinctie. Ter vergelijking kunnen indien aanwezig ook de gemeten chlorofylconcentraties in hetzelfde bestand worden geplaatst.

Tenslotte moet de gemeten of geschatte biomassa van grazers in een bestand worden gezet. De overige door BLOOM gebruikte invoer zoals instraling kan standaard bij het instrument in daarvoor bestemde bestanden worden geleverd, zodat de gebruiker alleen een jaar of reeks van jaren hoeft te kiezen. Van de gekozen periode is alle relevante invoer dan verder aanwezig en kan binnen enkele minuten een analyse van de berekeningsresultaten worden uitgevoerd. De totale tijd om een analyse op te zetten bedraagt circa 1 uur.

## 9 Referenties

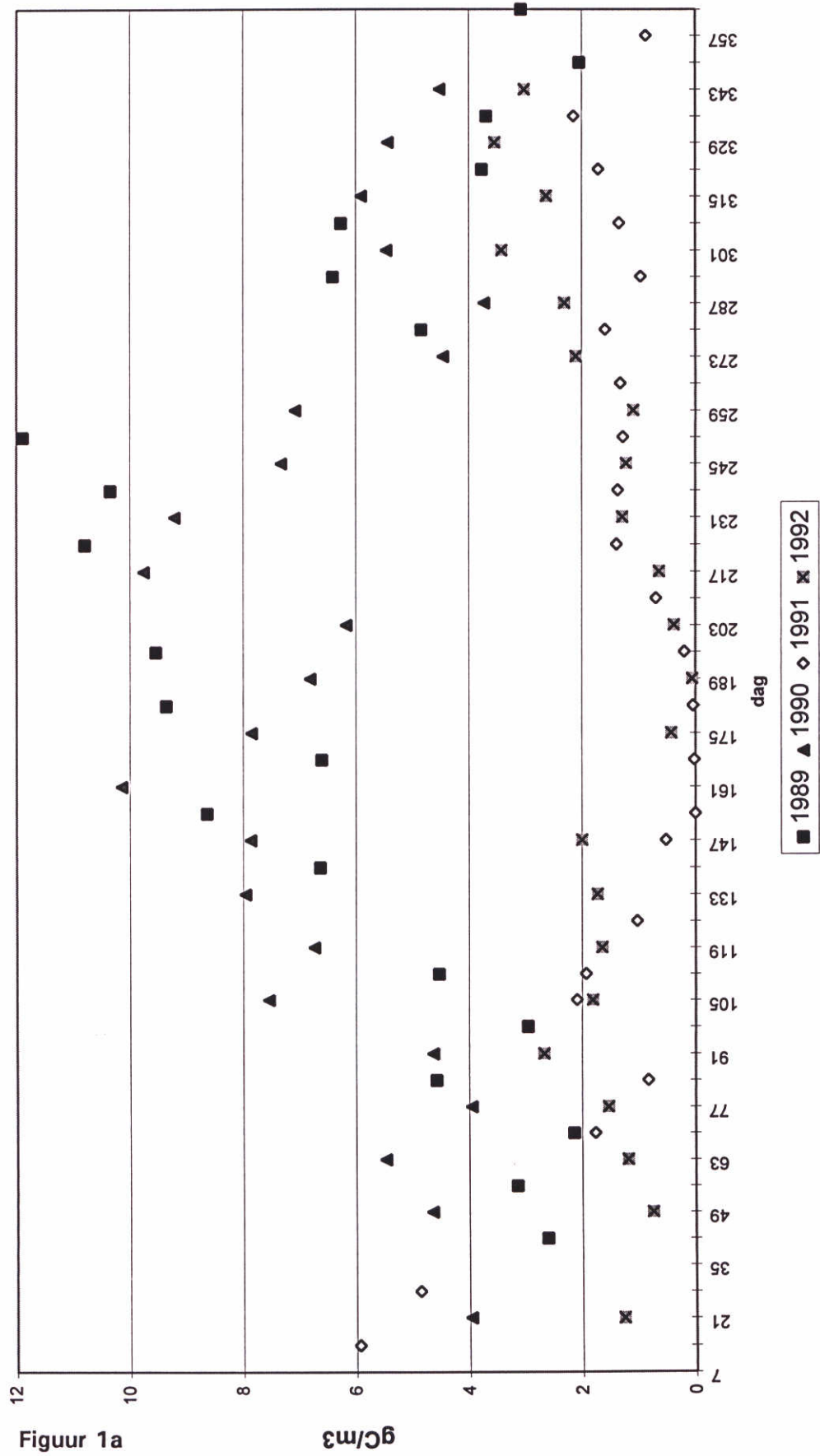
- Geertsma, G., 1996. Onderzoek naar de relatie tussen fytoplankton en zoöplankton met behulp van het model BLOOM II. RIZA werkdocument, nr. 96.040X.
- Los, F.J. 1991. Mathematical simulation of algae blooms by the model BLOOM II, Delft Hydraulics Laboratory, version 2, documentation report.
- Michielsen, B.F. 1995. Toepassing DBS op het Volkerak Zoommeer. WL rapport T1440.00. In opdracht van RIZA.



**FIGUREN**

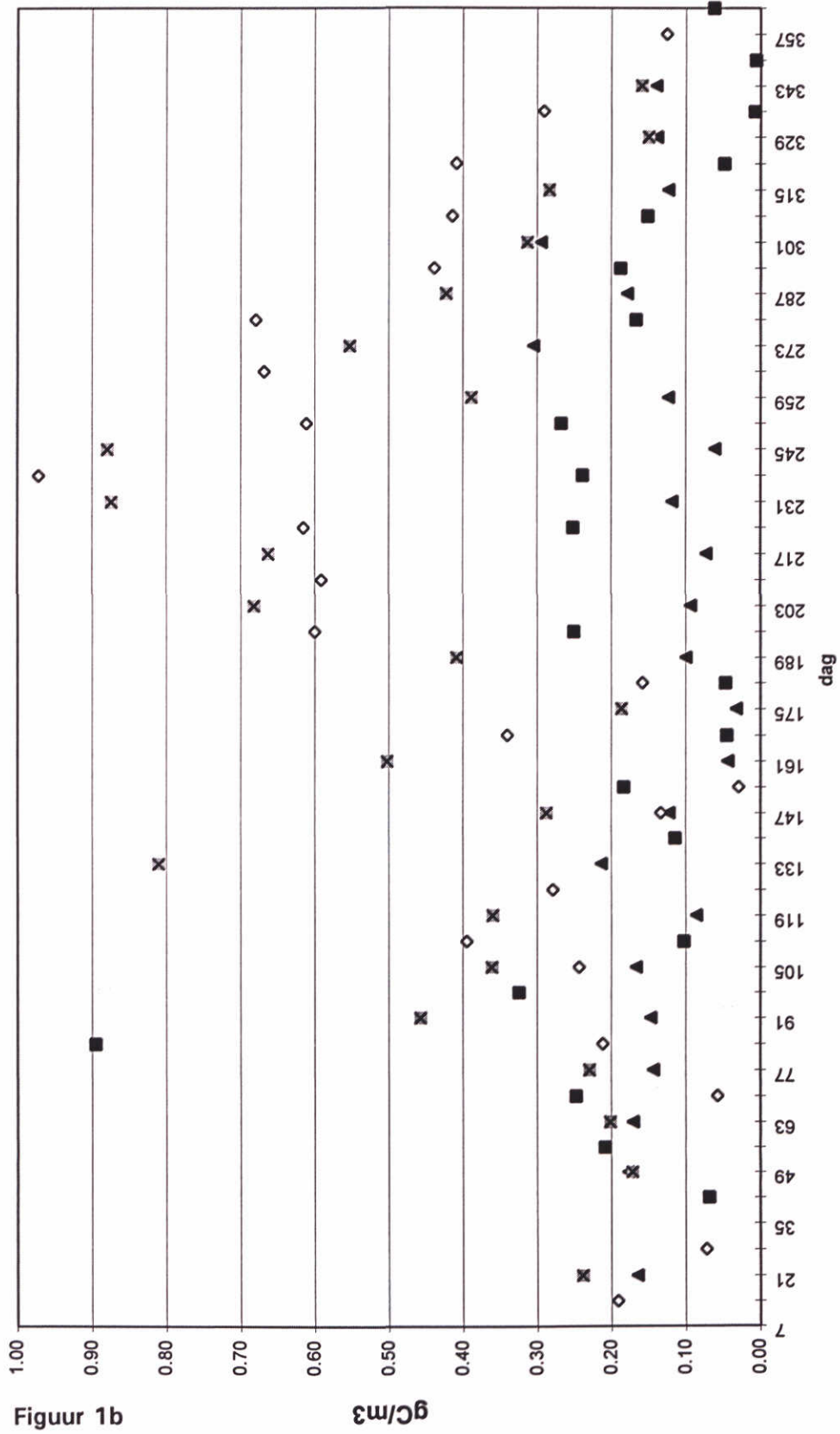


# Gemeten Blauwwieren Wolderwijd



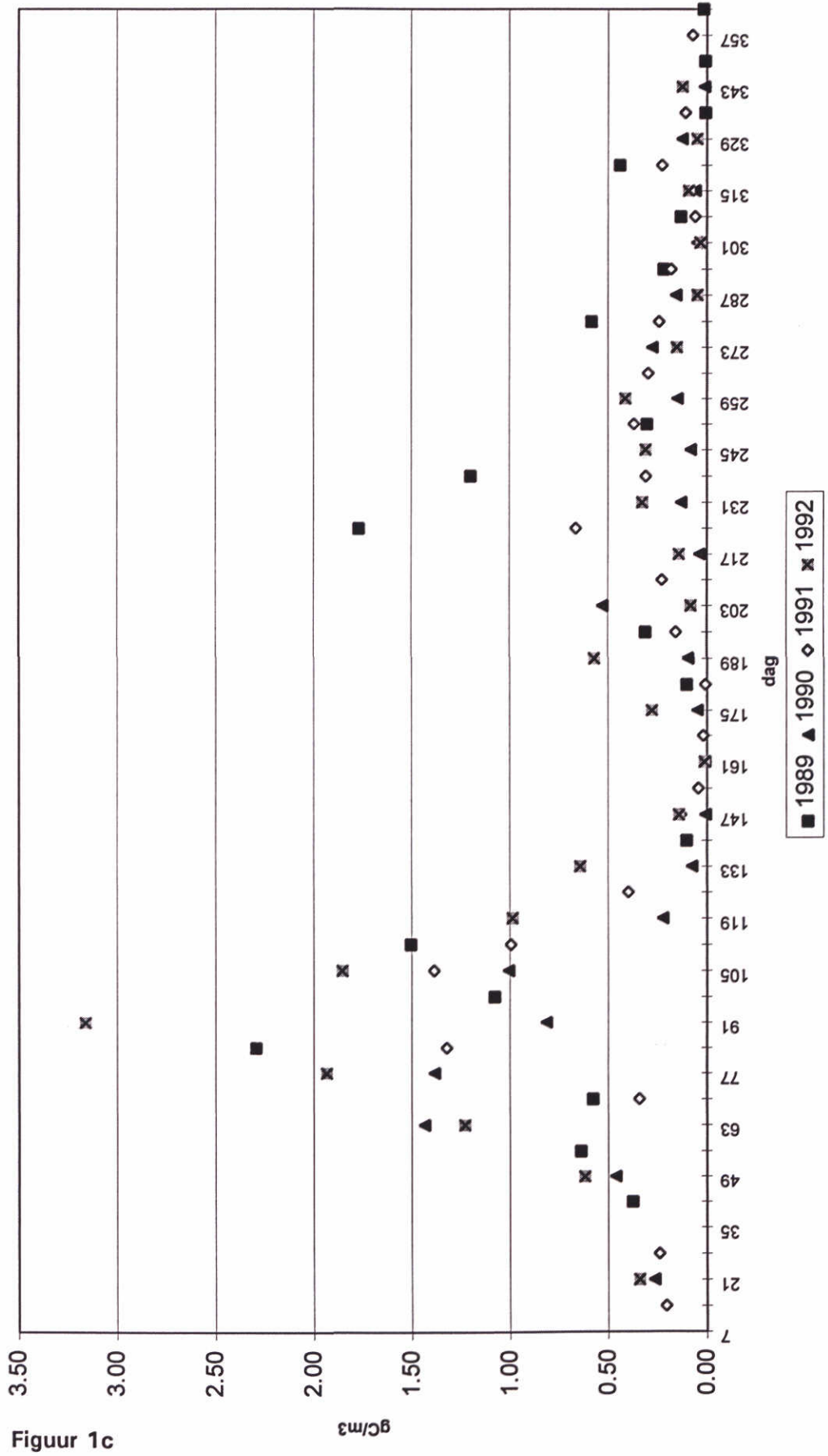
Figuur 1a

# Groenwieren Wolderwijd



Figuur 1b

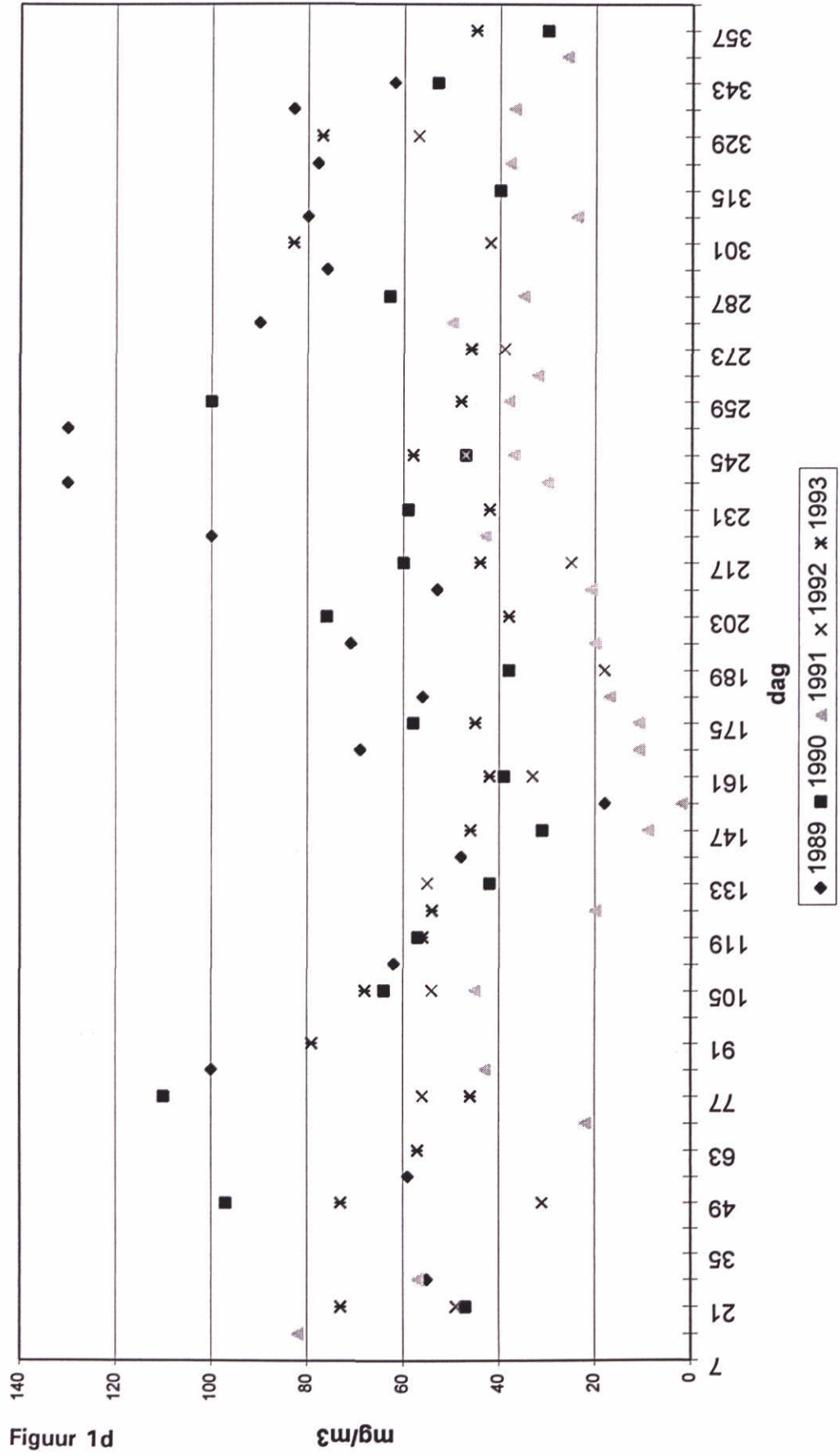
# Diatomeen Wolderwijd



Figuur 1c

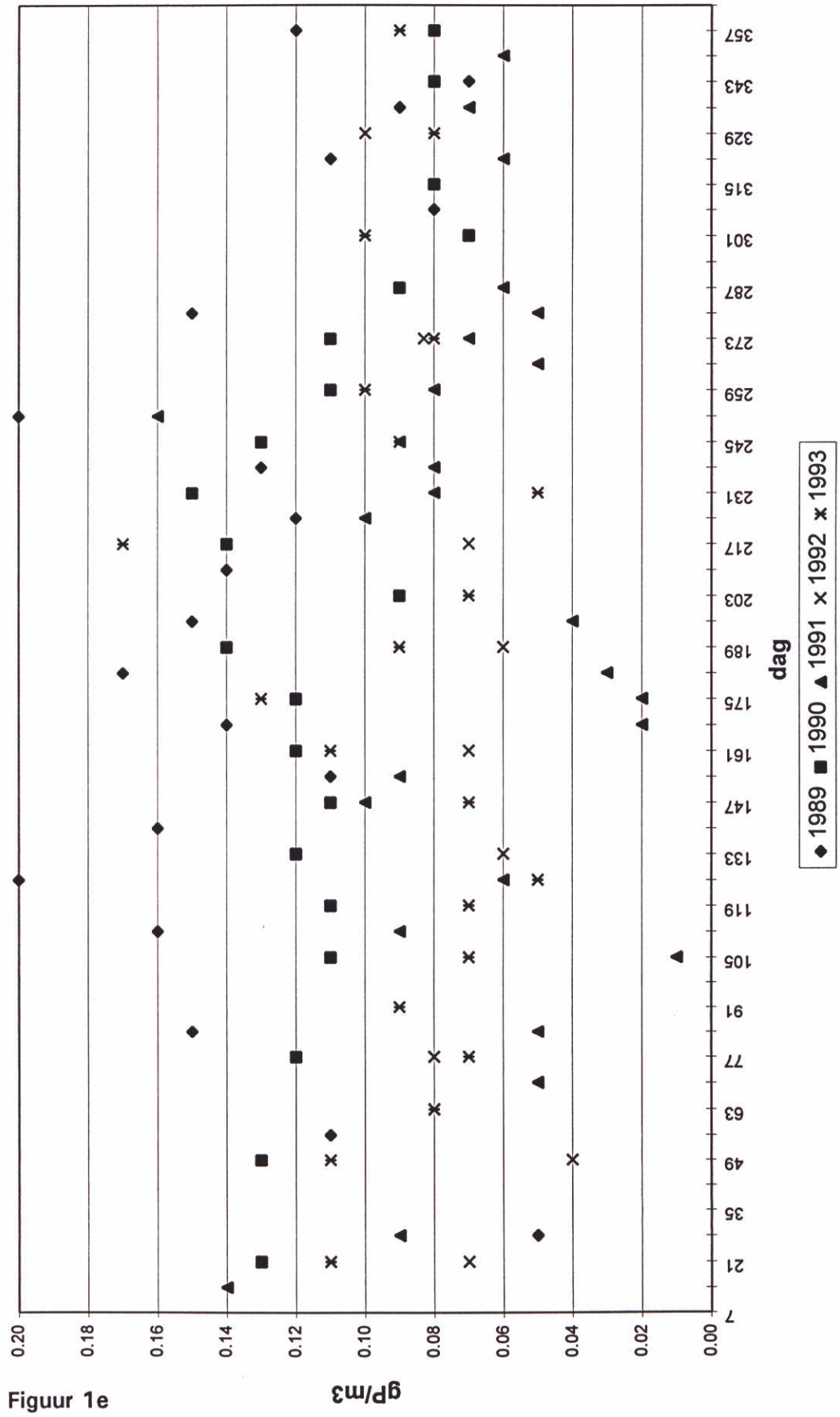


# Chlorofylmetingen Wolderwijd

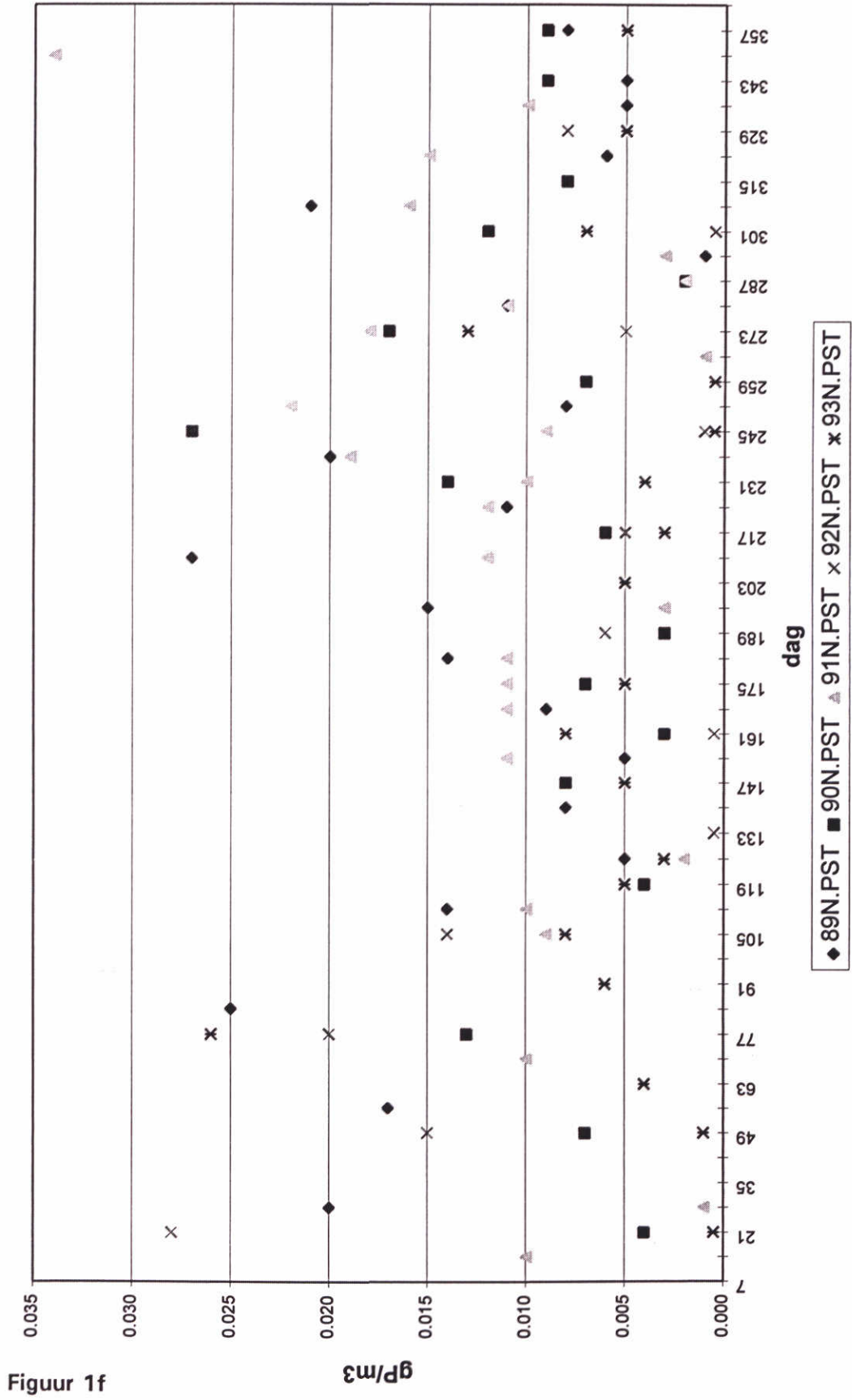


Figuur 1d

Gemeten Totaalfosfaat Wolderwijd



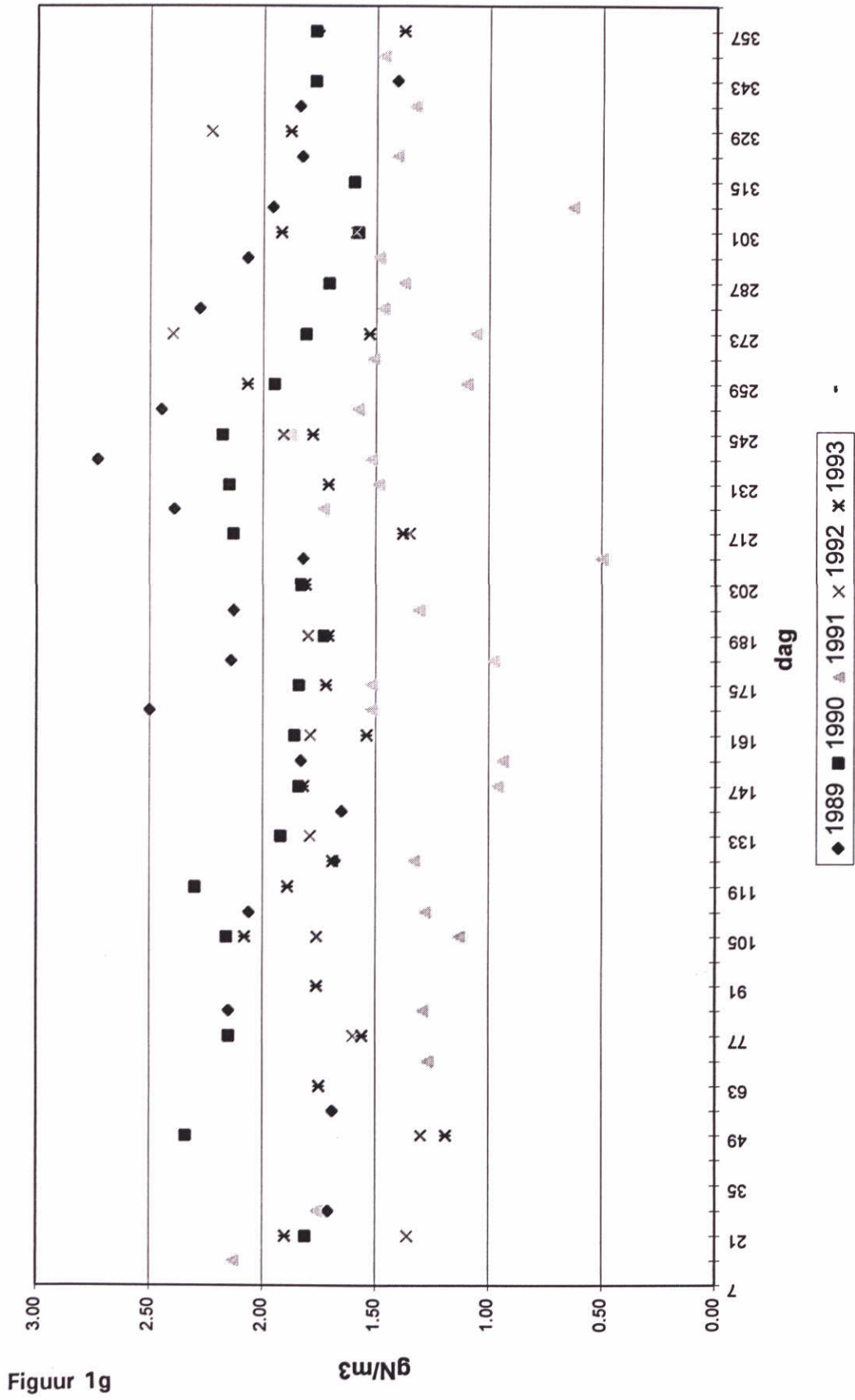
# Gemeten opgelost fosfaat Wolderwijd



Figuur 1f

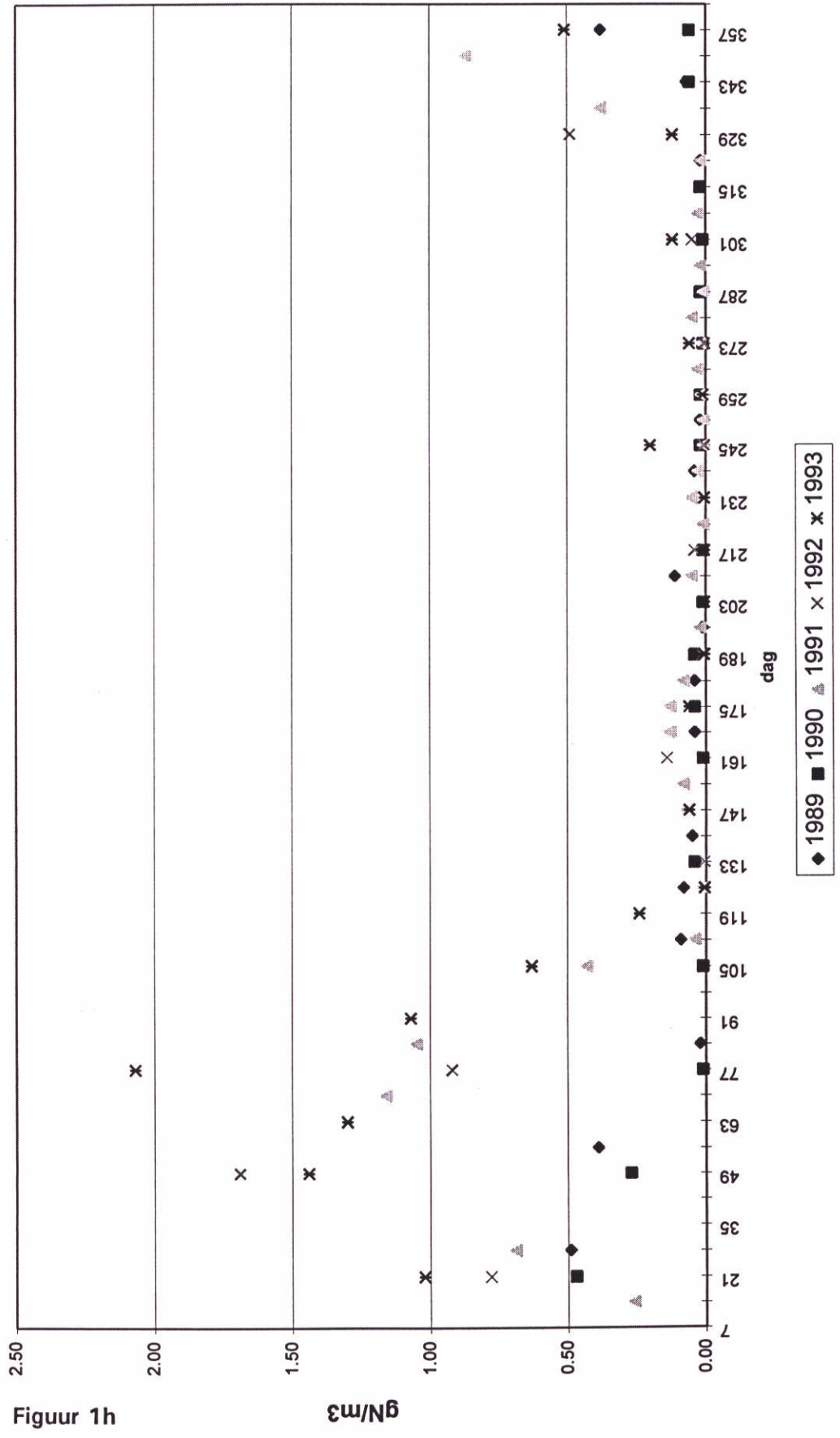


# Gemeten Kjeldahl Wolderwijd

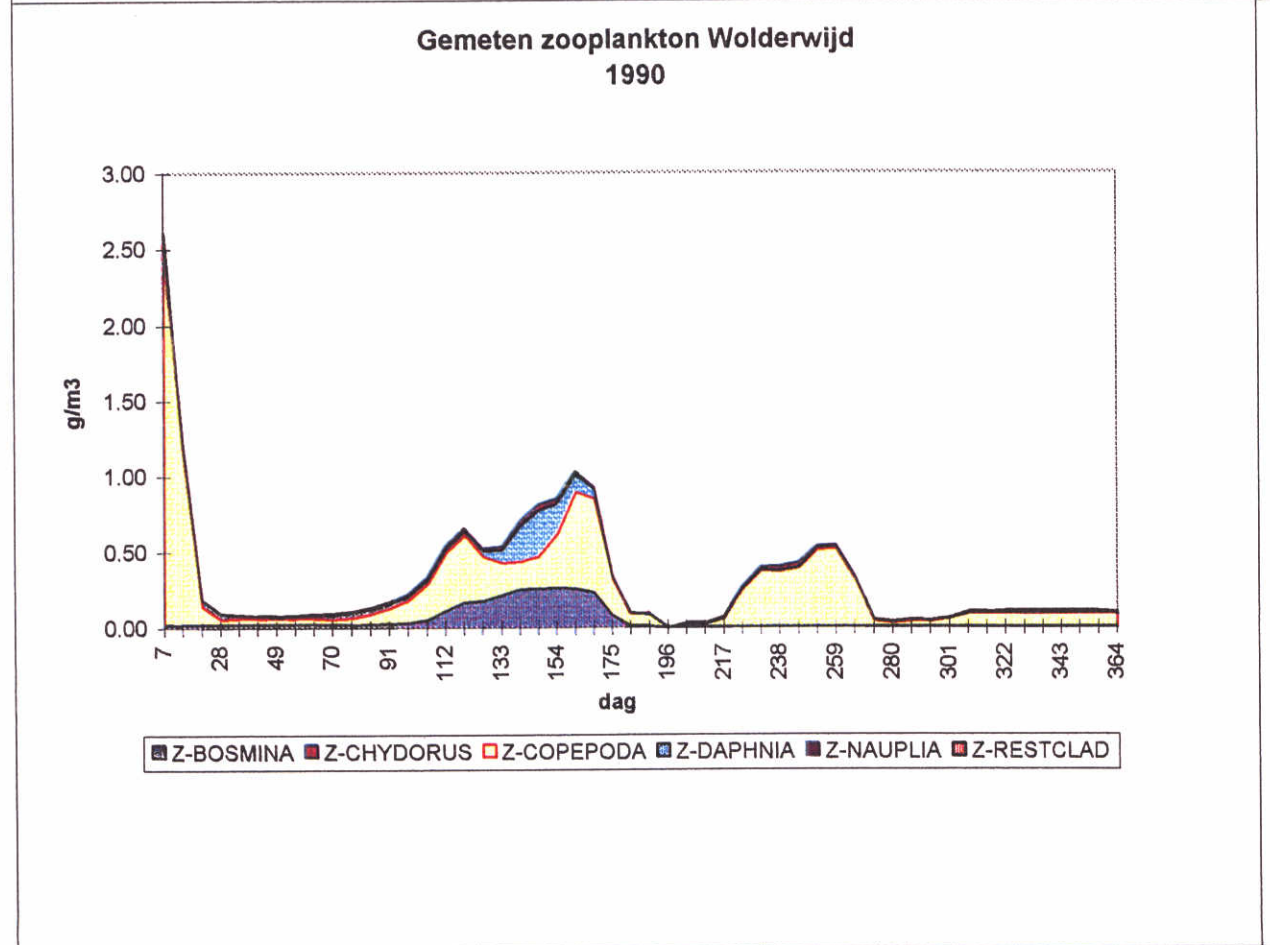
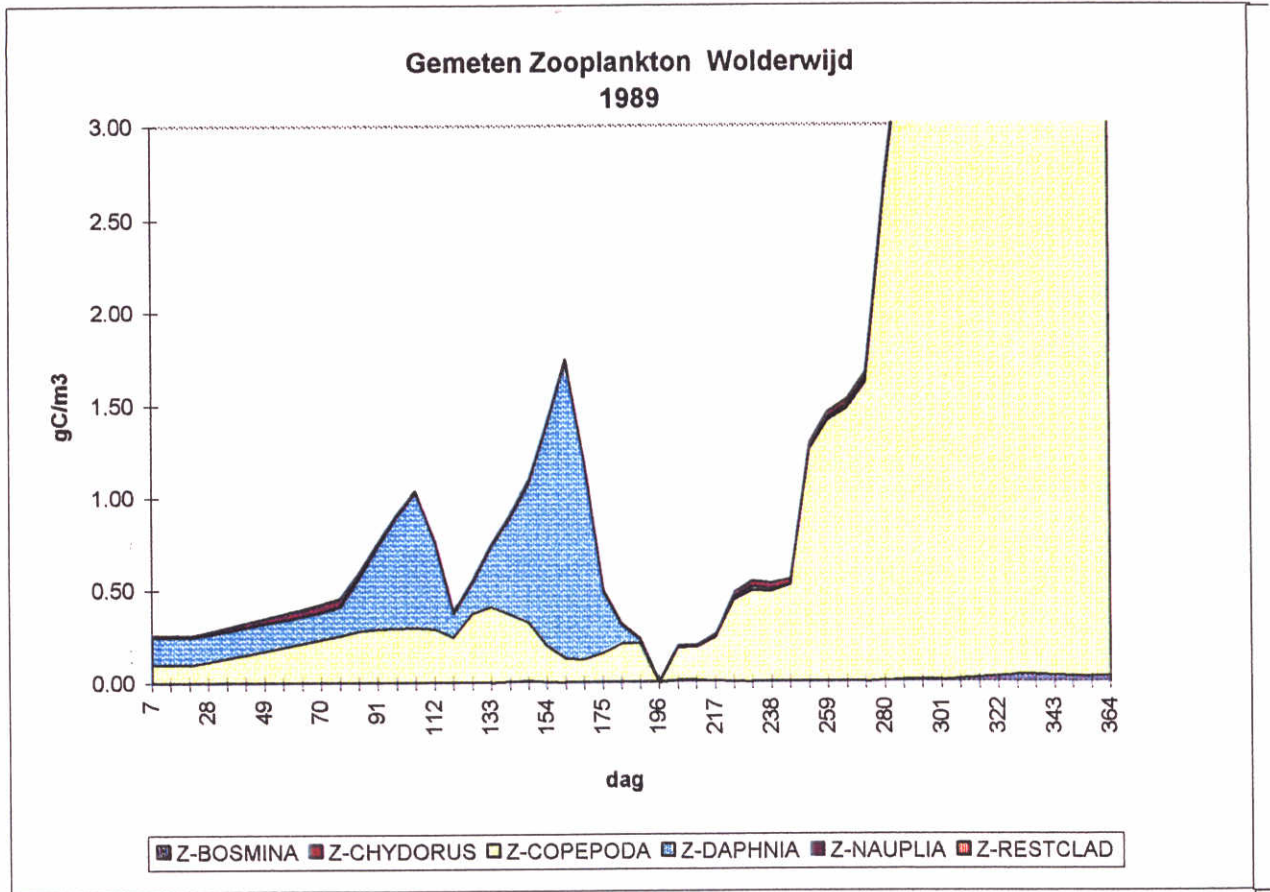


Figuur 1g

# Gemeten opgelost stikstof Wolderwijd



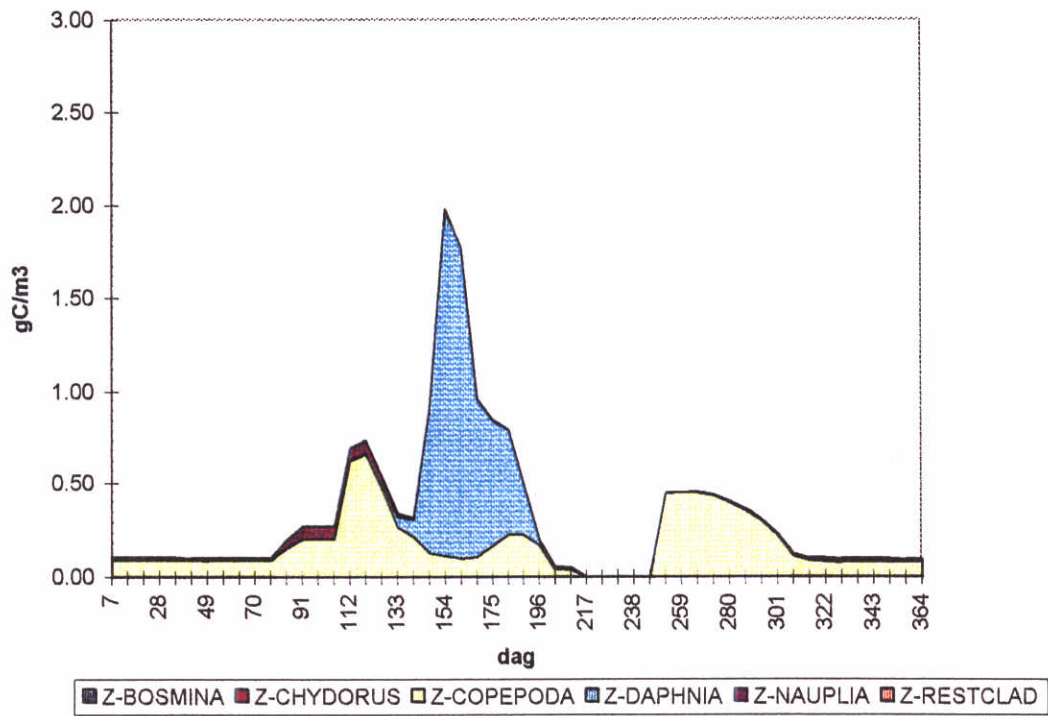
Figuur 1h



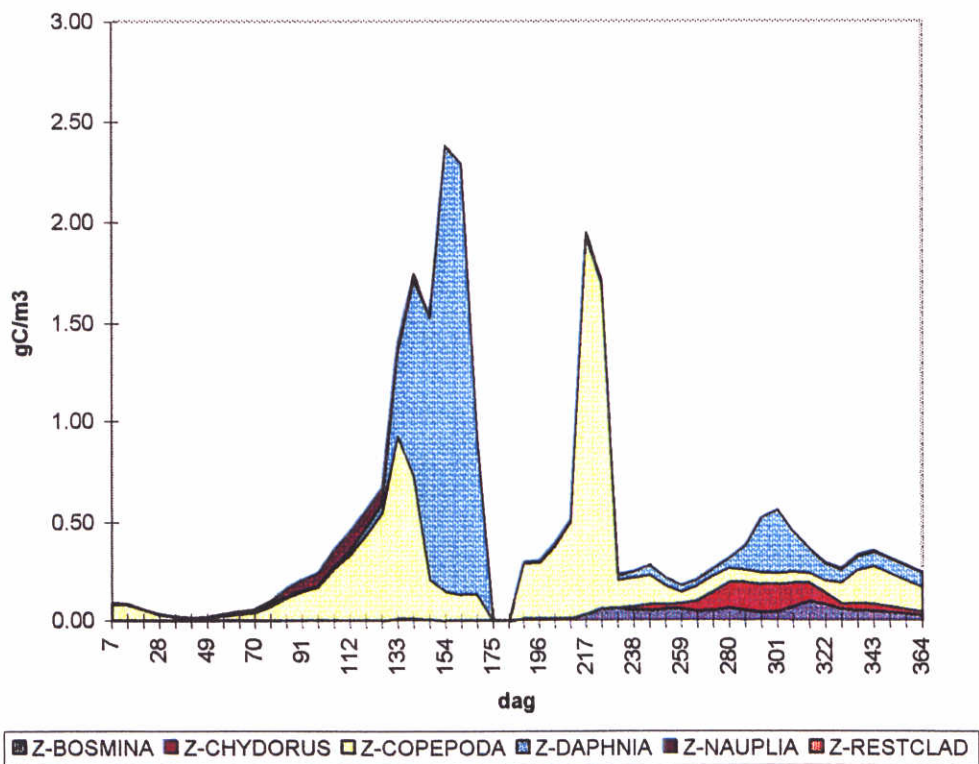
Figuur 1i



Gemeten zooplankton Wolderwijd  
1991

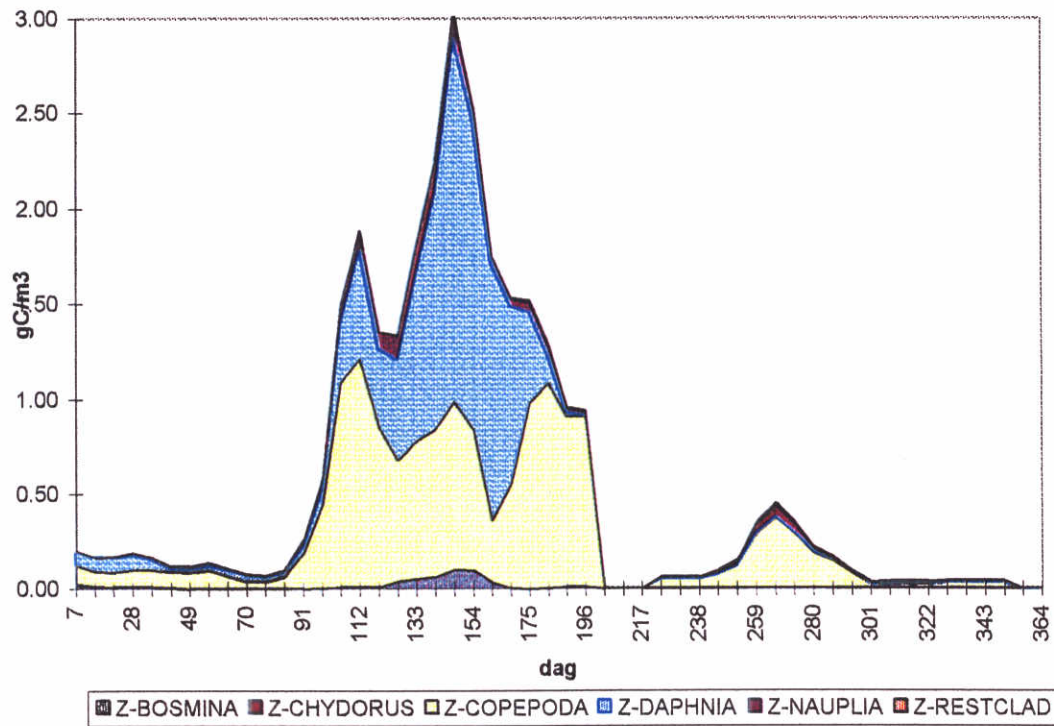


Gemeten zooplankton Wolderwijd  
1992



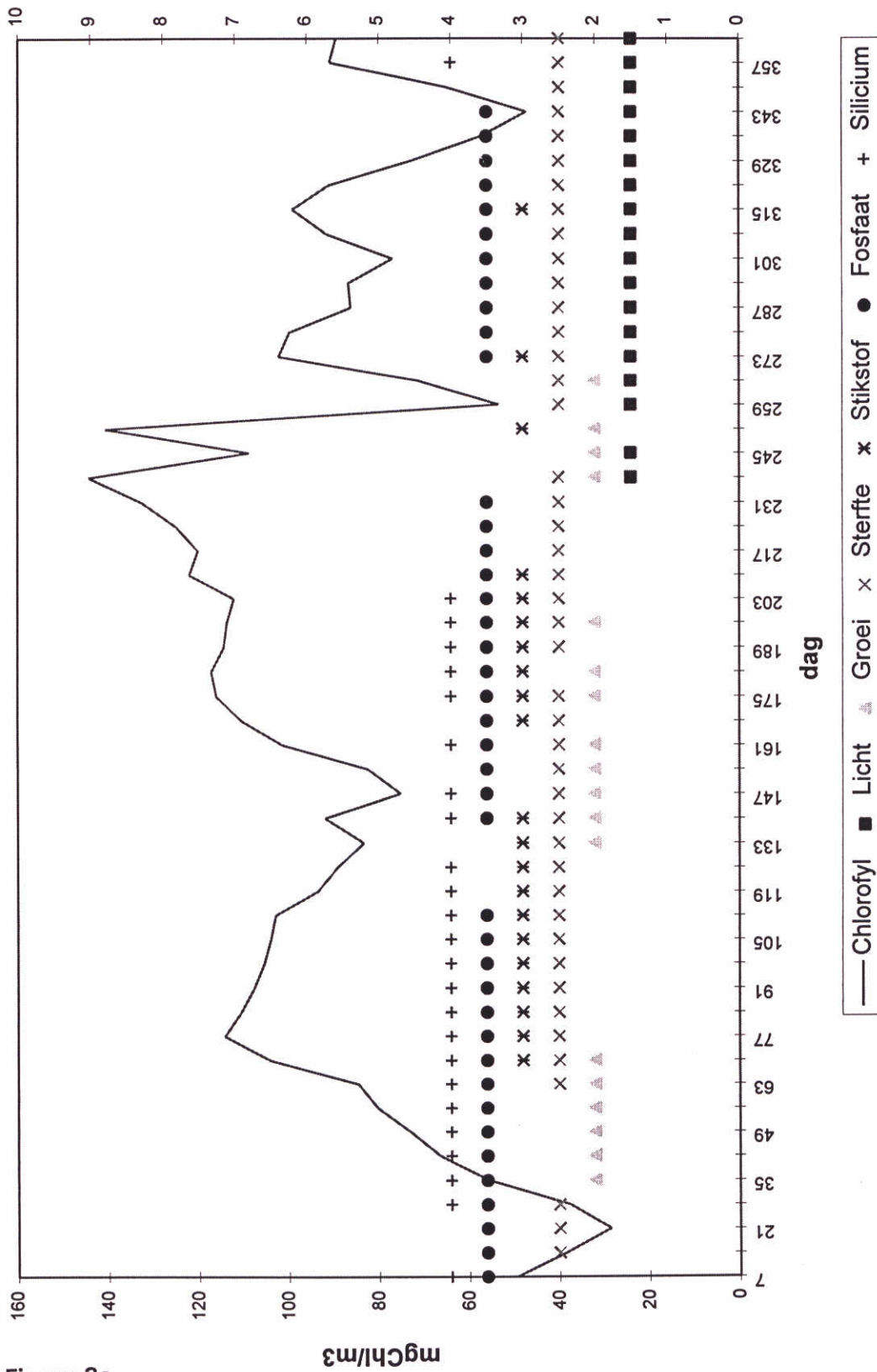
Figuur 1j

### Gemeten zooplankton Wolderwijd 1993



Figuur 1k

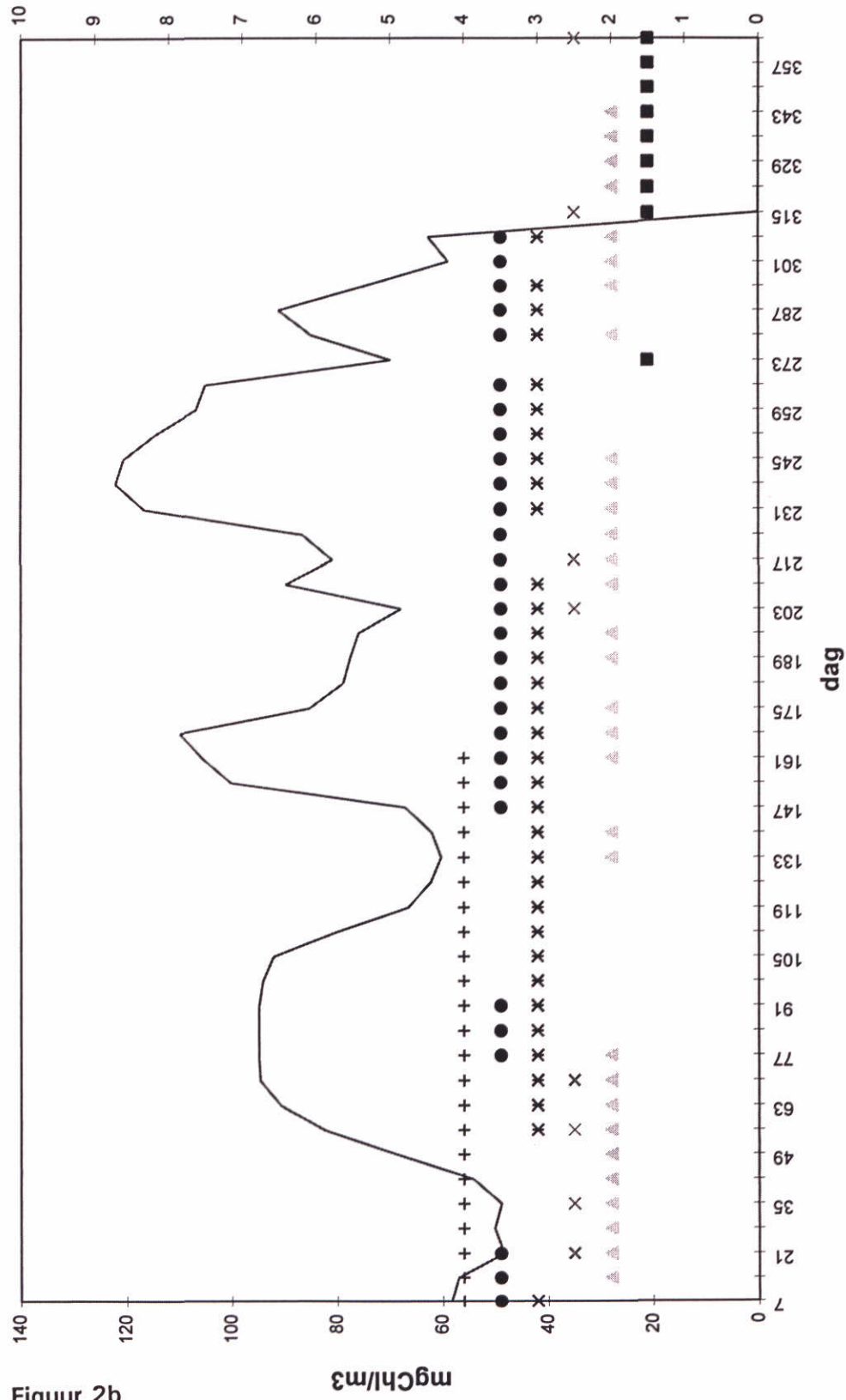
Limitaties 1989  
Geertsma



Figuur 2a



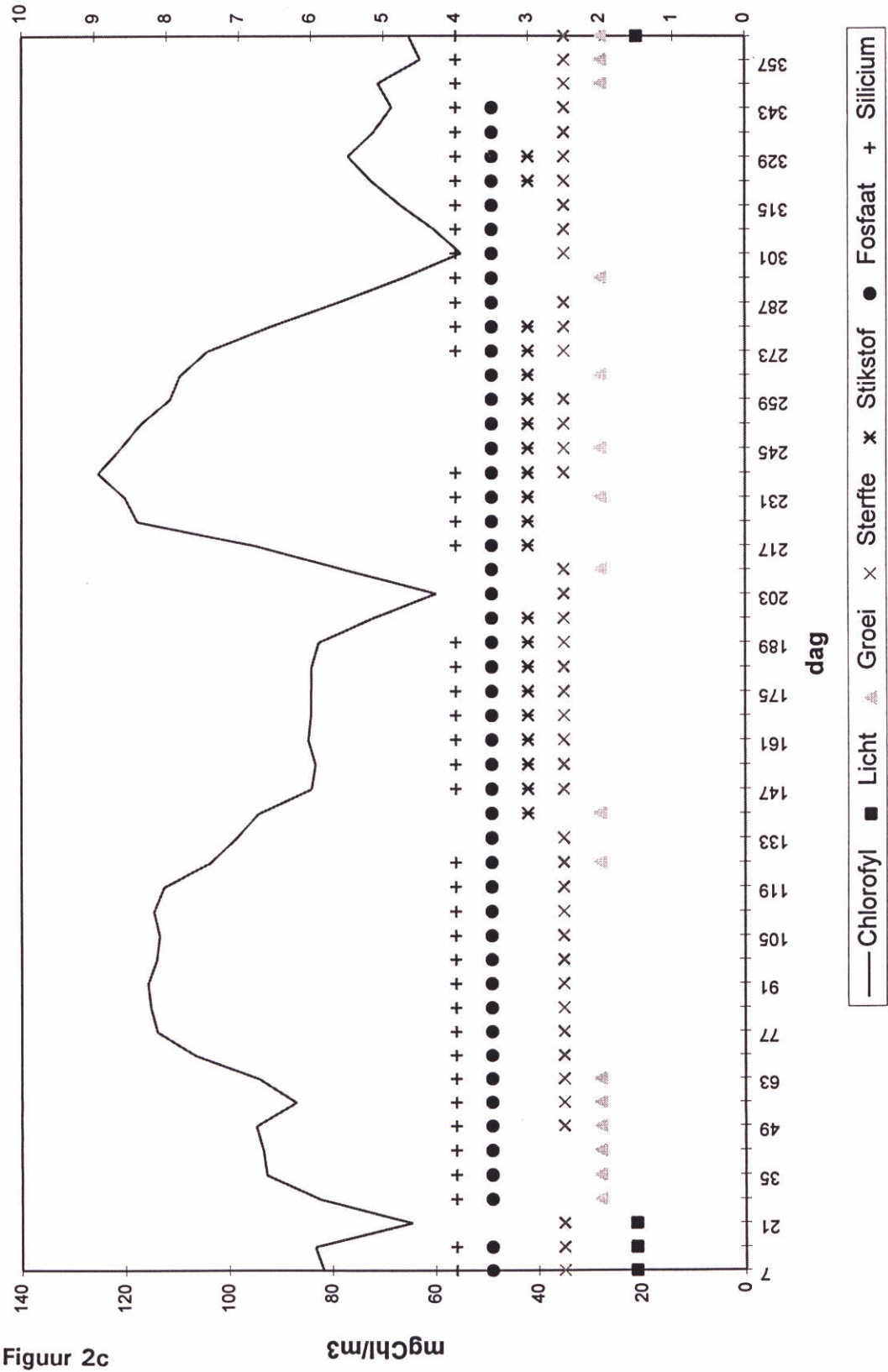
Limitaties 1989  
Aangepaste beschikbaarheid



— Chlorofyl ■ Licht ▲ Groei × Sterfte ● Fosfaat + Silicium

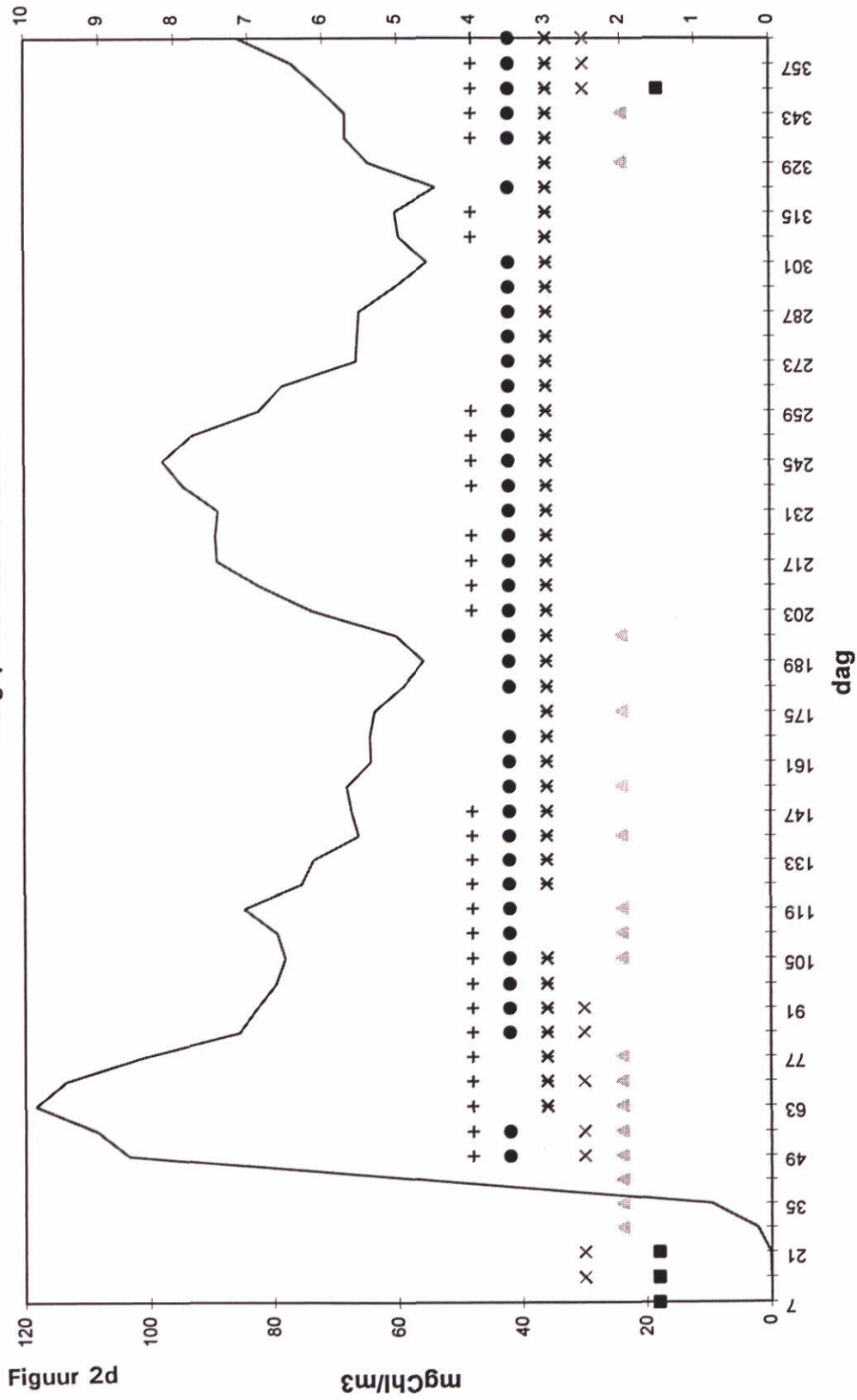
Figuur 2b

Limitaties 1990  
Geertsma



Figuur 2c

Limitaties 1990  
Aangepaste beschikbaarheid

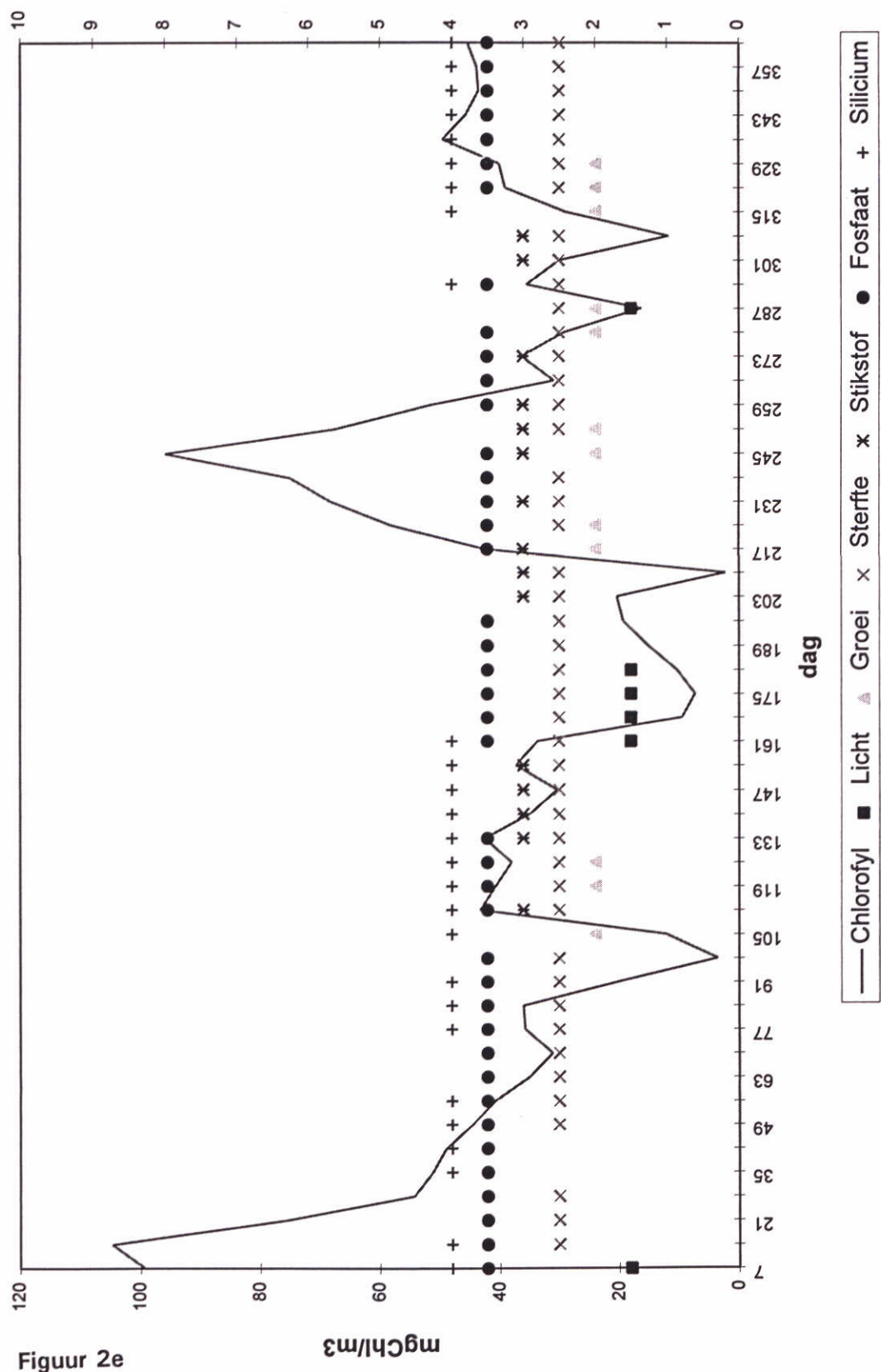


— Chlorofyl ■ Licht ▲ Groei x Sterfte x Stikstof ● Fosfaat x Silicium

Figuur 2d

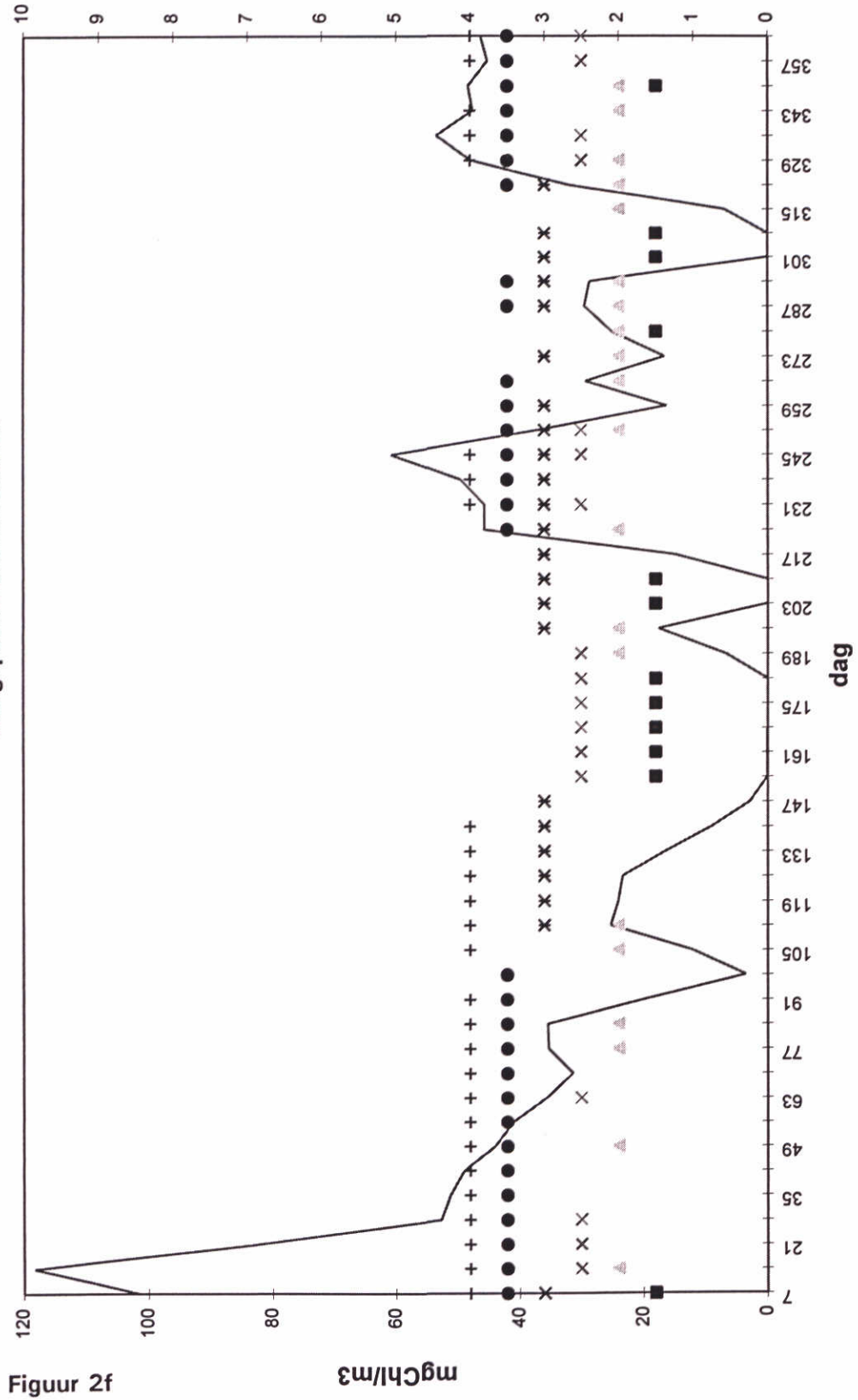


Limitaties 1991  
Geertsma



Figuur 2e

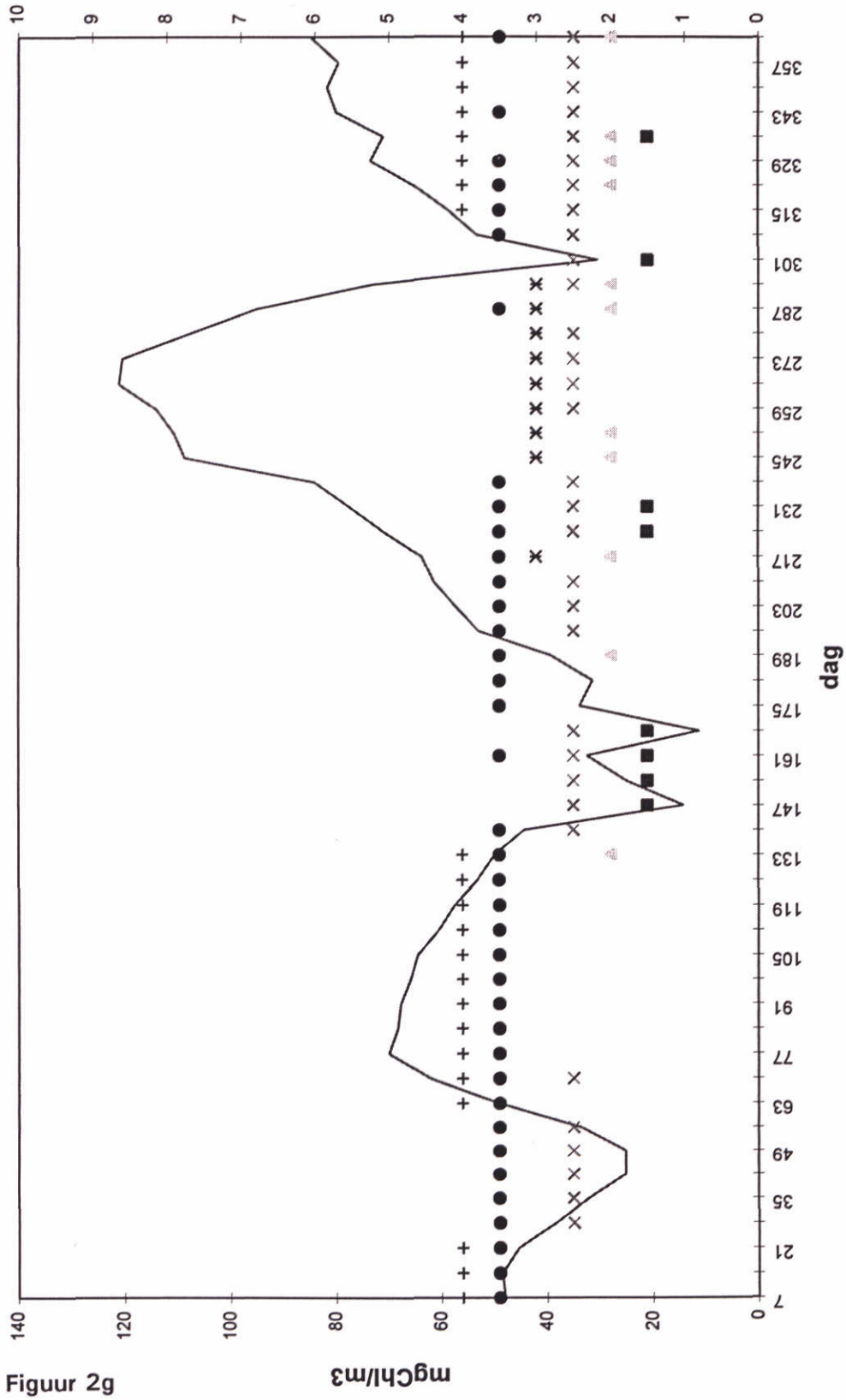
Limitaties 1991  
Aangepaste beschikbaarheid



— Chlorofyl ■ Licht ▲ Groei × Sterfte ● Fosfaat × Stikstof + Silicium

Figuur 2f

Limitaties 1992  
Geertsma

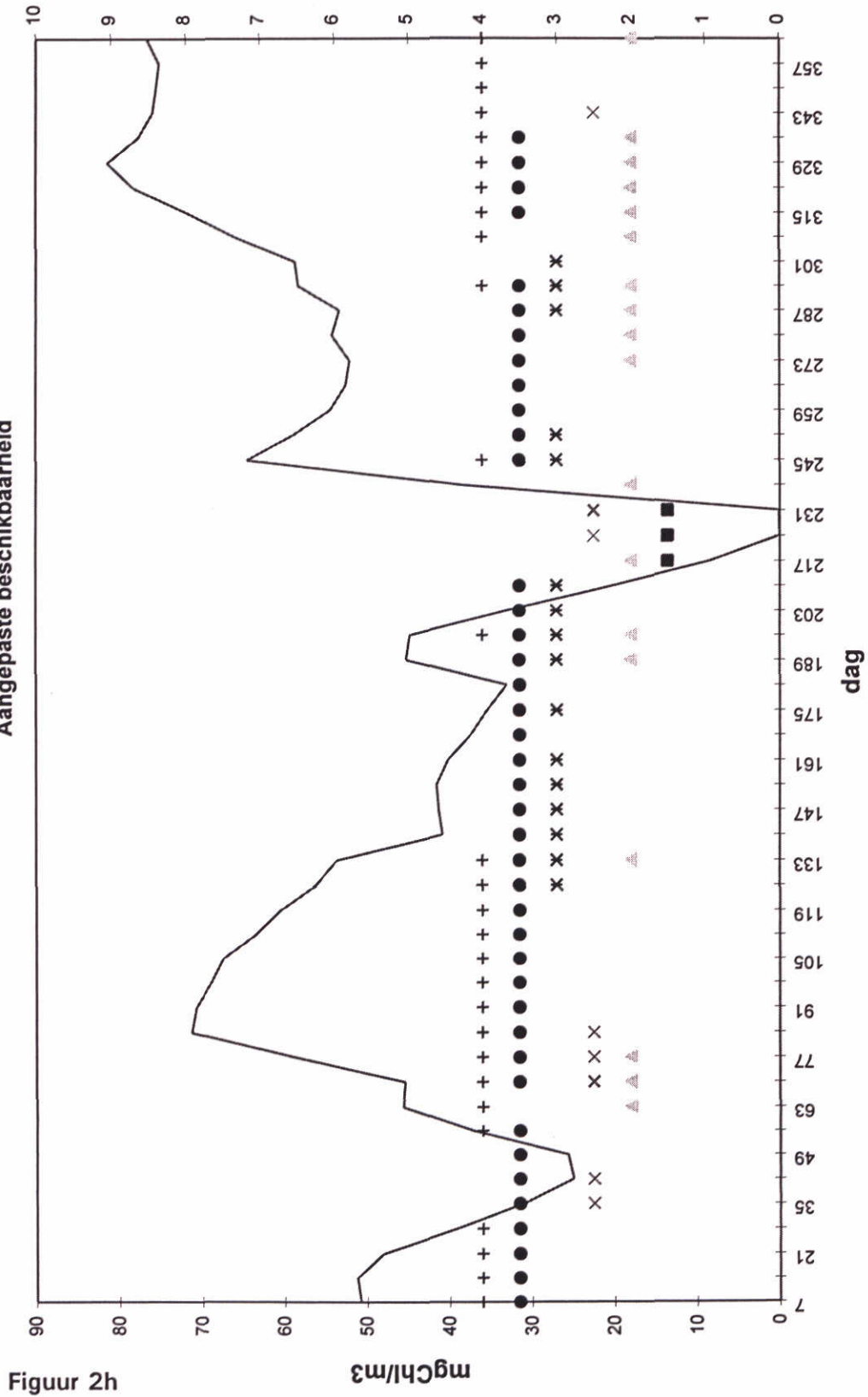


— Chlorofyl ■ Licht ▲ Groei x Sterfte x Stikstof ● Fosfaat + Silicium

Figuur 2g



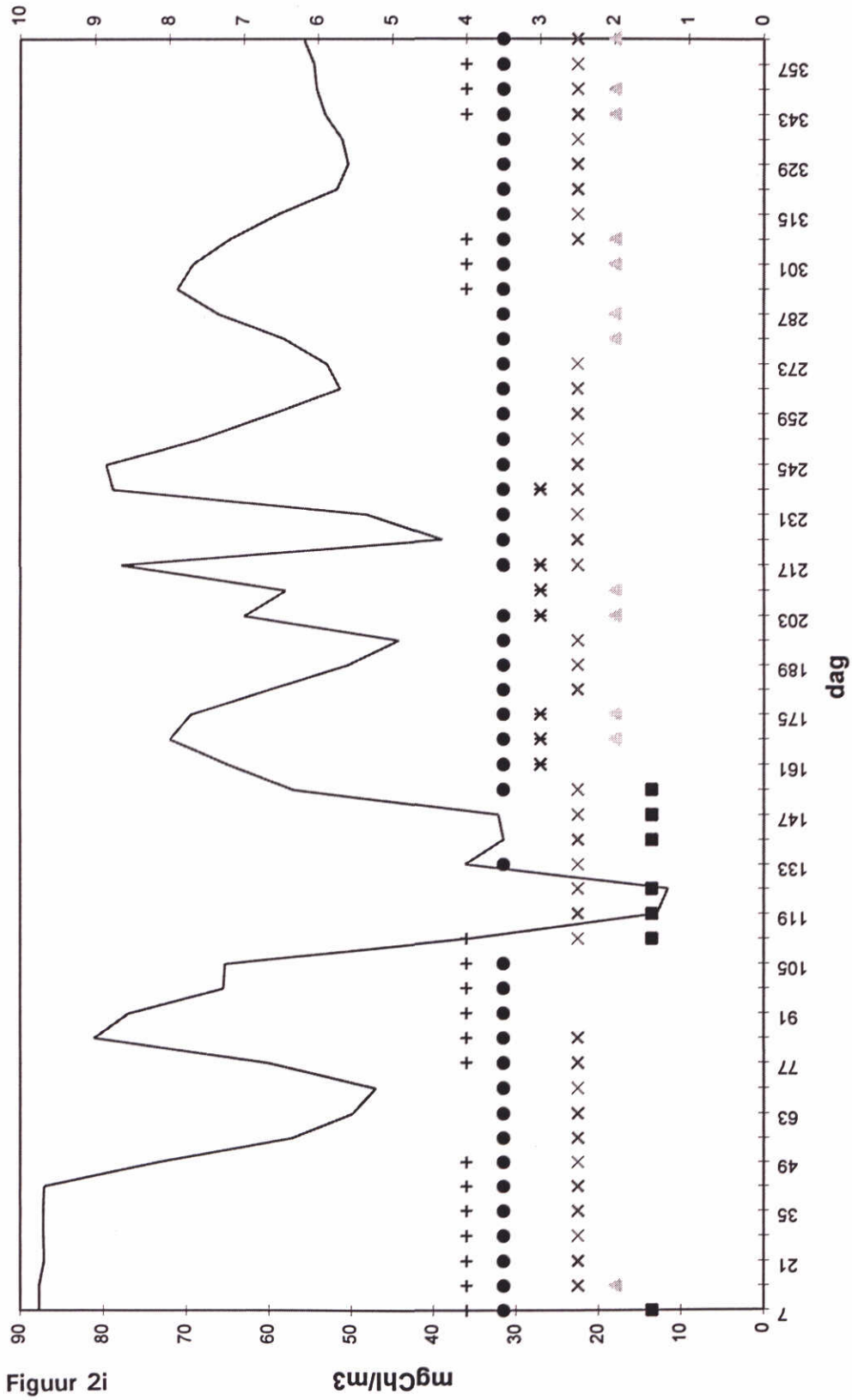
Limitaties 1992  
Aangepaste beschikbaarheid



— Chlorofyl ■ Licht ▲ Groei × Sterfte × Stikstof ● Fosfaat + Silicium

Figuur 2h

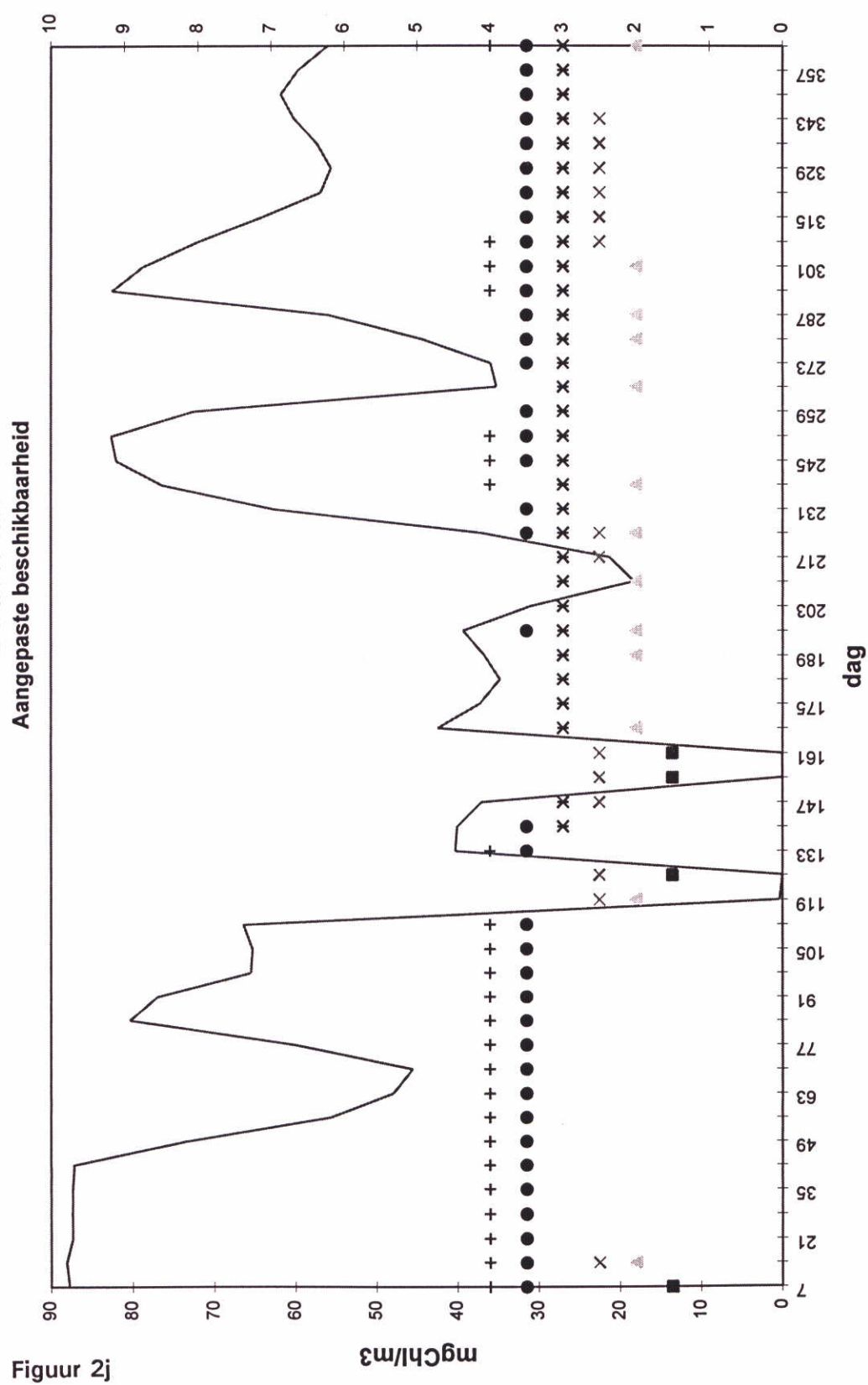
Limitaties 1993  
Geertsma



— Chlorofyl ■ Licht ▲ Groei × Sterfte ● Stikstof • Fosfaat + Silicium

Figuur 2i

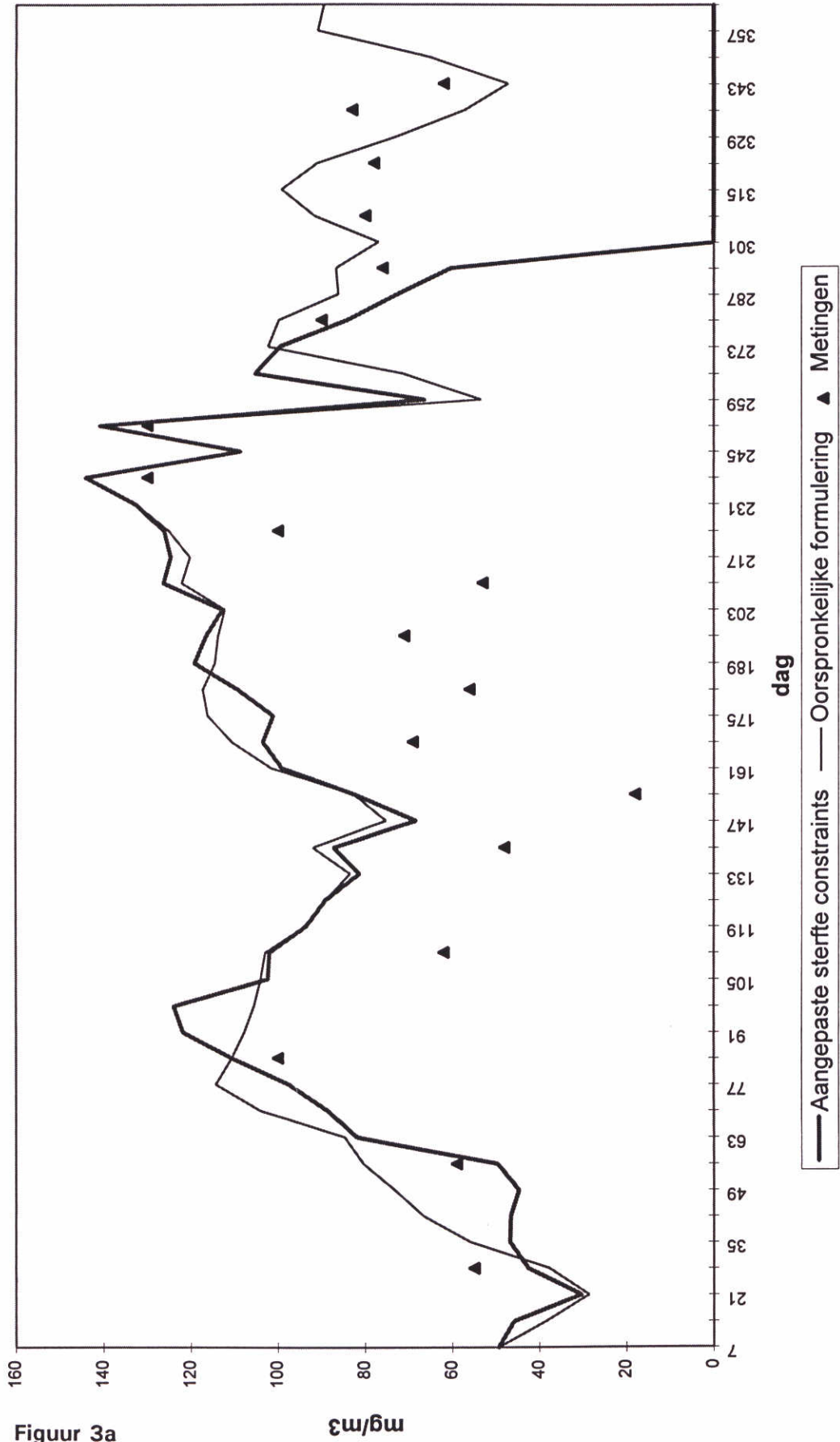
Limitaties 1993  
Aangepaste beschikbaarheid



Figuur 2j

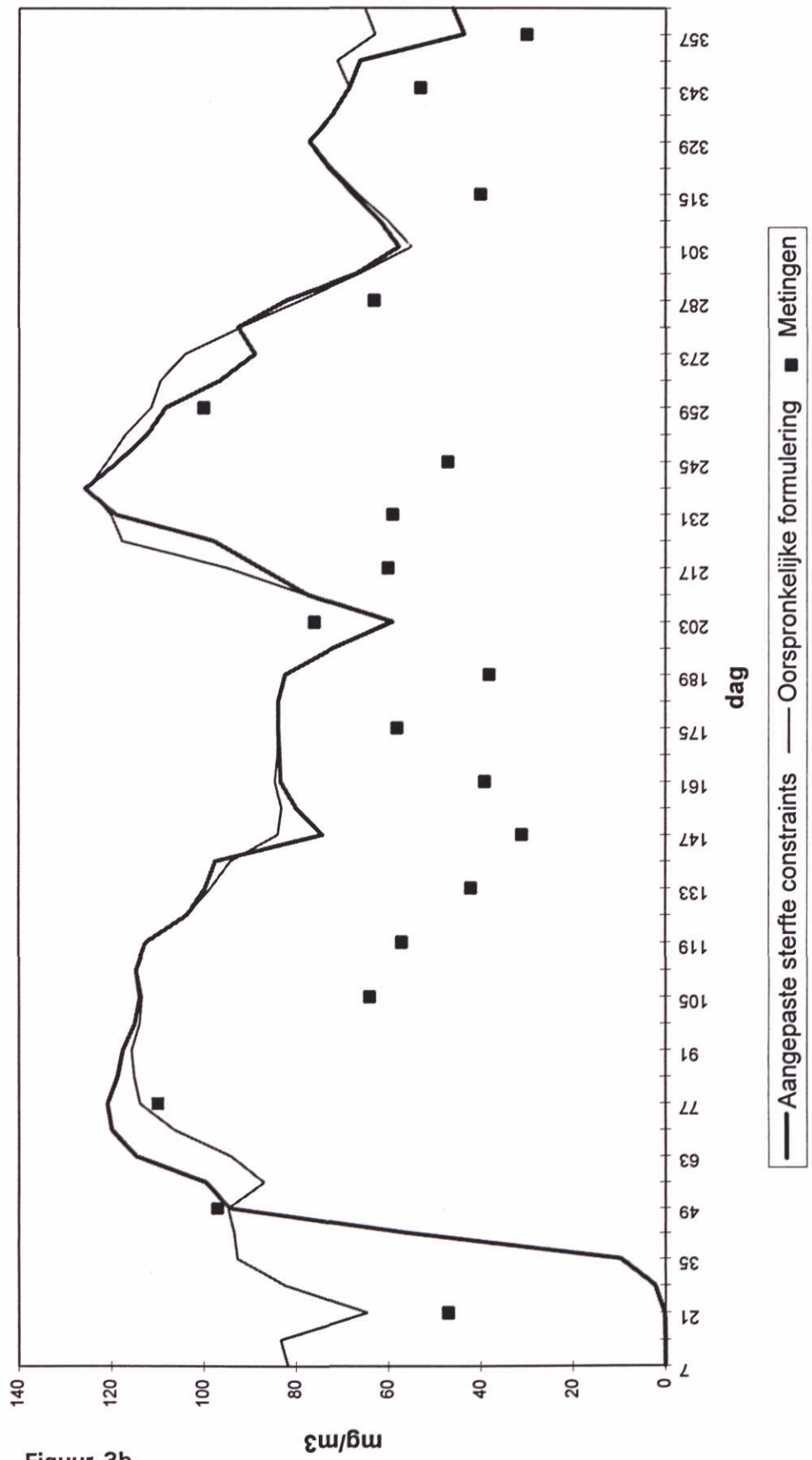


# Chlorofyl 1989

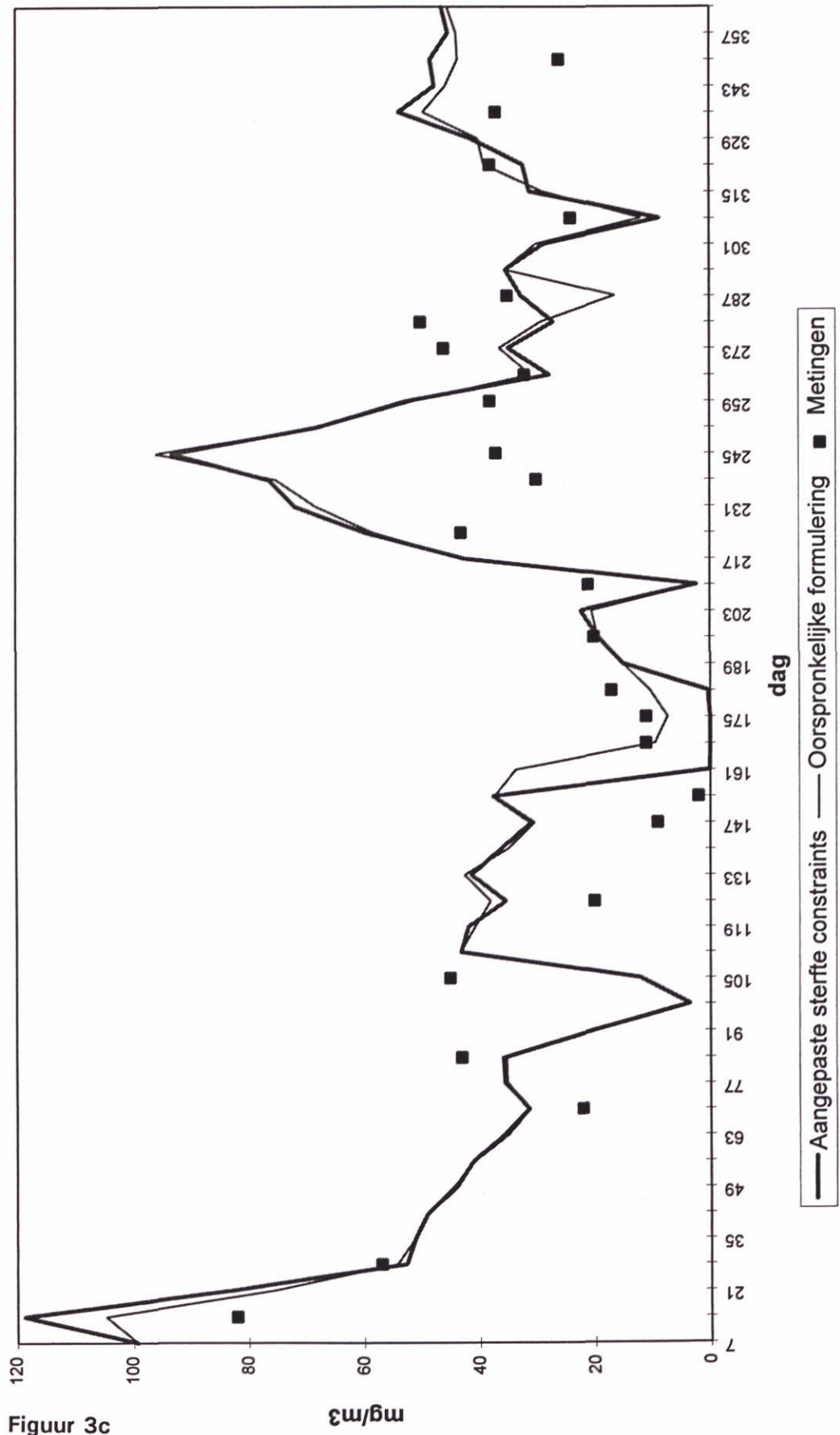


Figuur 3a

Chlorofyl  
1990

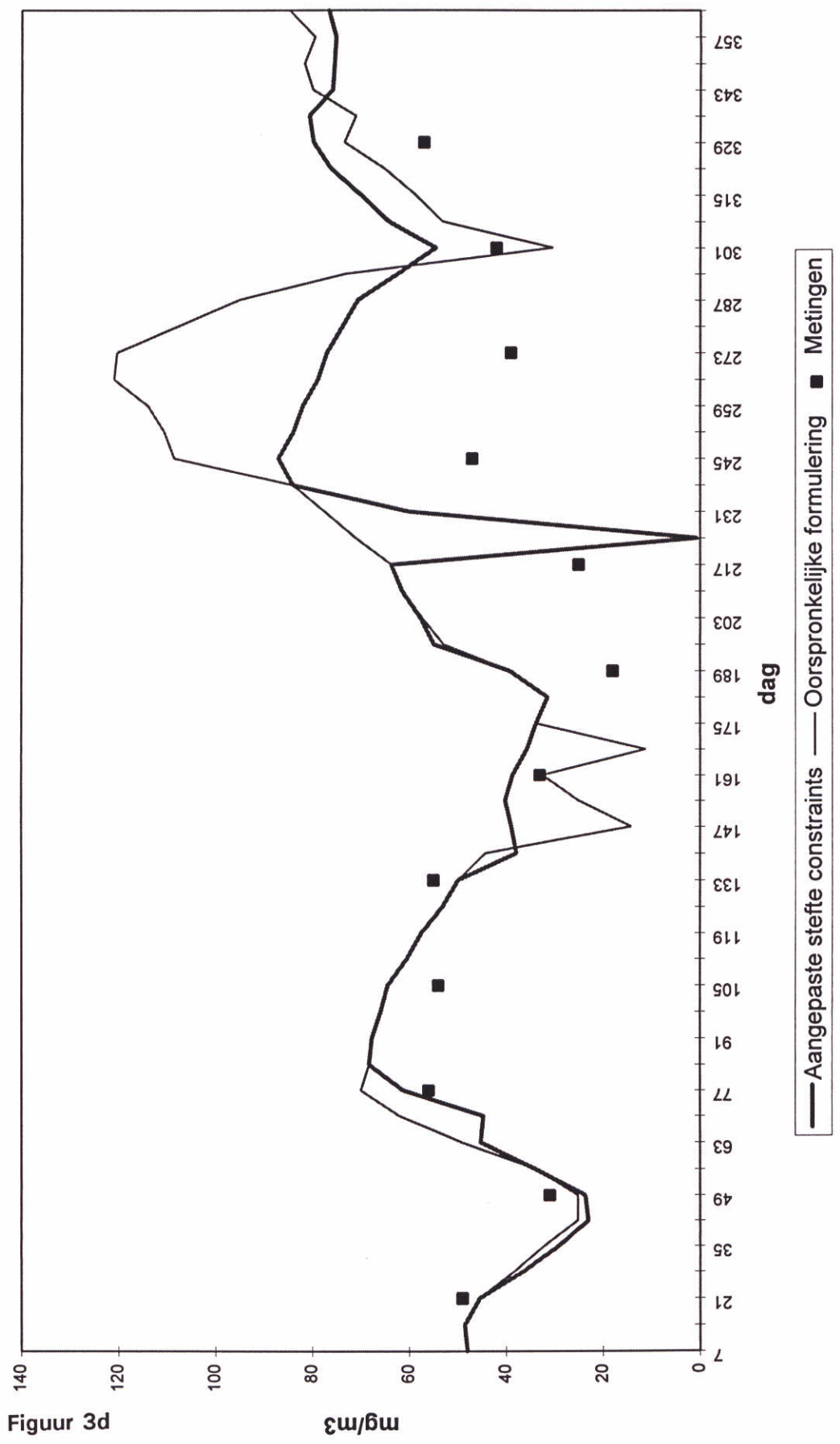


# Chlorofyl 1991



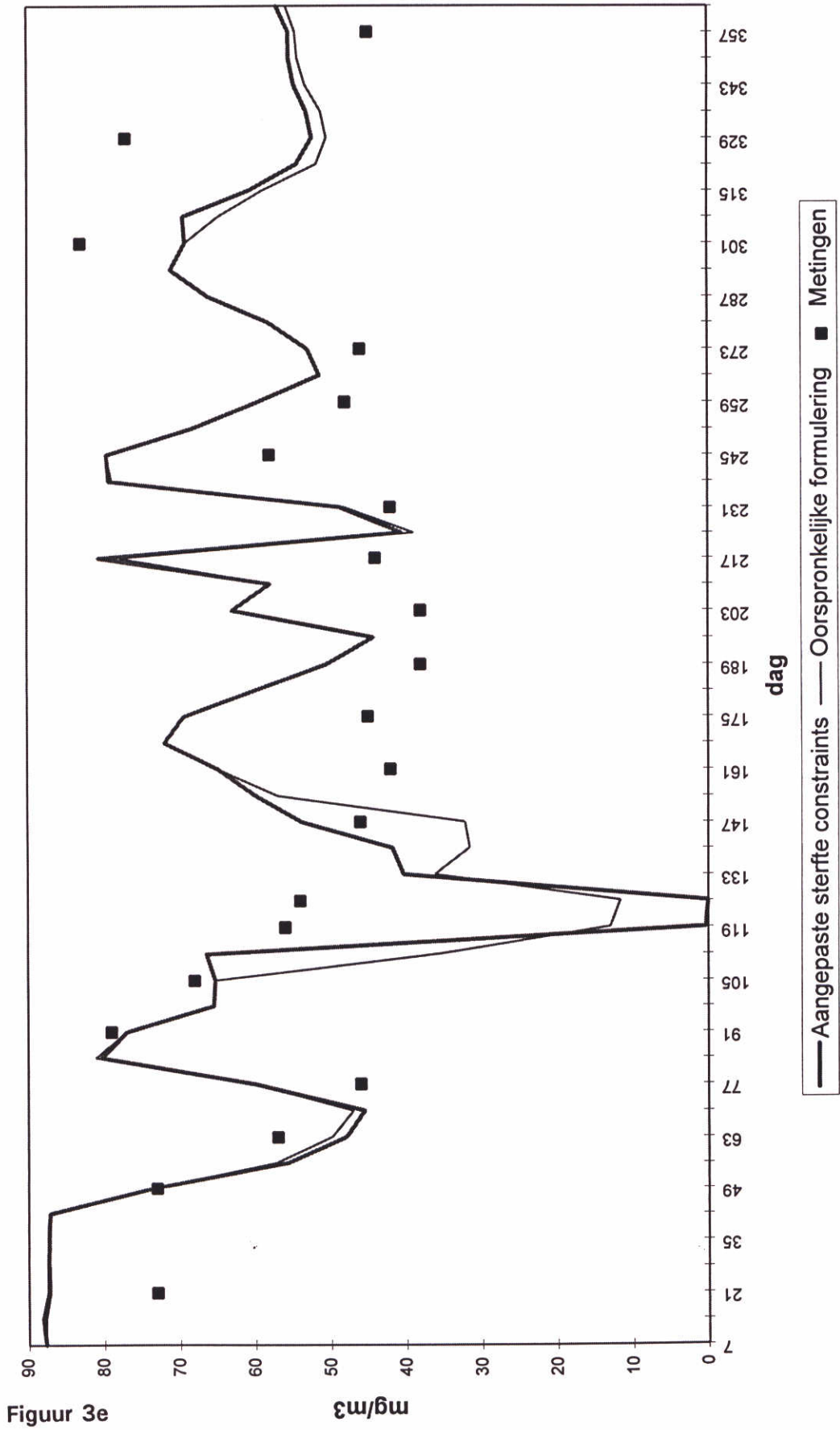
Figuur 3c

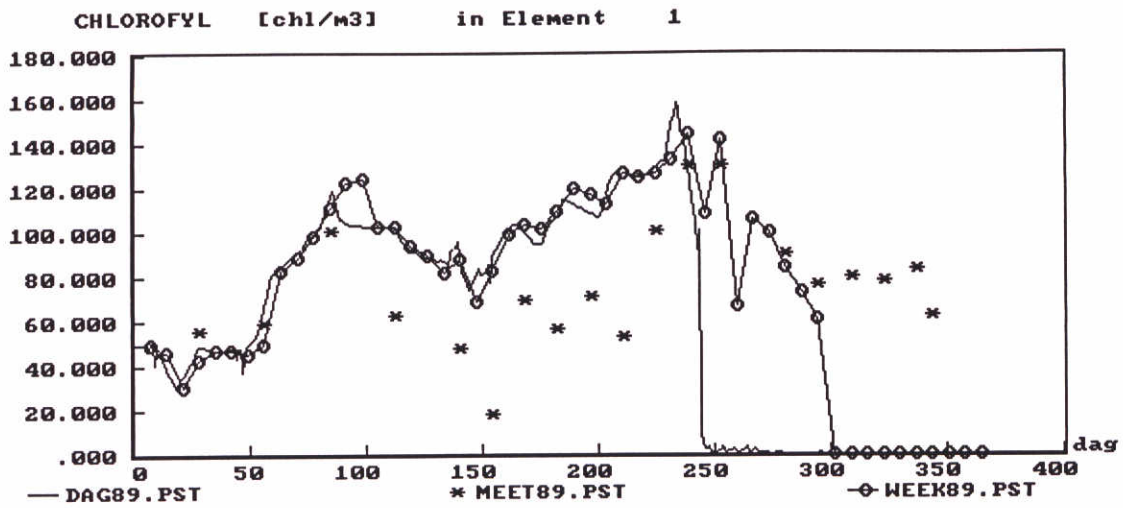
# Chlorofyl 1992



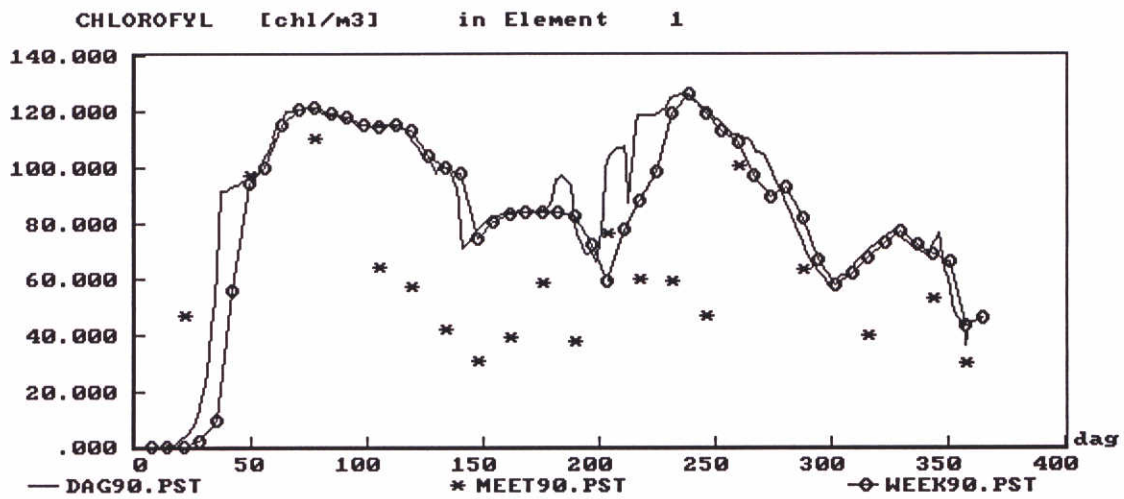


Chlorofyl  
1993

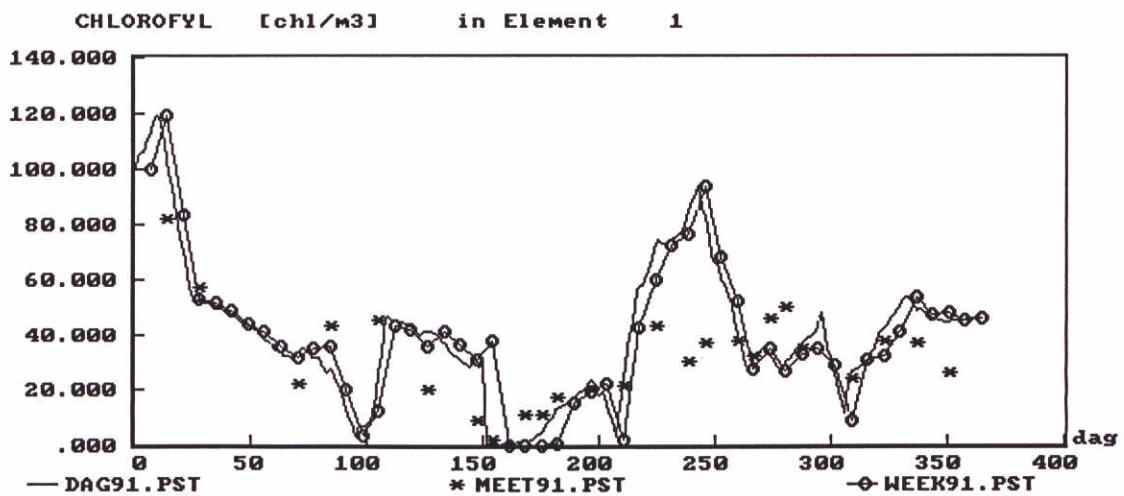




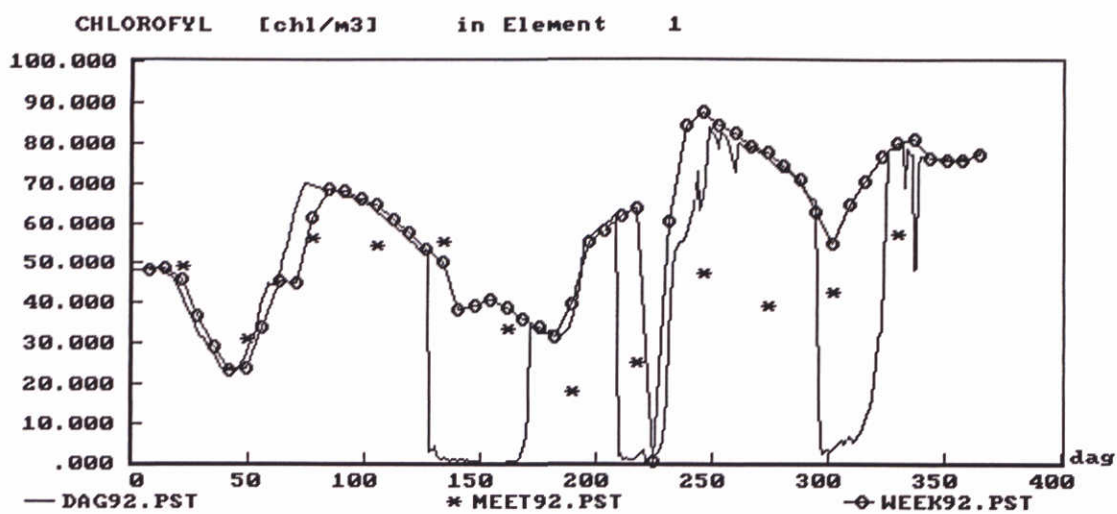
Figuur 4a



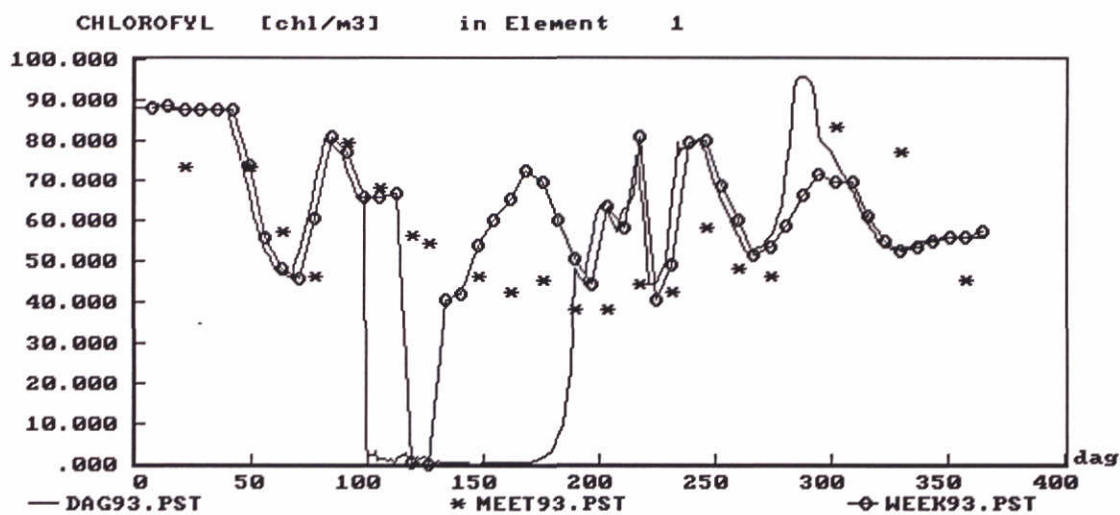
Figuur 4b



Figuur 4c

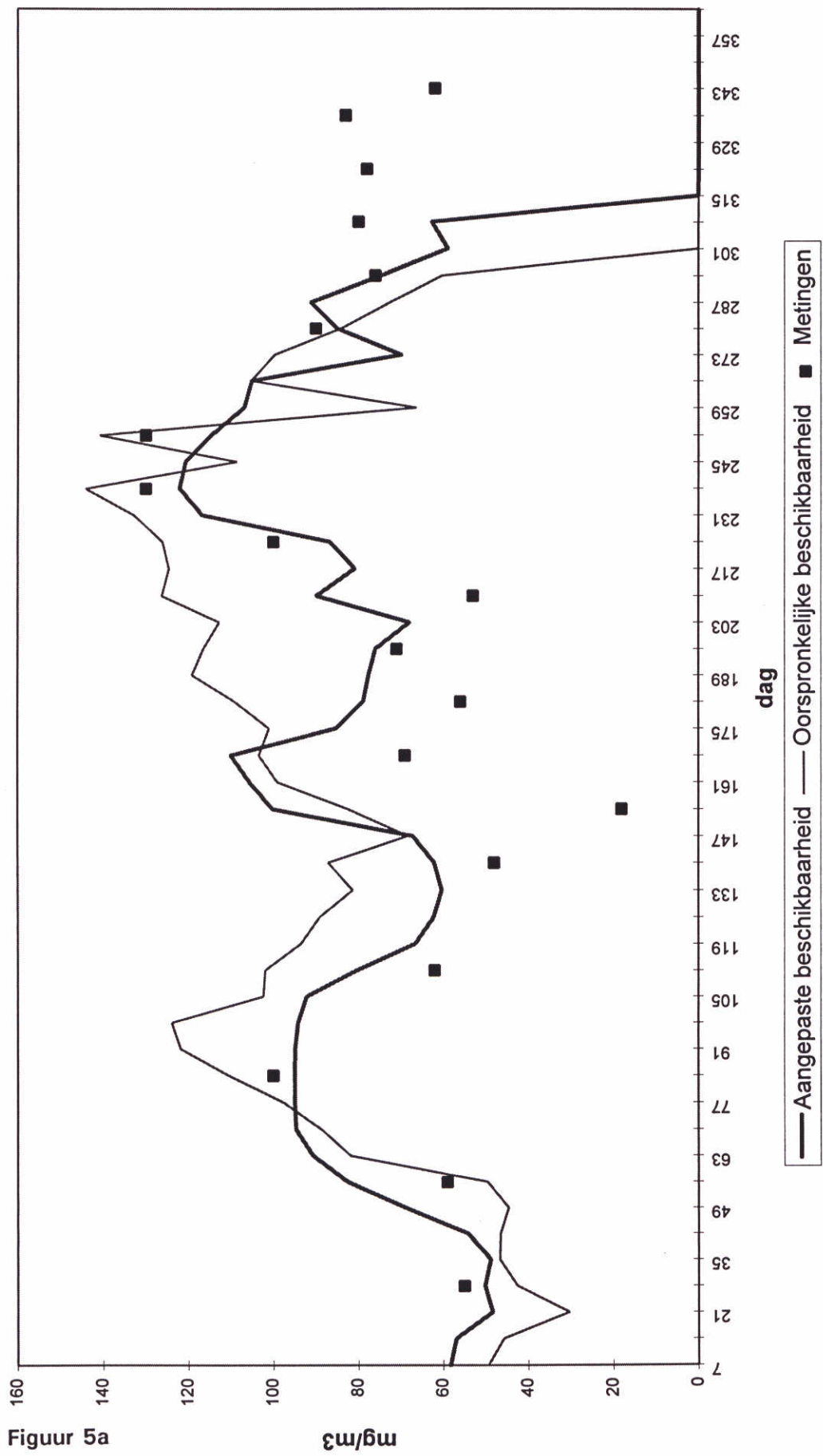


Figur 4d



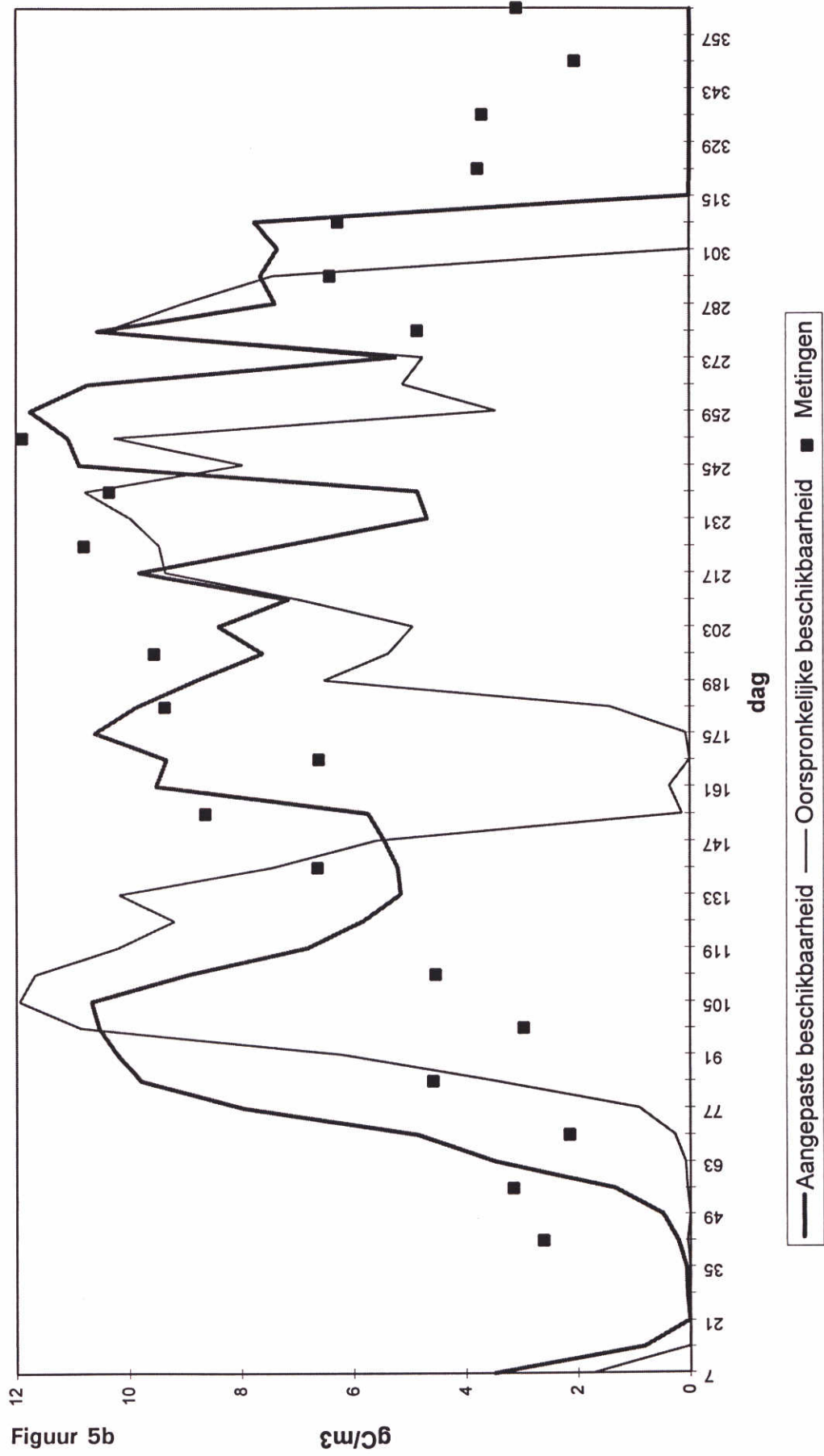
Figur 4e

# Chlorofyl 1989



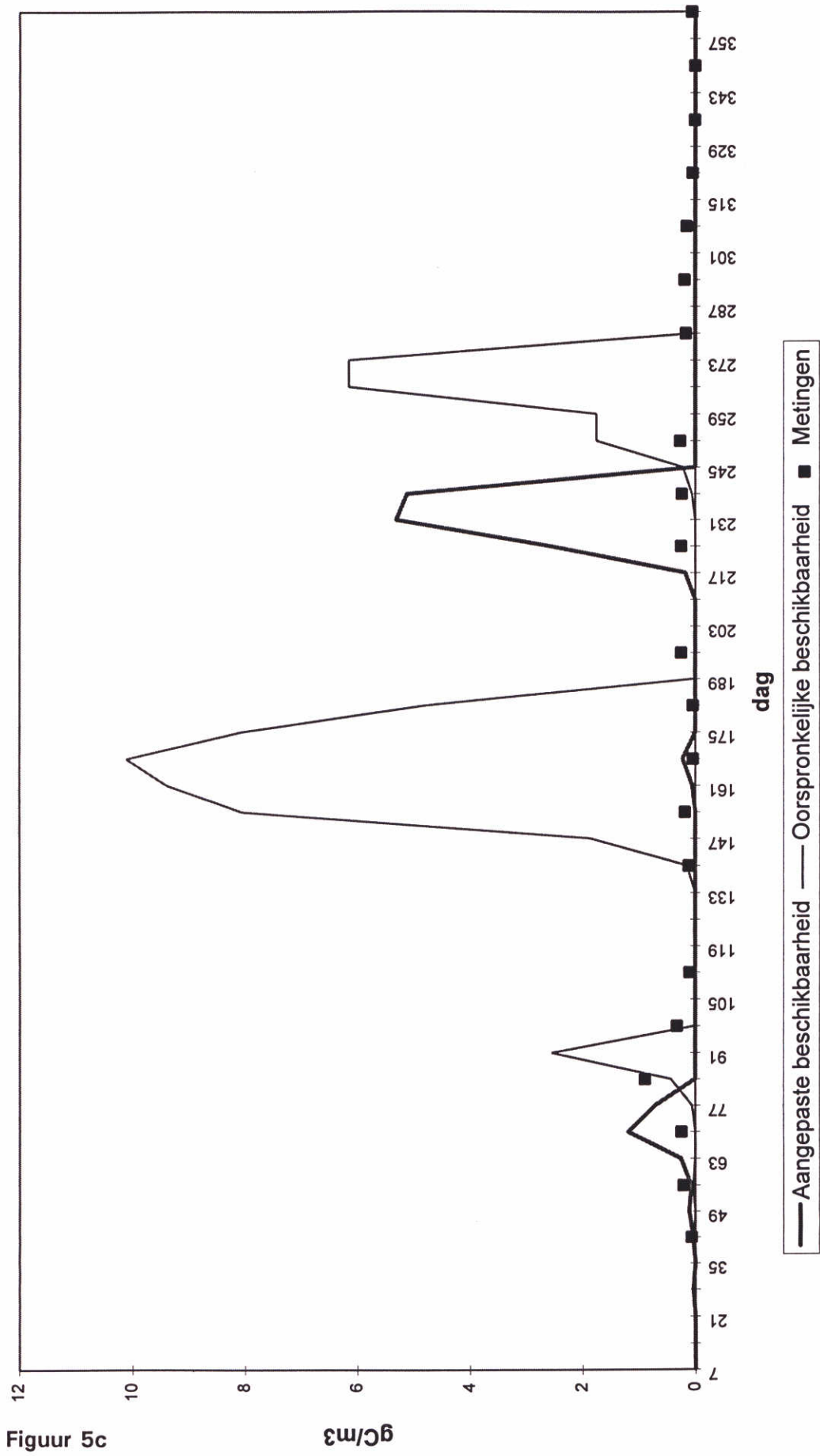


Blauwwieren  
1989

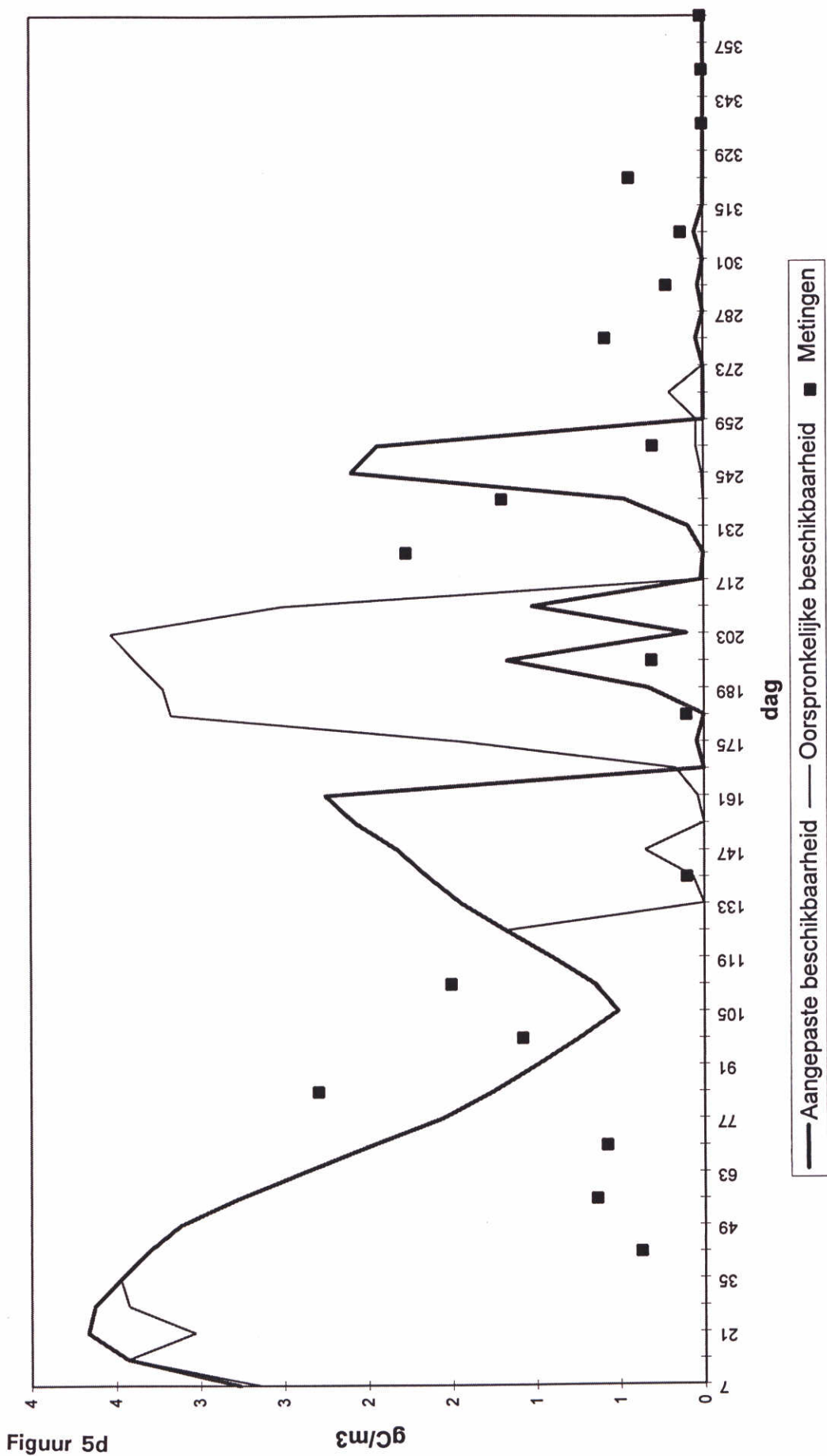


Figuur 5b

Groenwieren  
1989

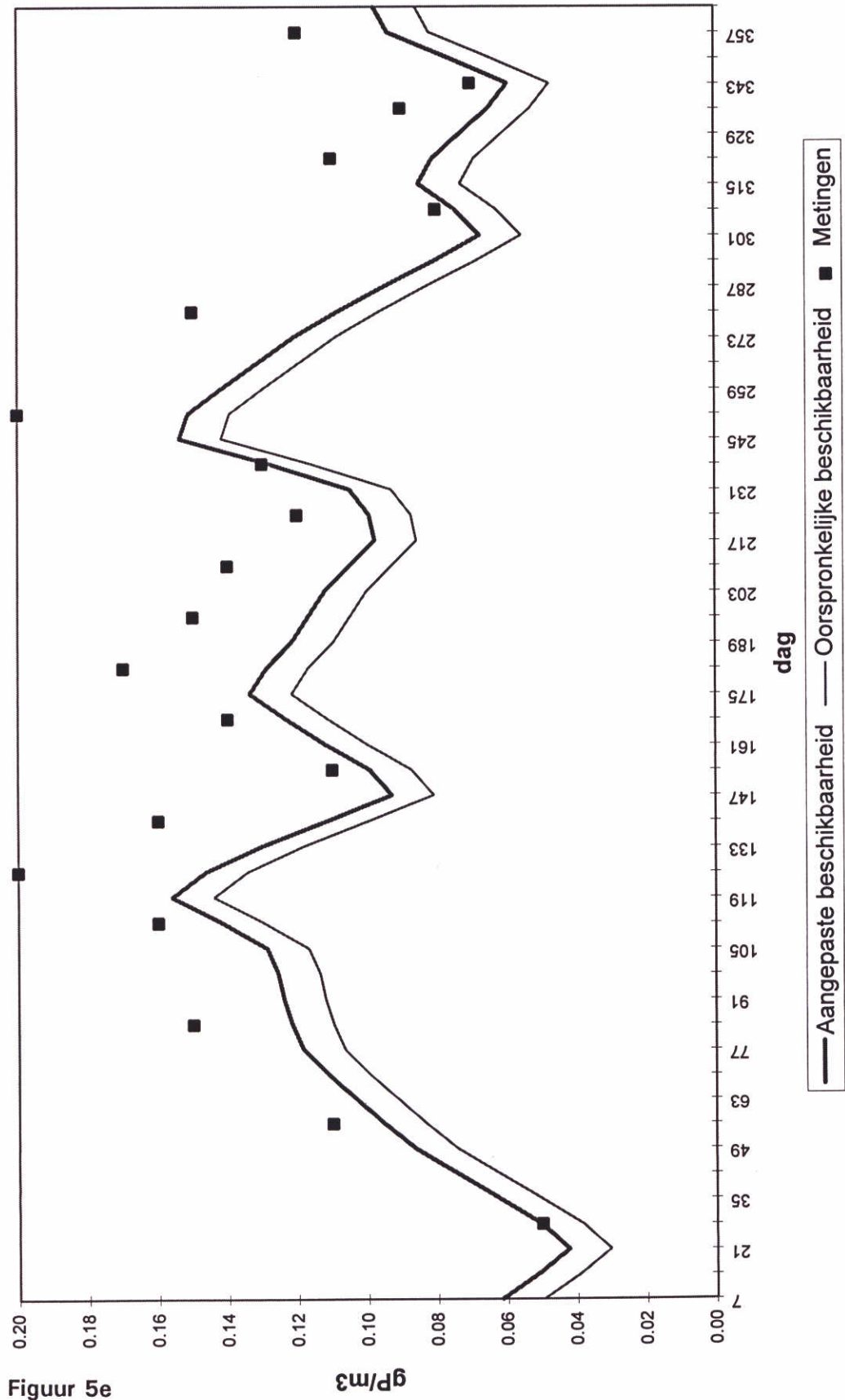


# Diatomeeen 1989



Figuur 5d

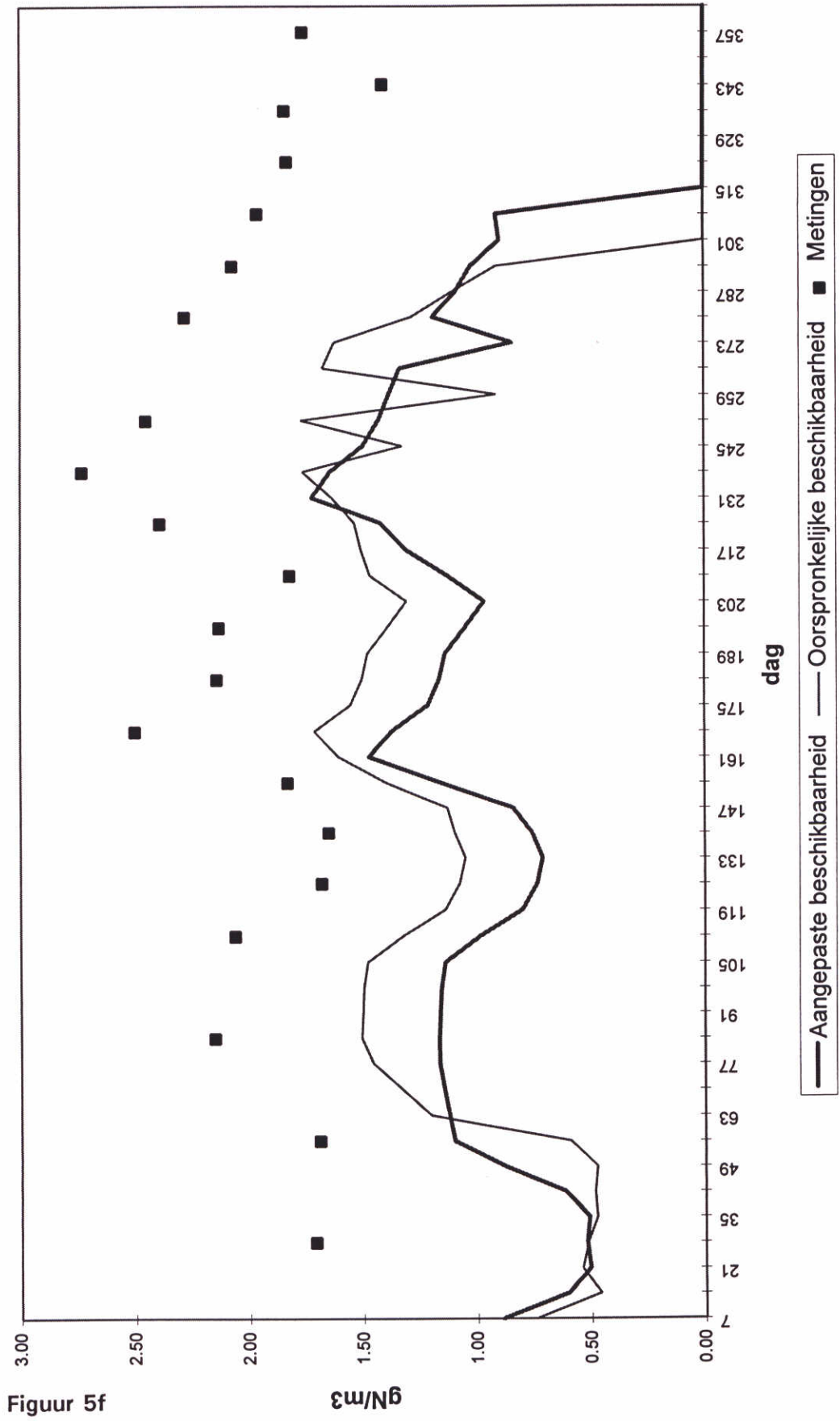
# Totaalfosfaat (beschikbaar) 1989



Figuur 5e

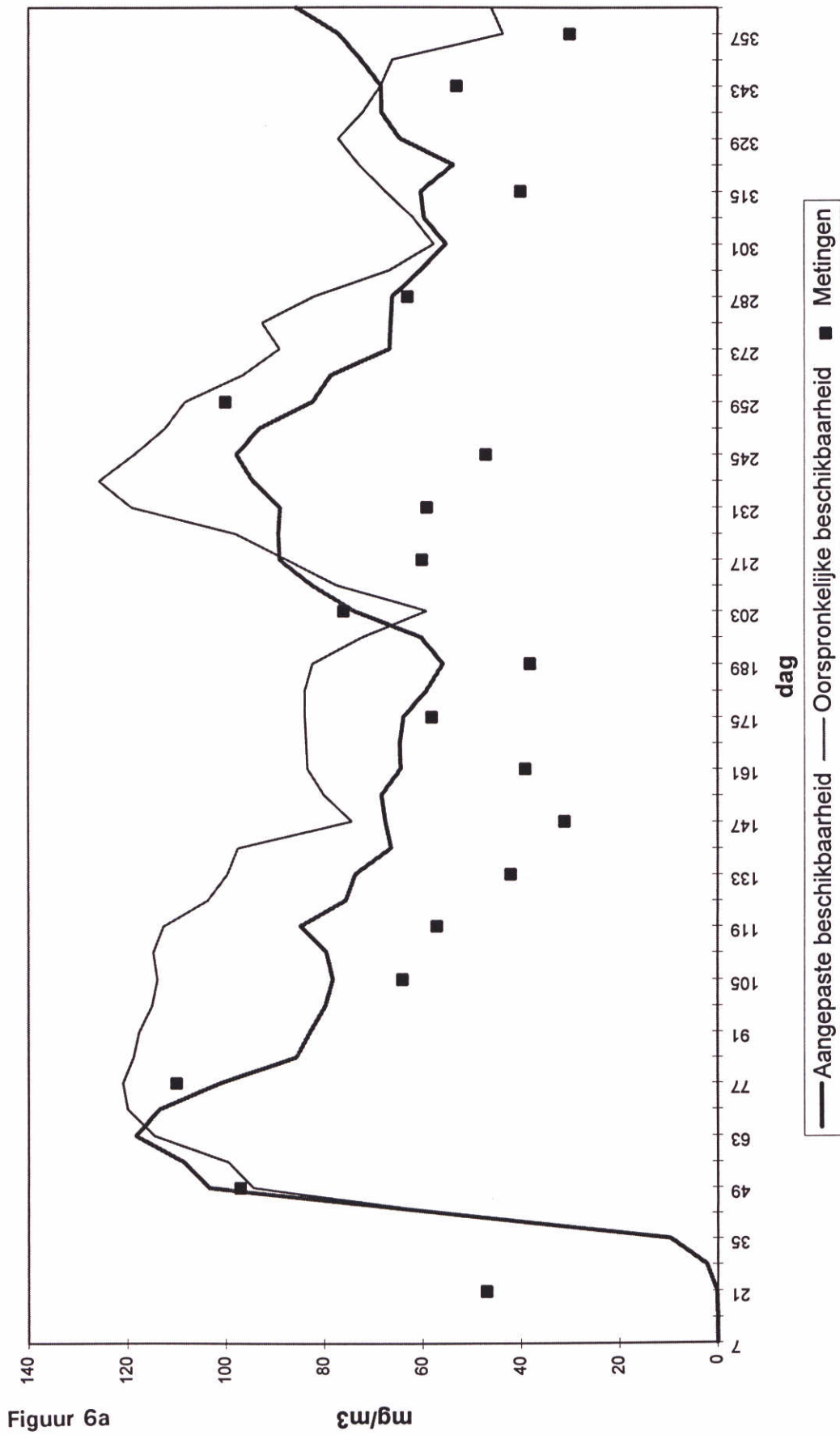


Kjeldahl (beschikbaar)  
1989



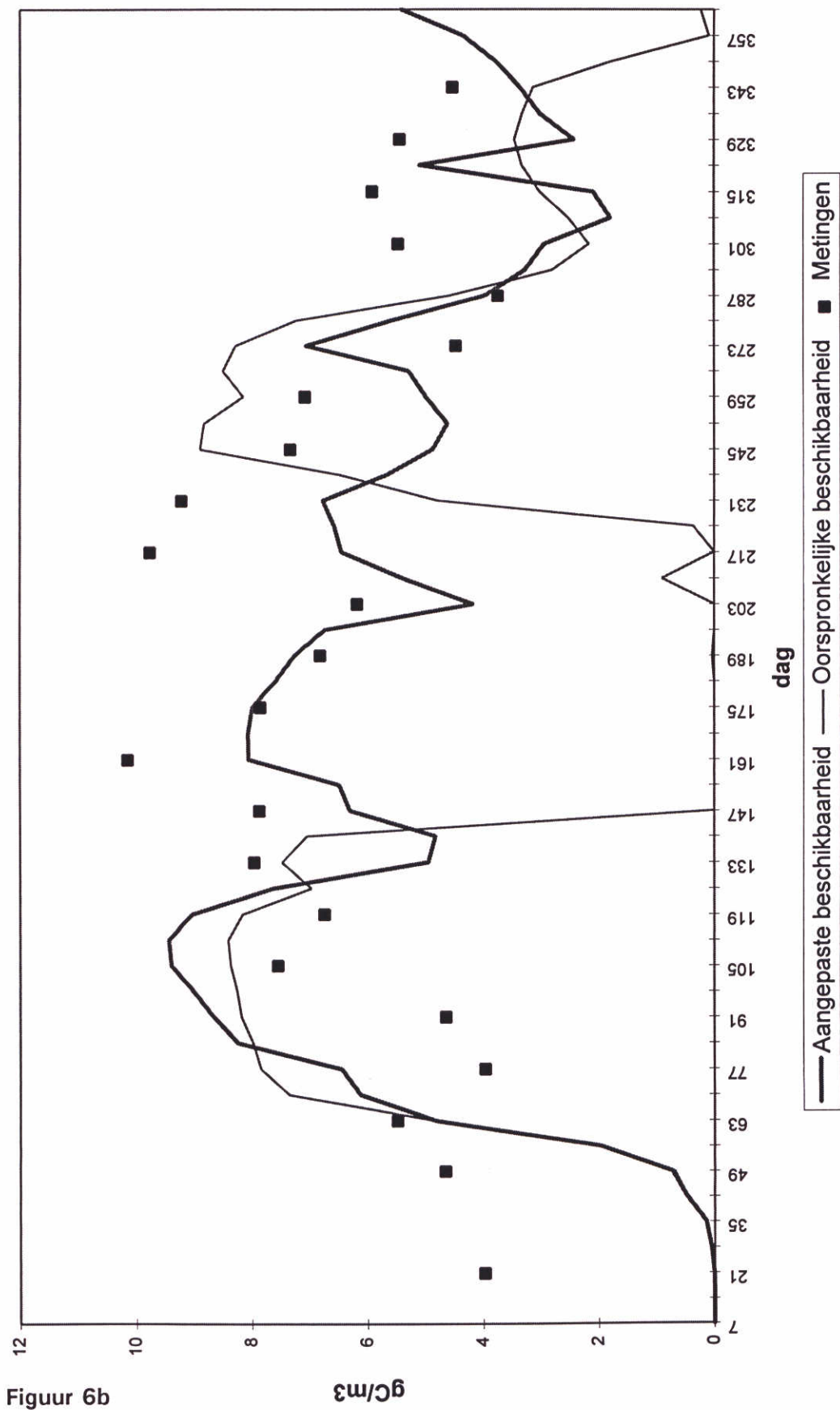
Figuur 5f

# Chlorofyl 1990



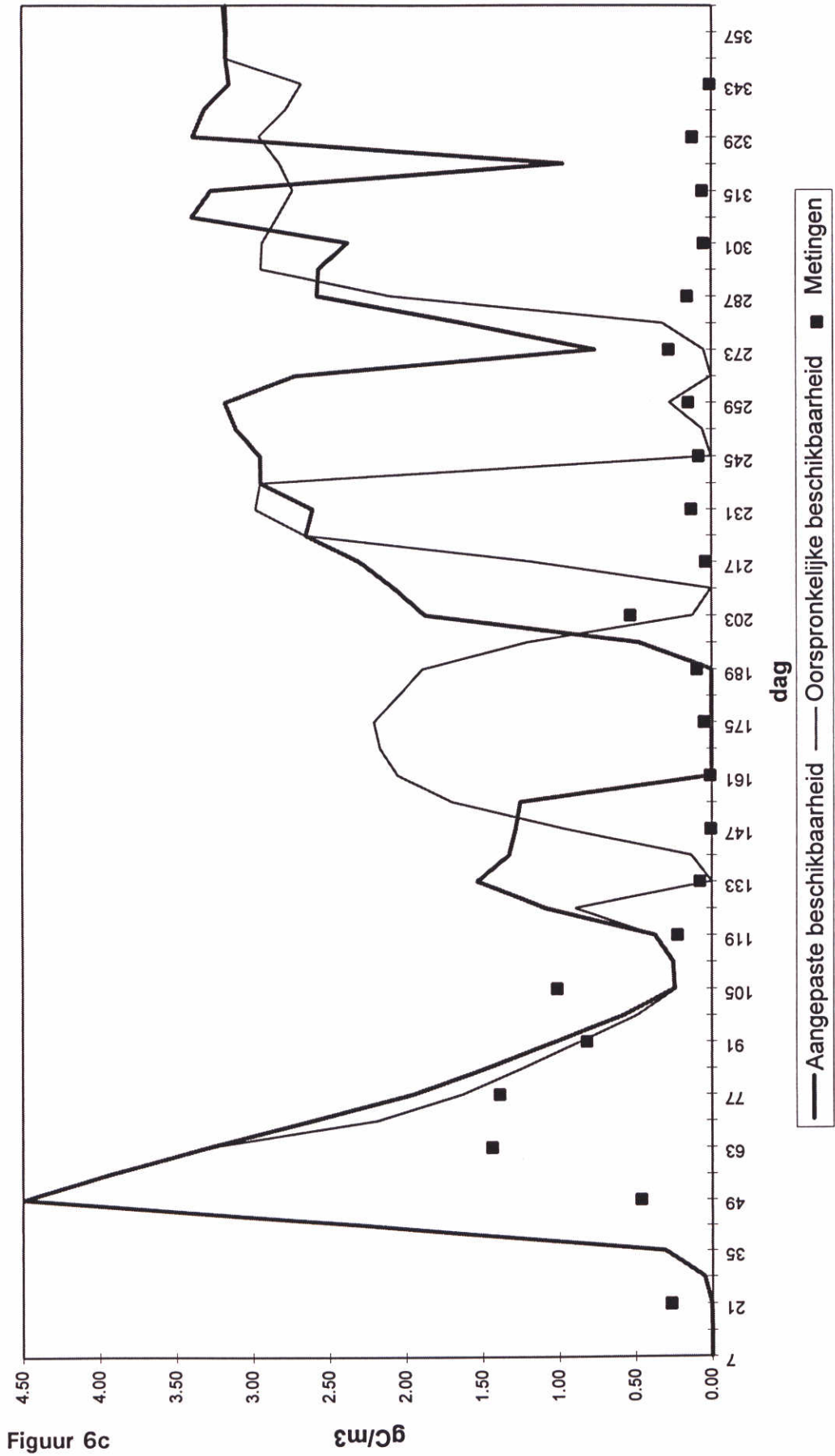
Figuur 6a

# Blauwieren 1990



Figuur 6b

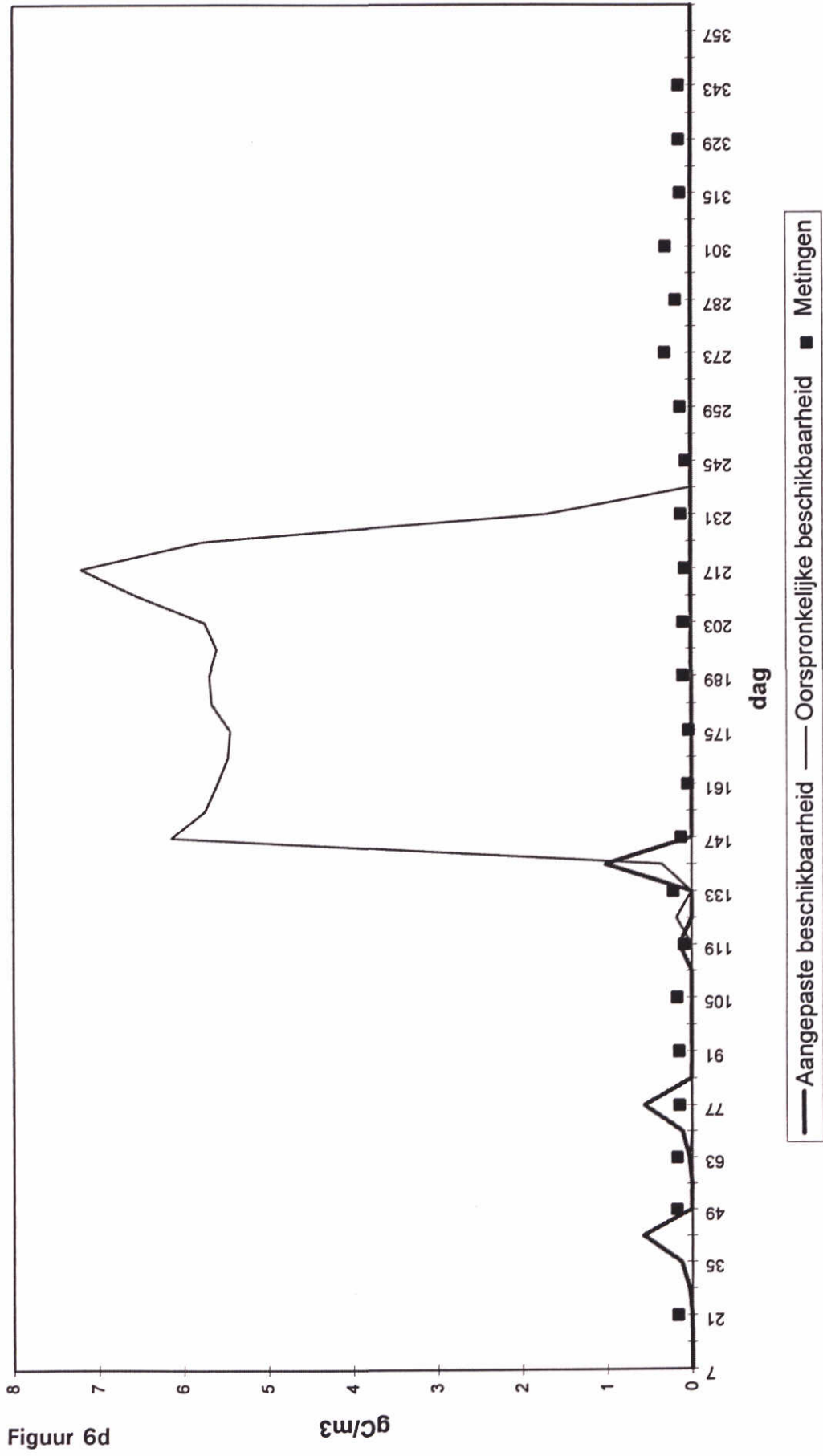
# Diatomeeen 1990



Figuur 6c

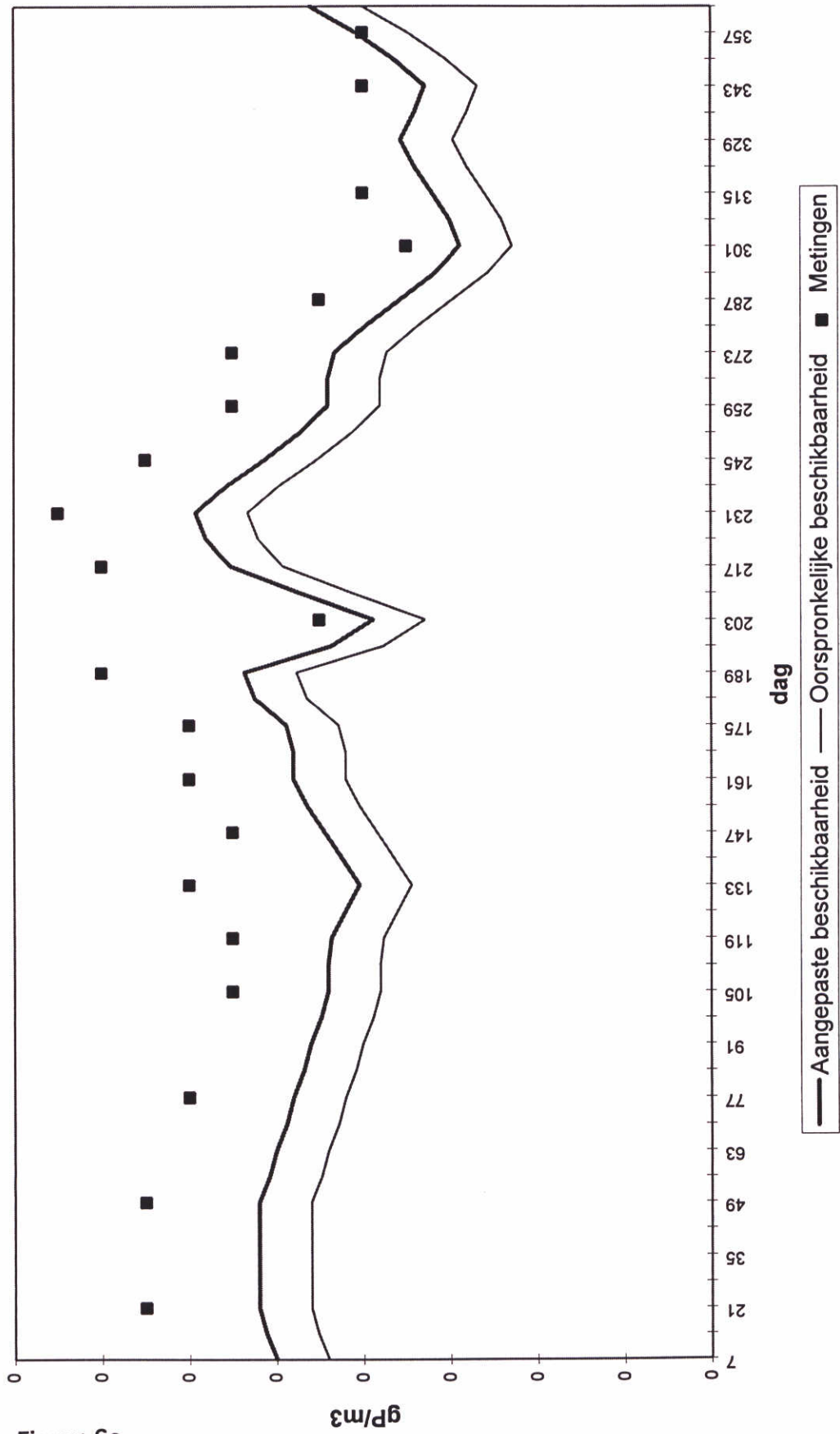


# Groenwieren 1990



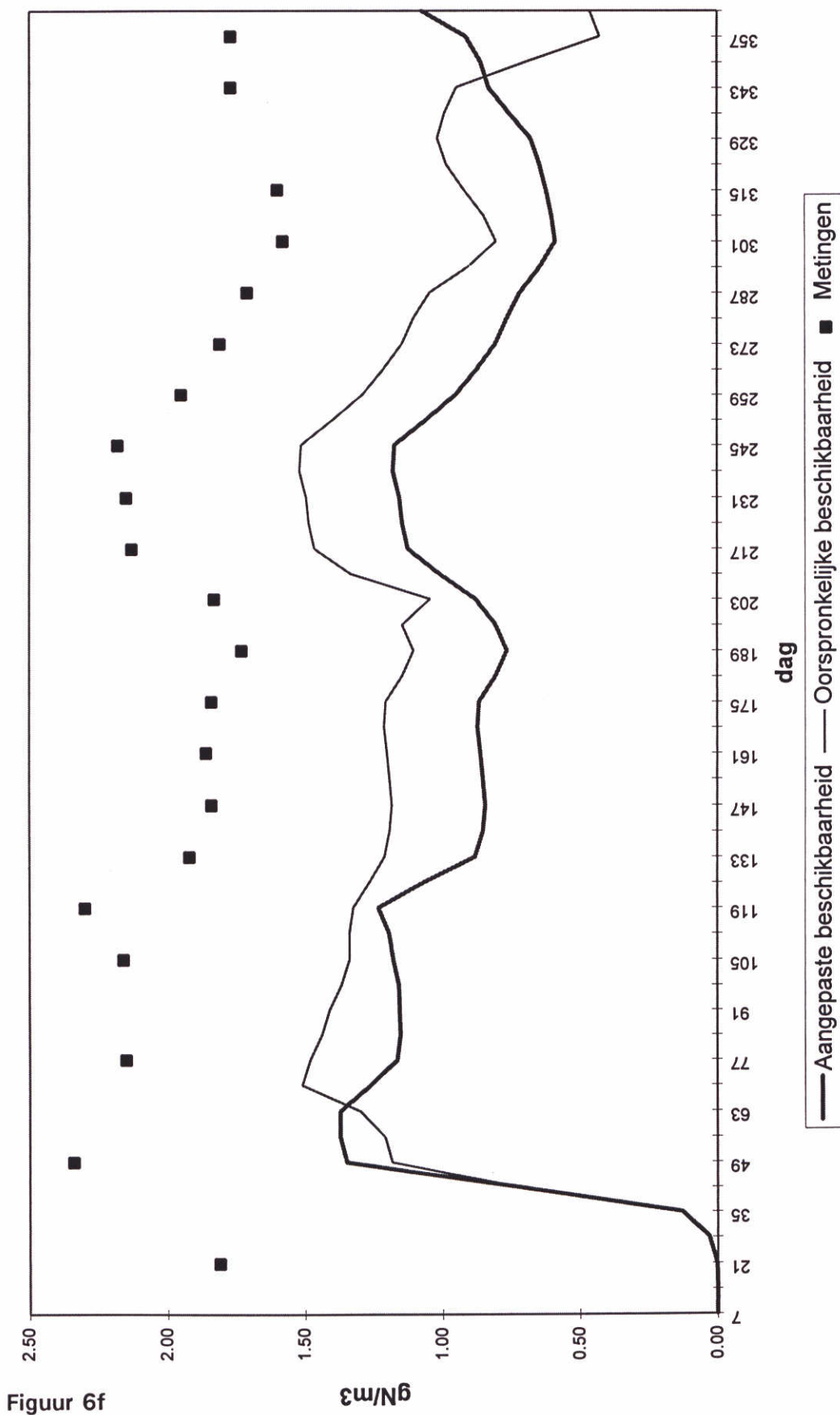
Figuur 6d

Totaal fosfaat (beschikbaar)  
1990



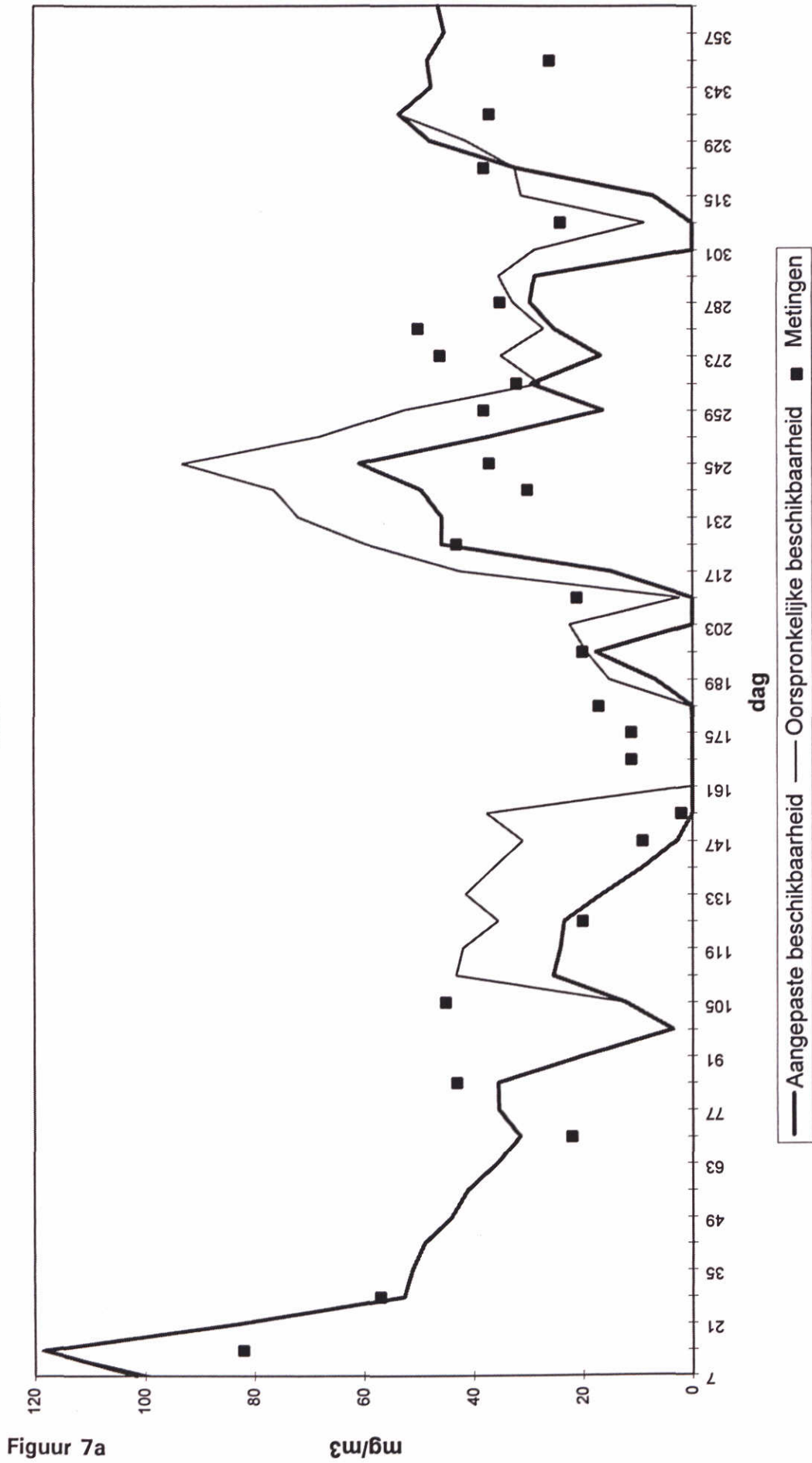
Figuur 6e

Kjeldahl (beschikbaar)  
1990



Figuur 6f

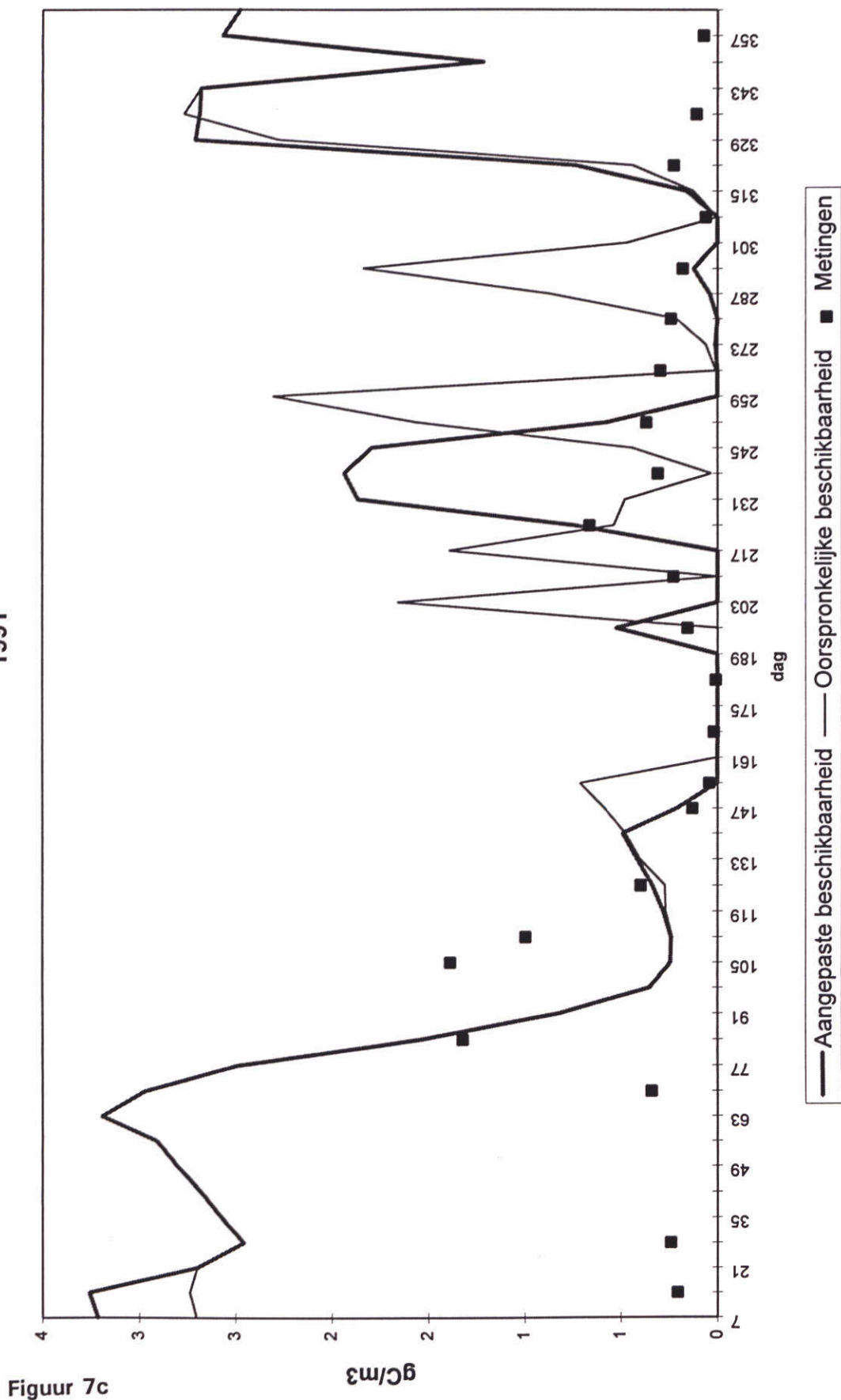
# Chlorofyl 1991



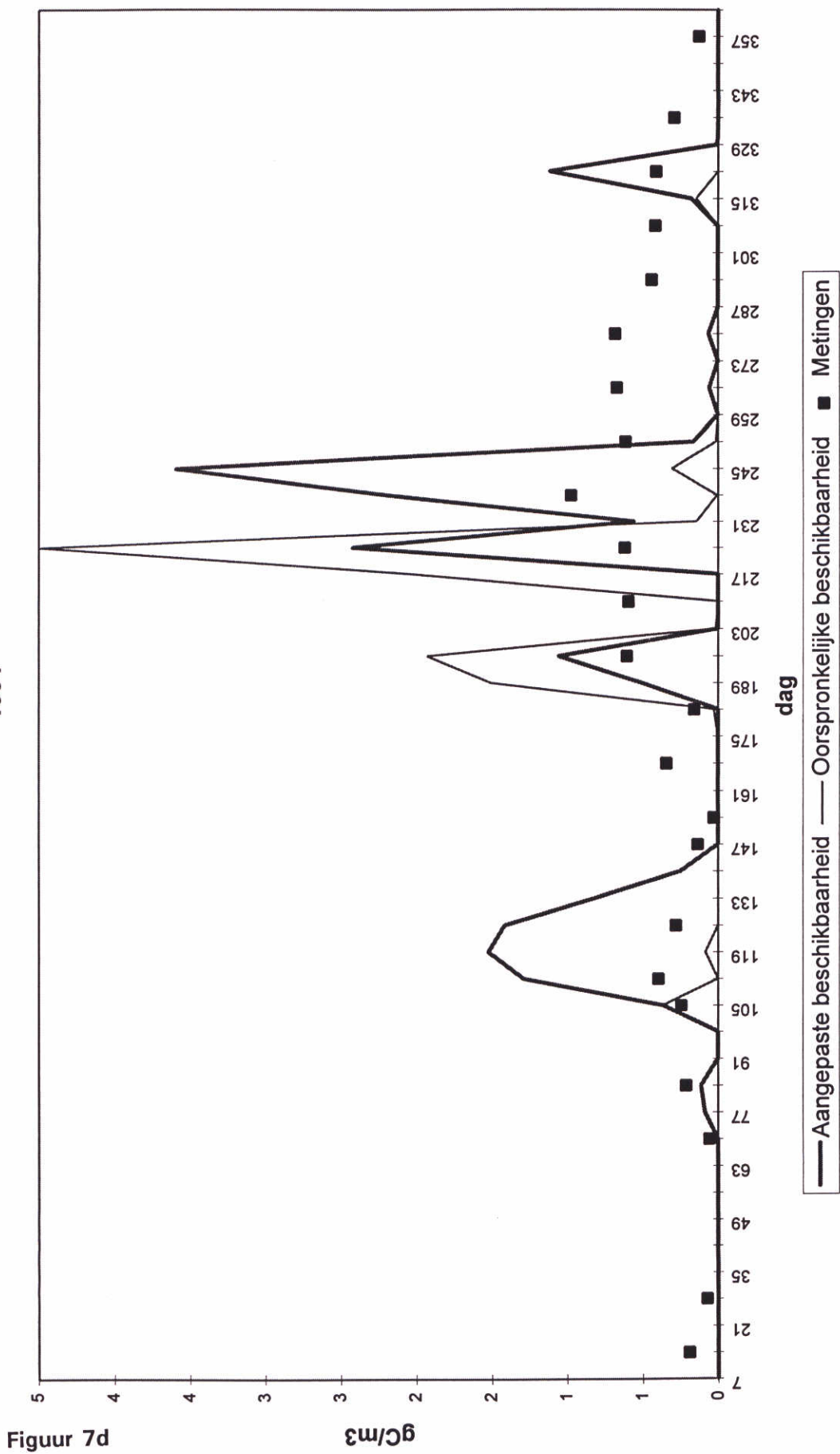




# Diatomeeen 1991

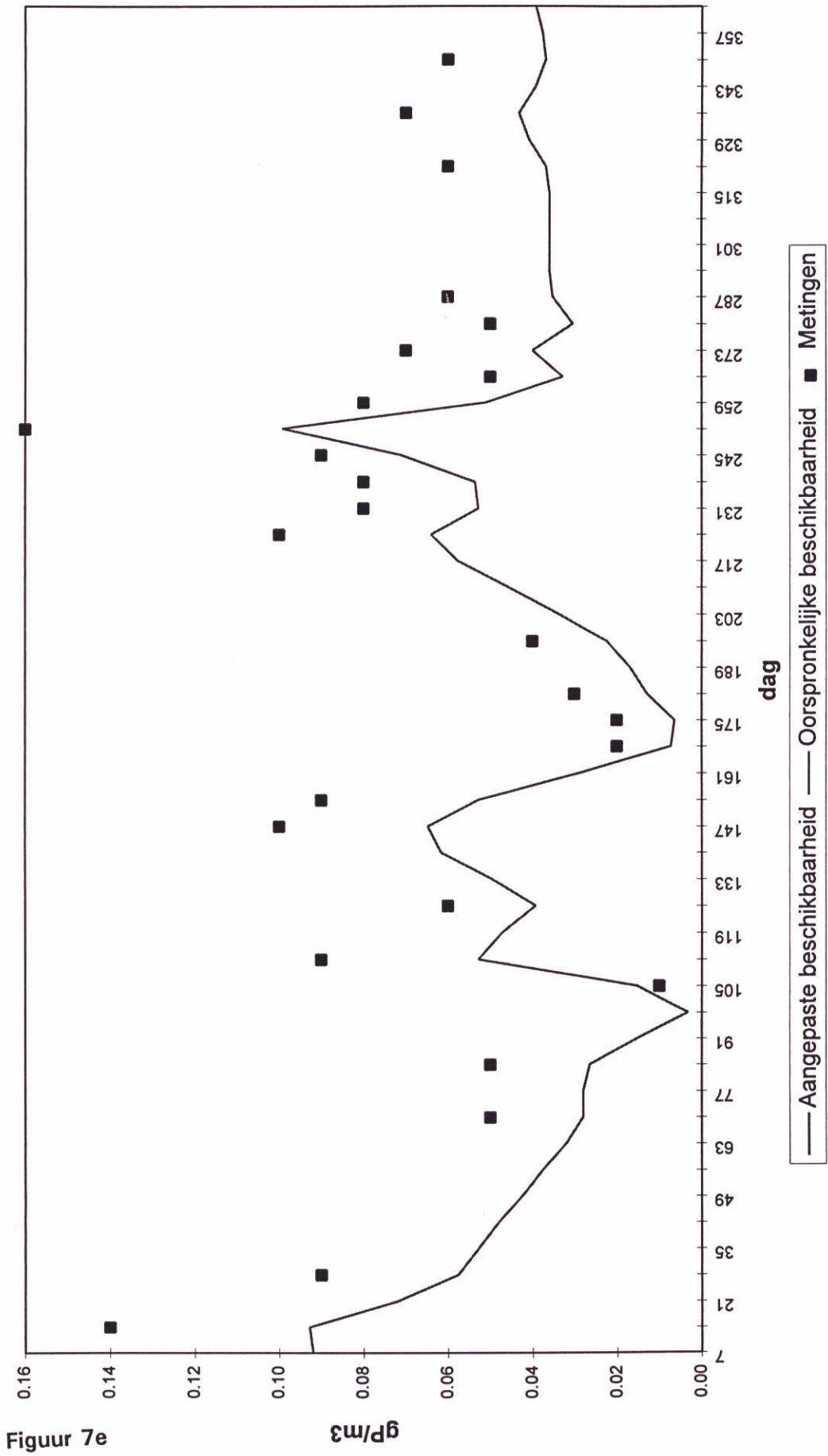


# Groenwieren 1991



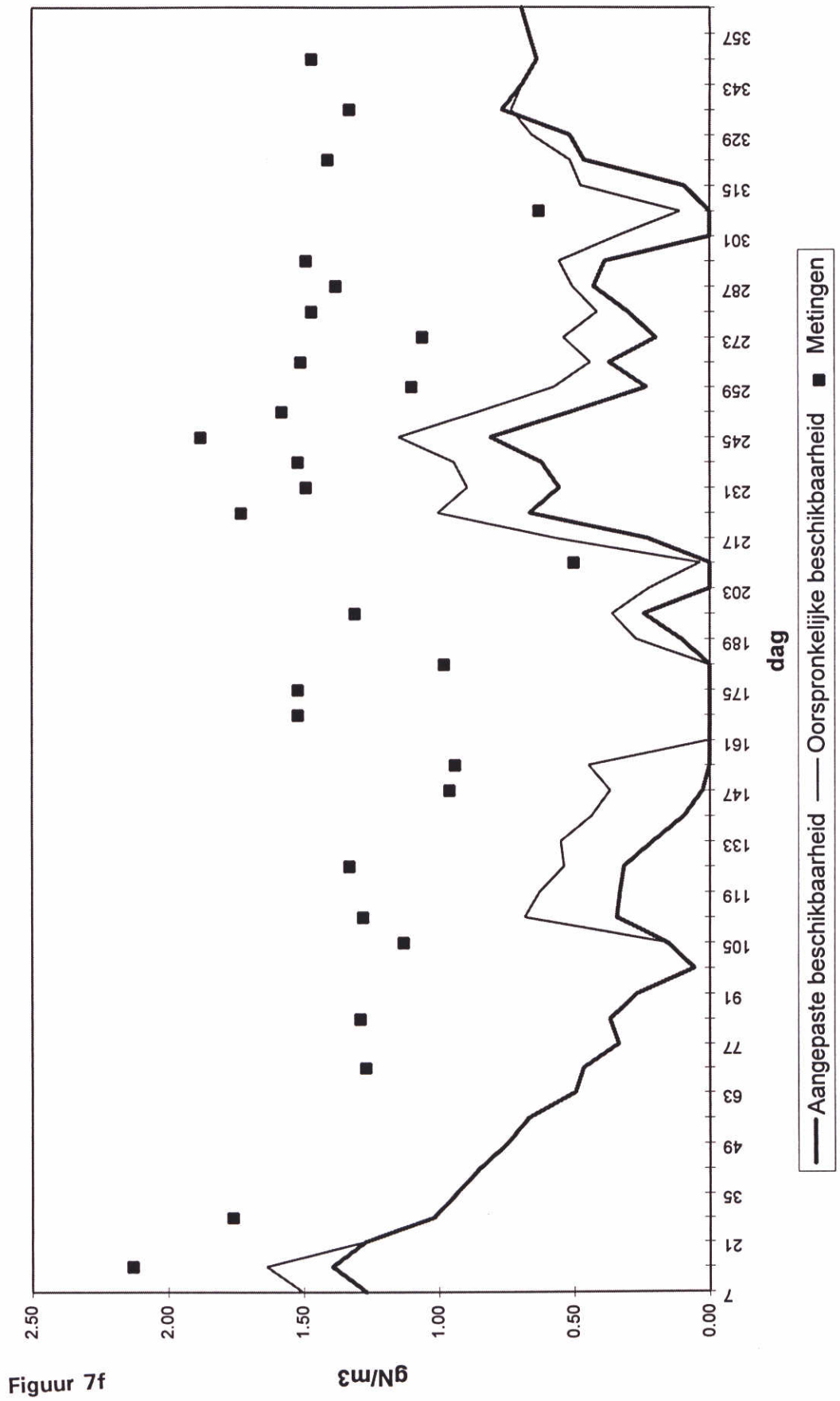
Figuur 7d

Totaalfosfaat (beschikbaar)  
1991



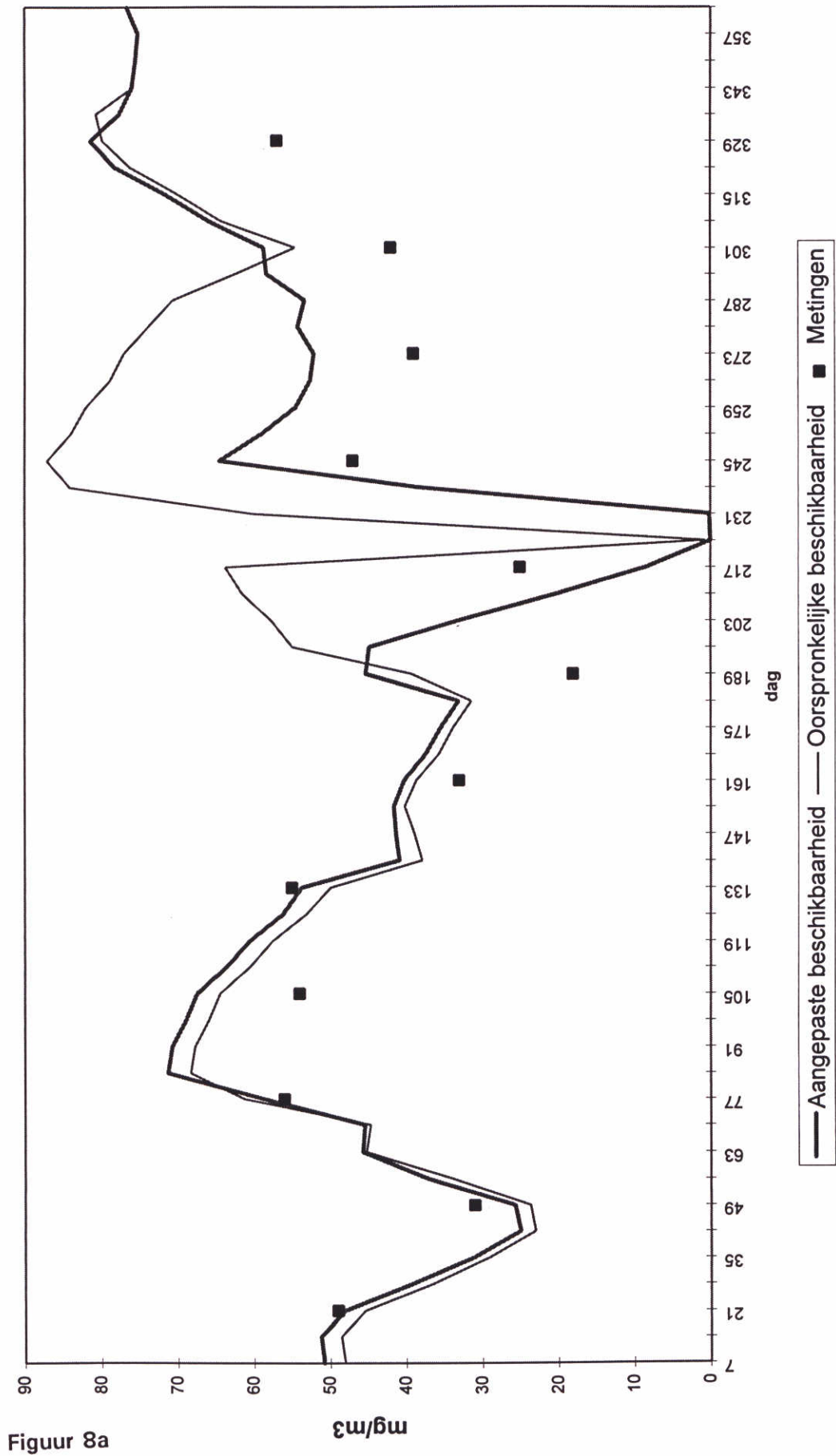


# Kjeldahl (beschikbaar) 1991

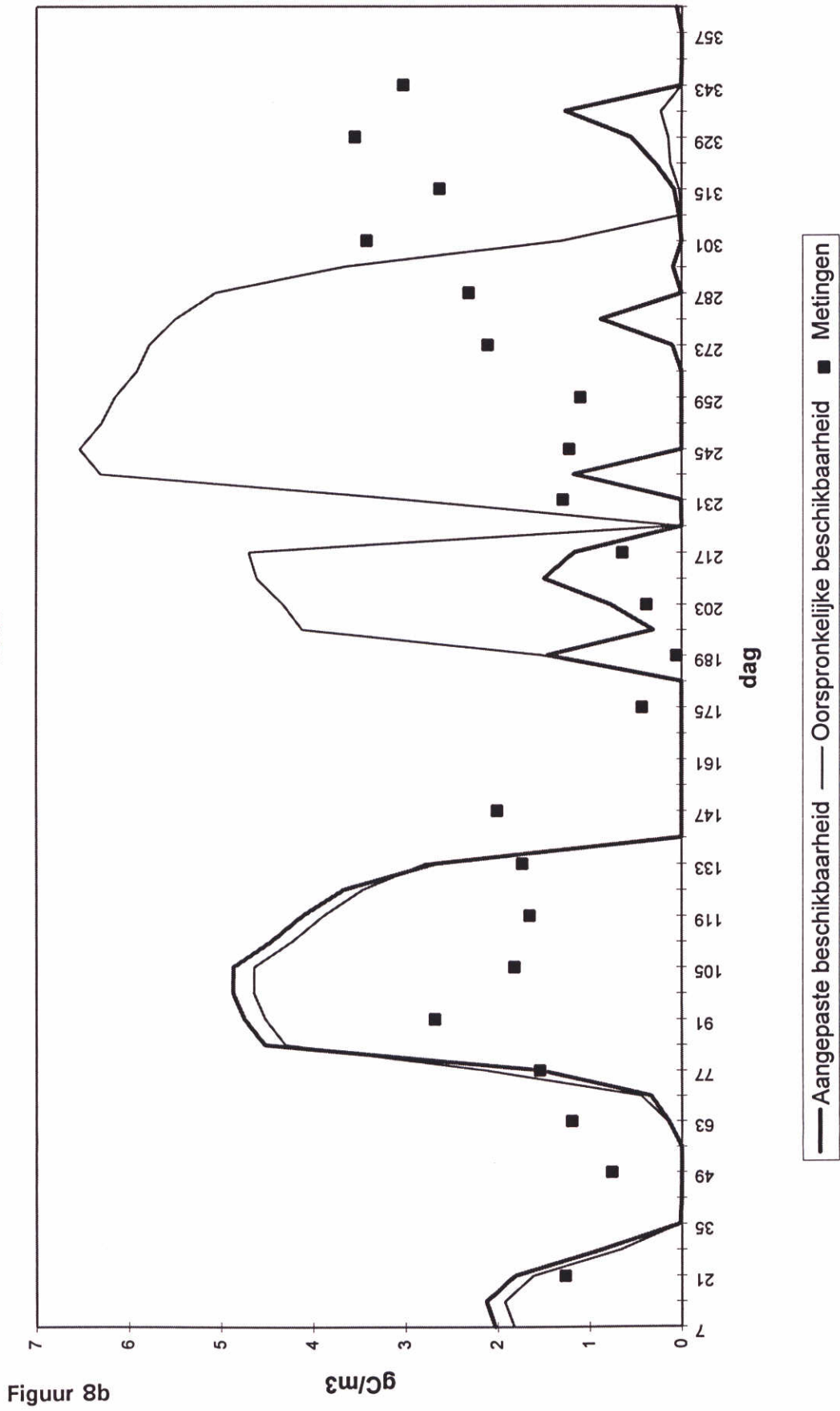


Figuur 7f

# Chlorofyl 1992

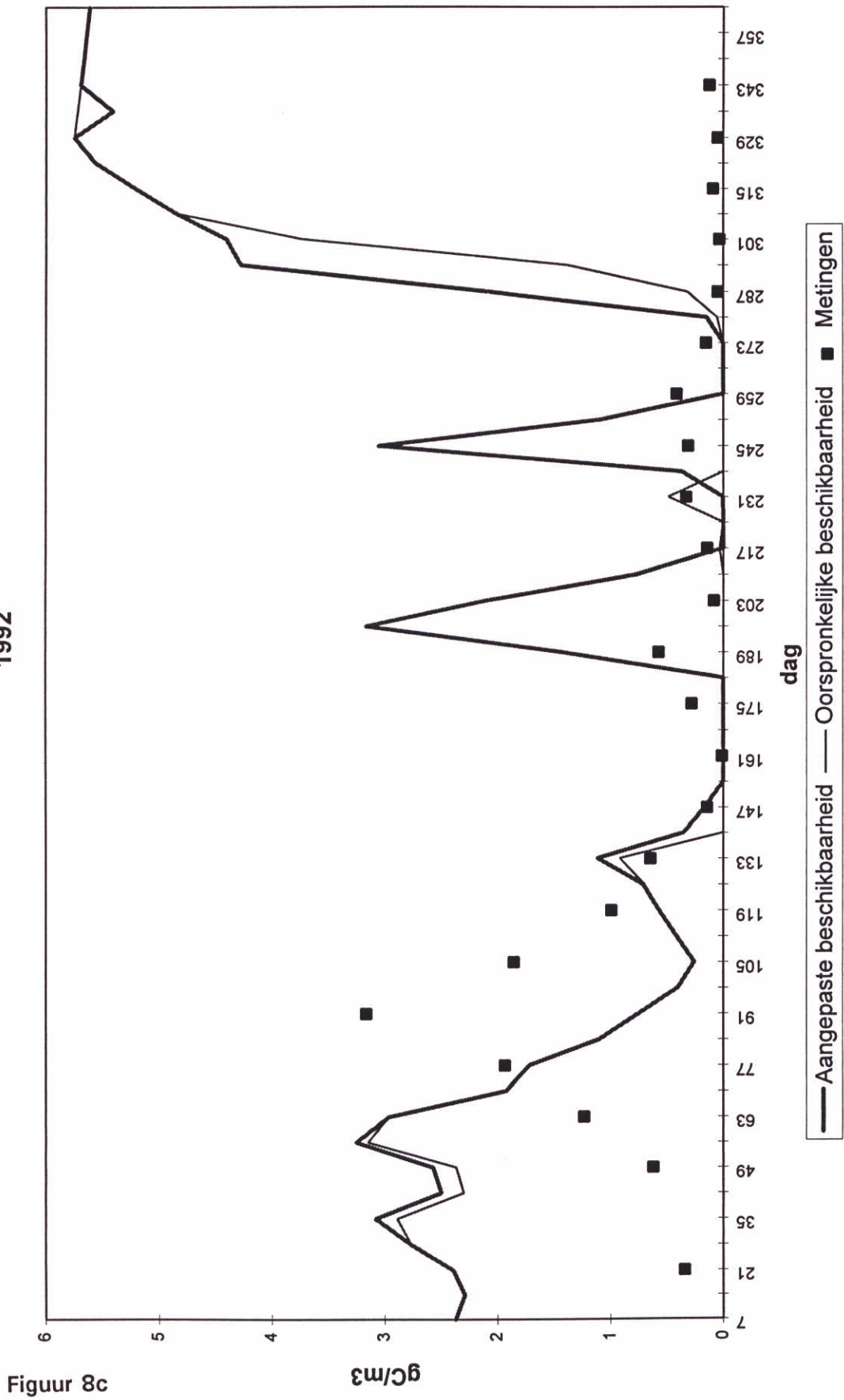


# Blauwwieren 1992



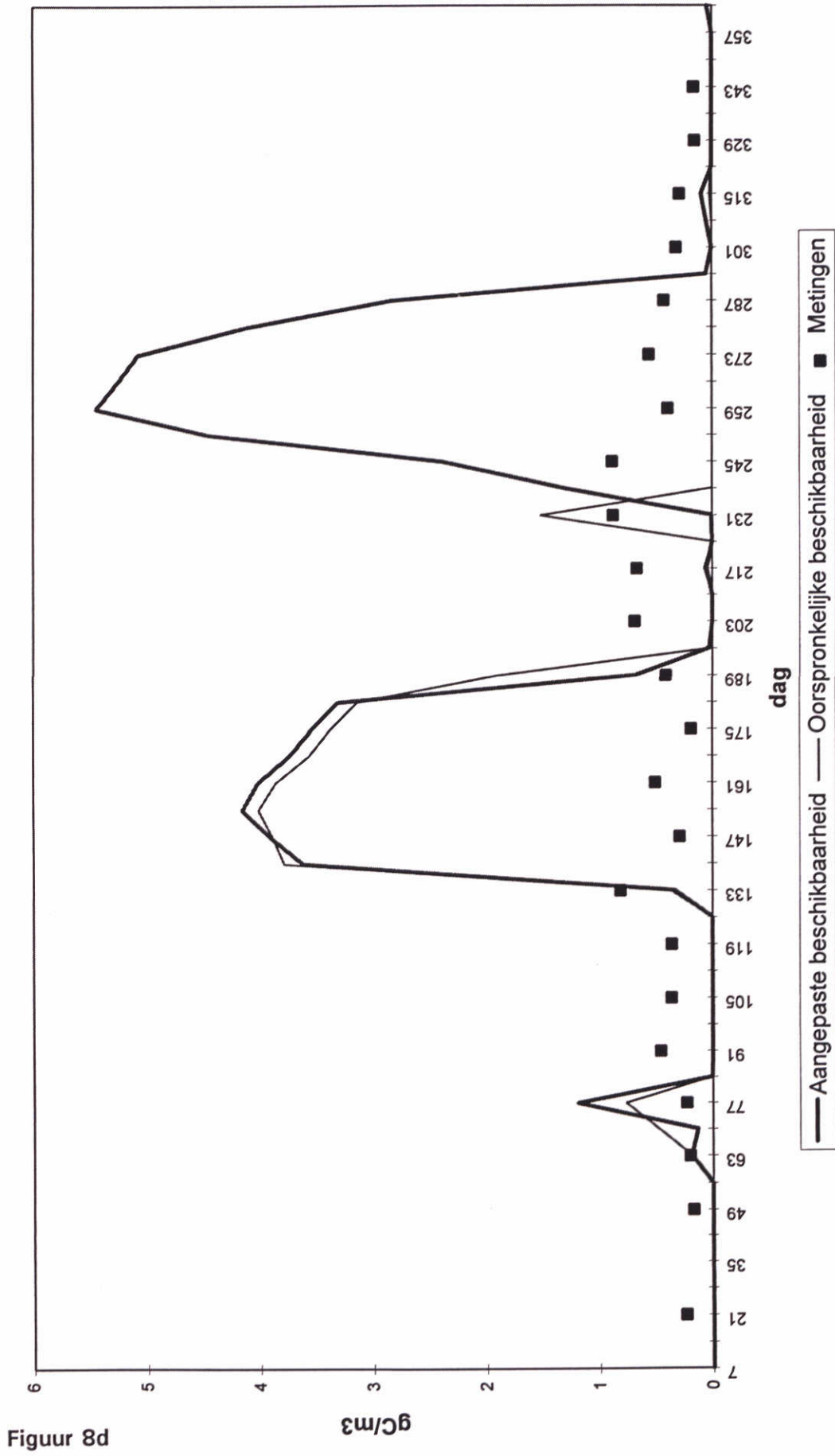
Figuur 8b

# Diatomeeen 1992



Figuur 8c

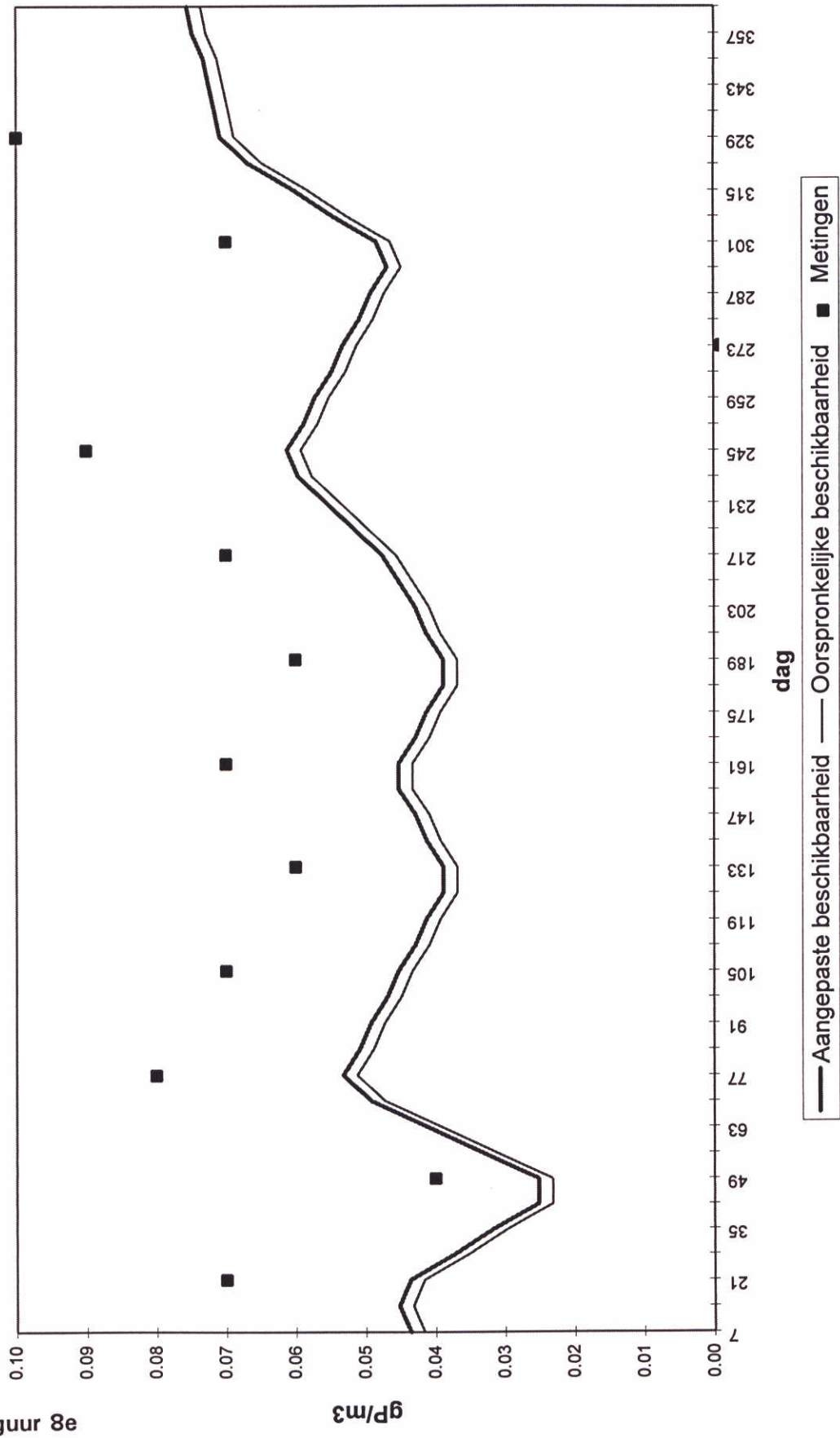
# Groenwieren 1992



Figuur 8d

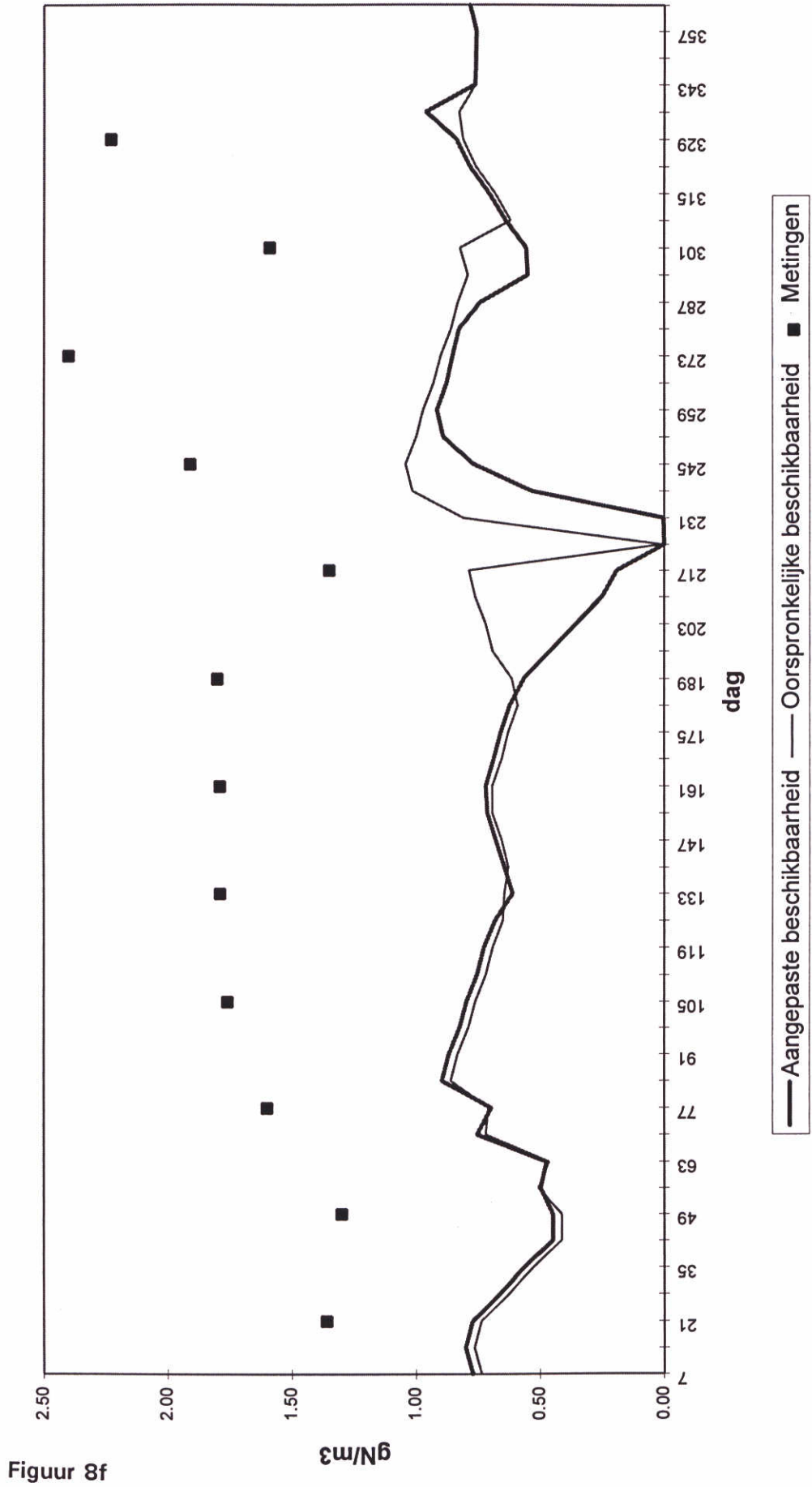


Totaalfosfaat (beschikbaar)  
1992



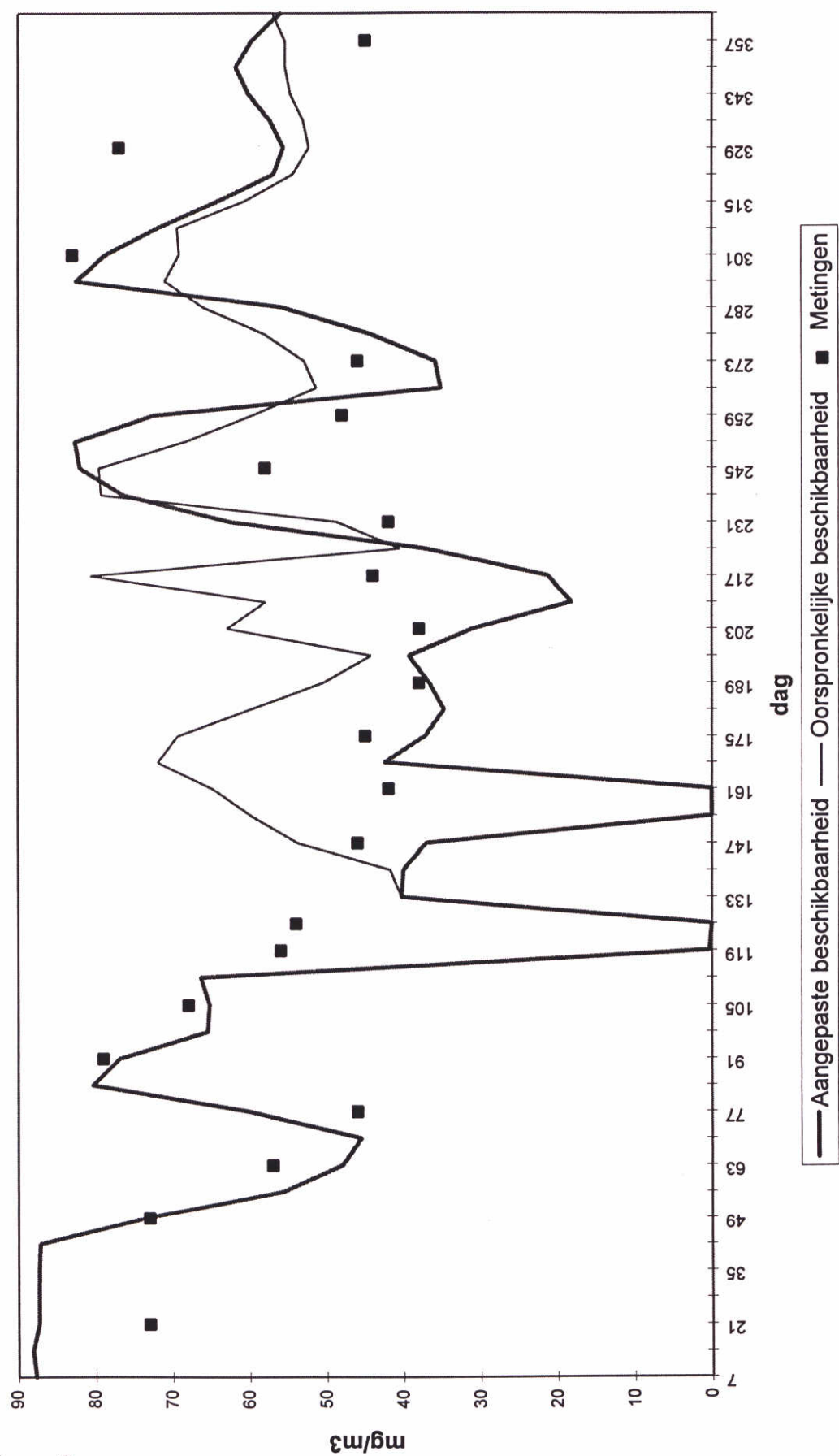
Figuur 8e

Kjeldahl (beschikbaar)  
1992



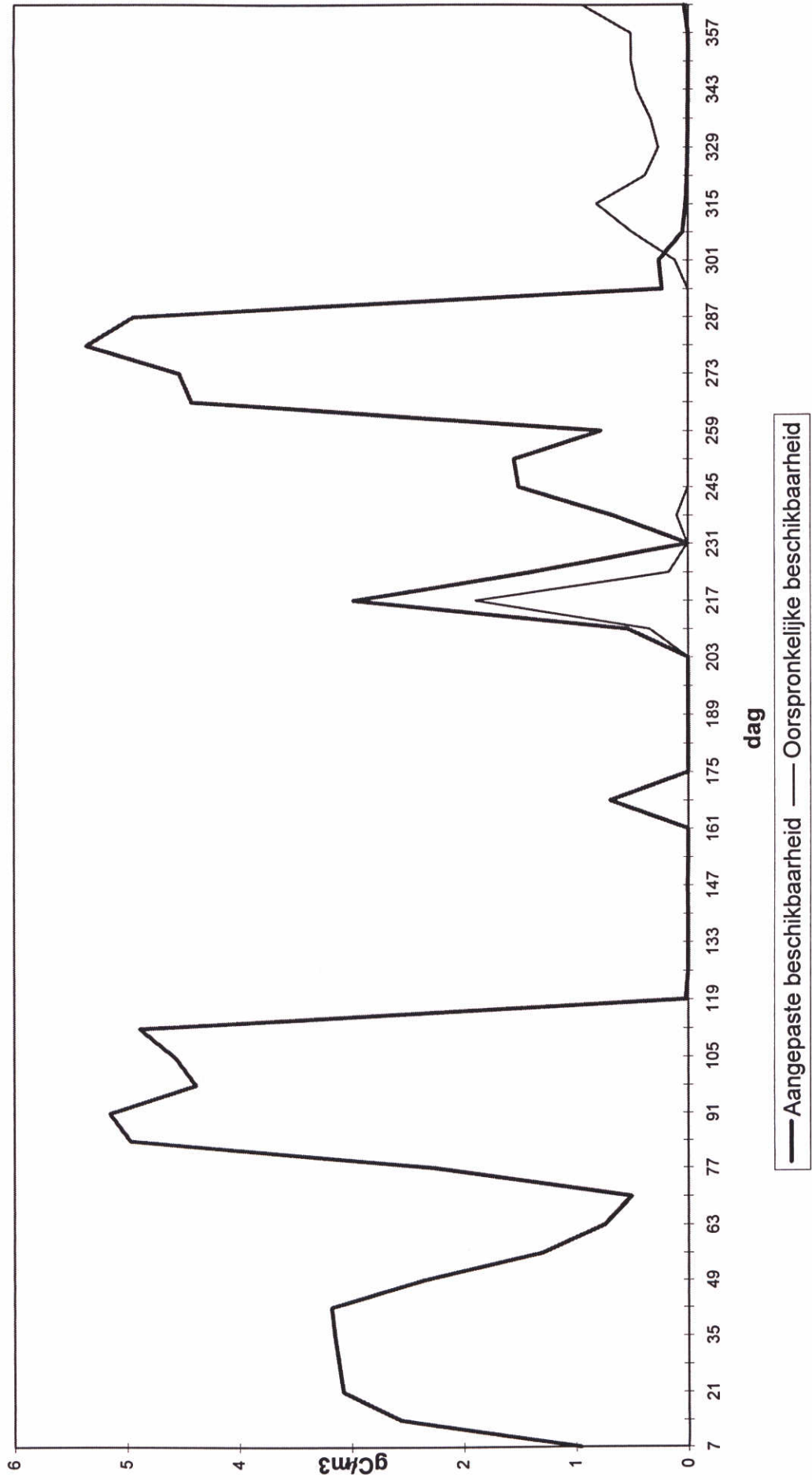
Figuur 8f

# Chlorofyl 1993



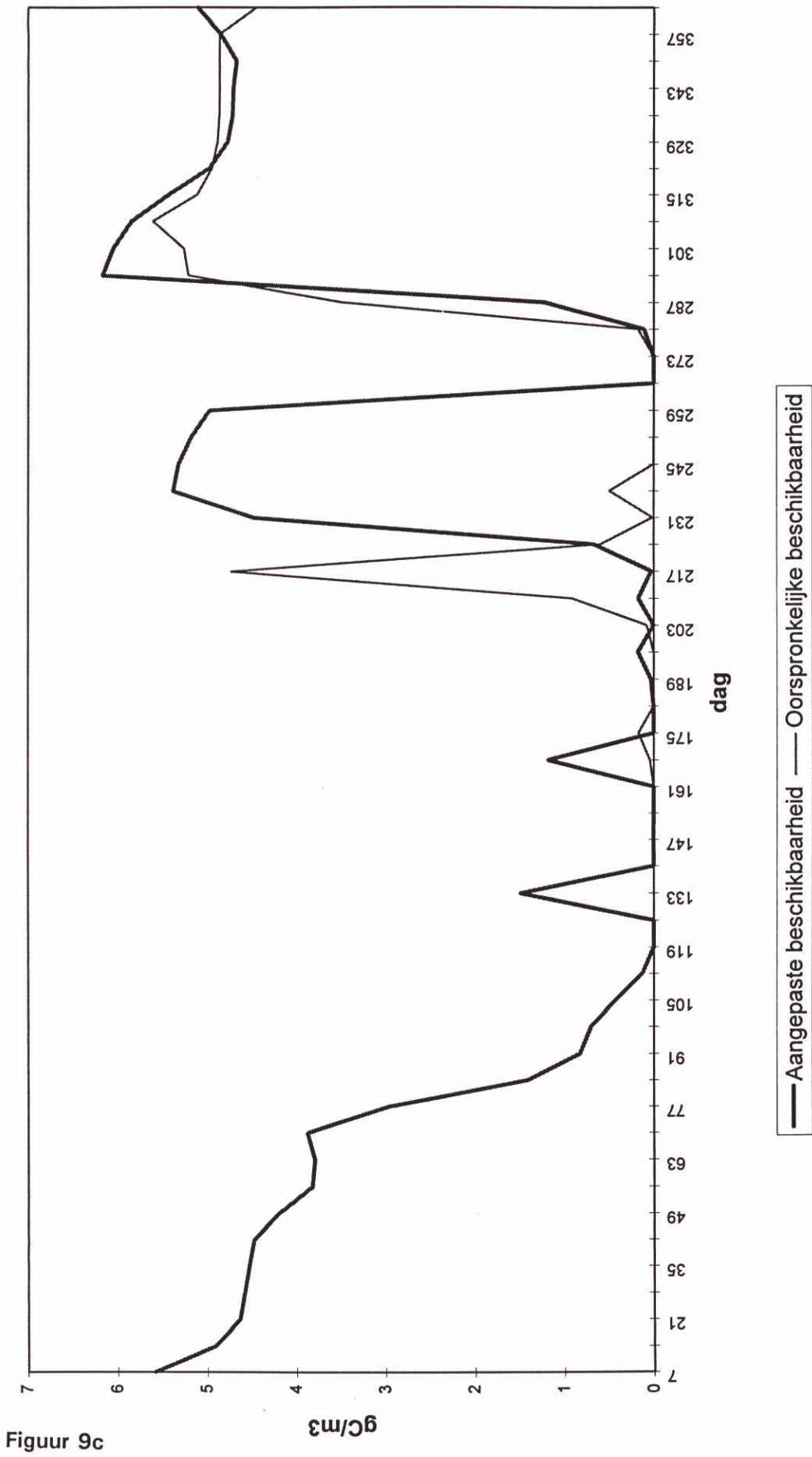
Figuur 9a

# Blauwwieren 1993



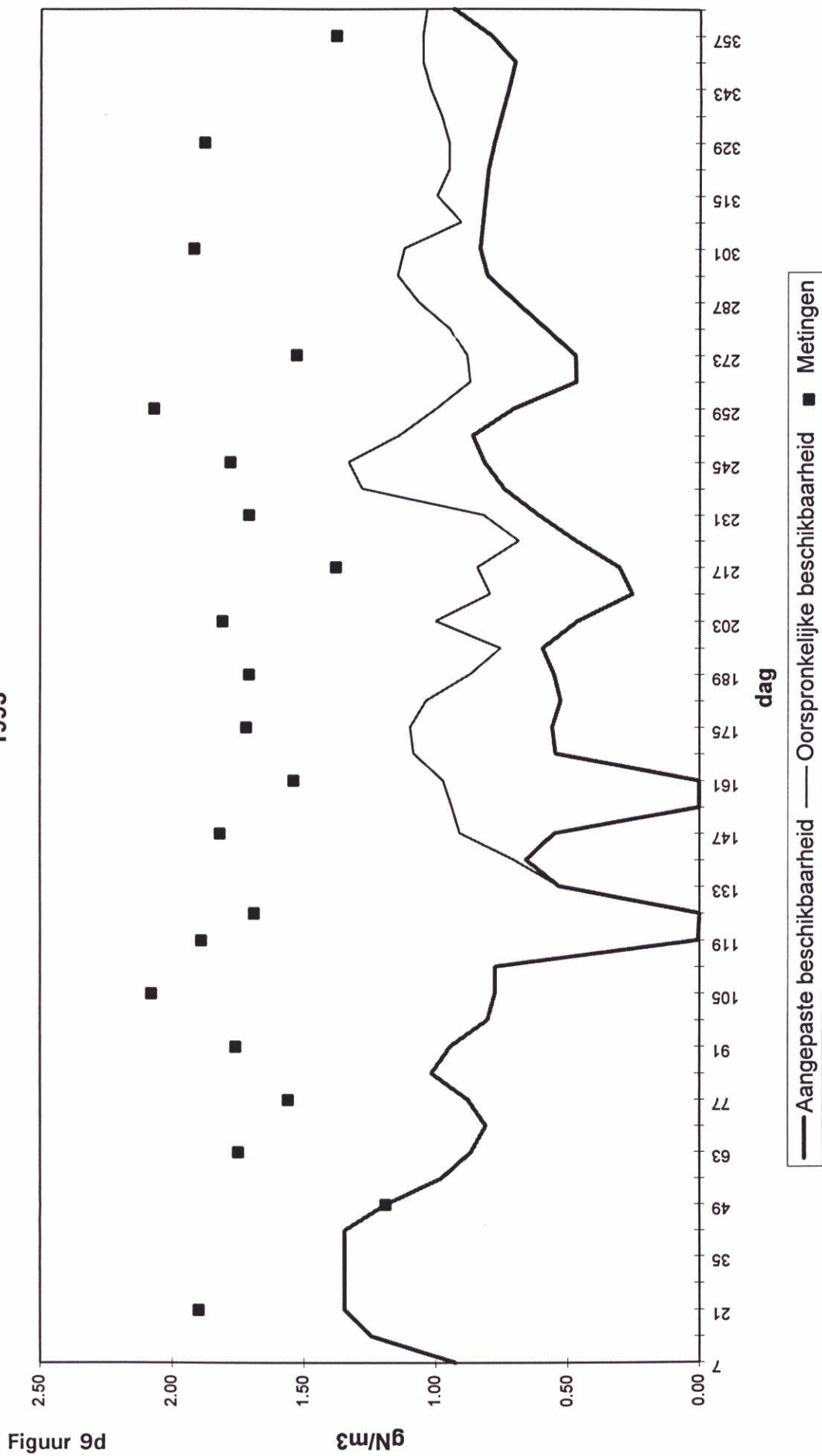
Figuur 9b

# Diatomeeen 1993



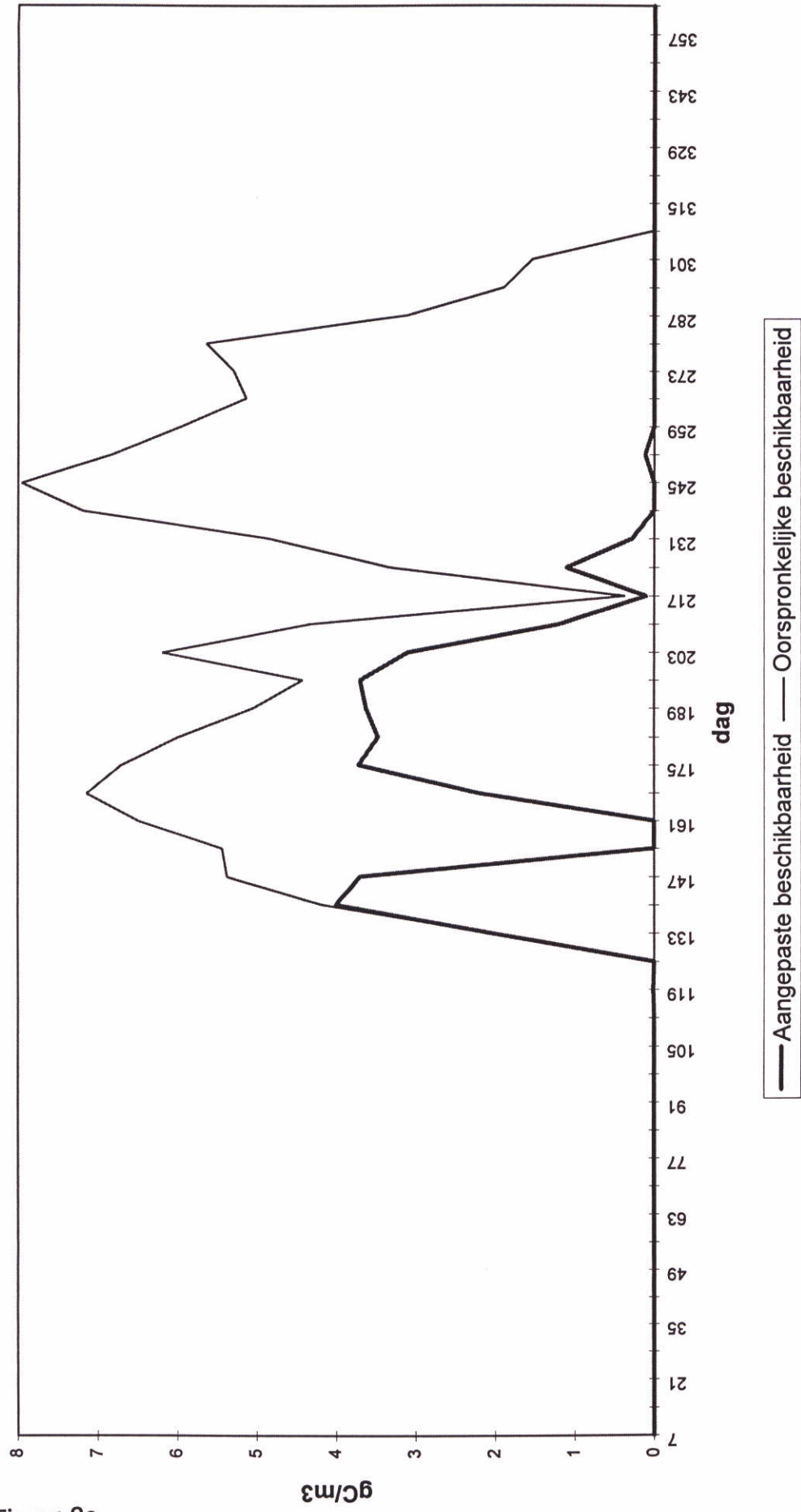


Kjeldahl (beschikbaar)  
1993



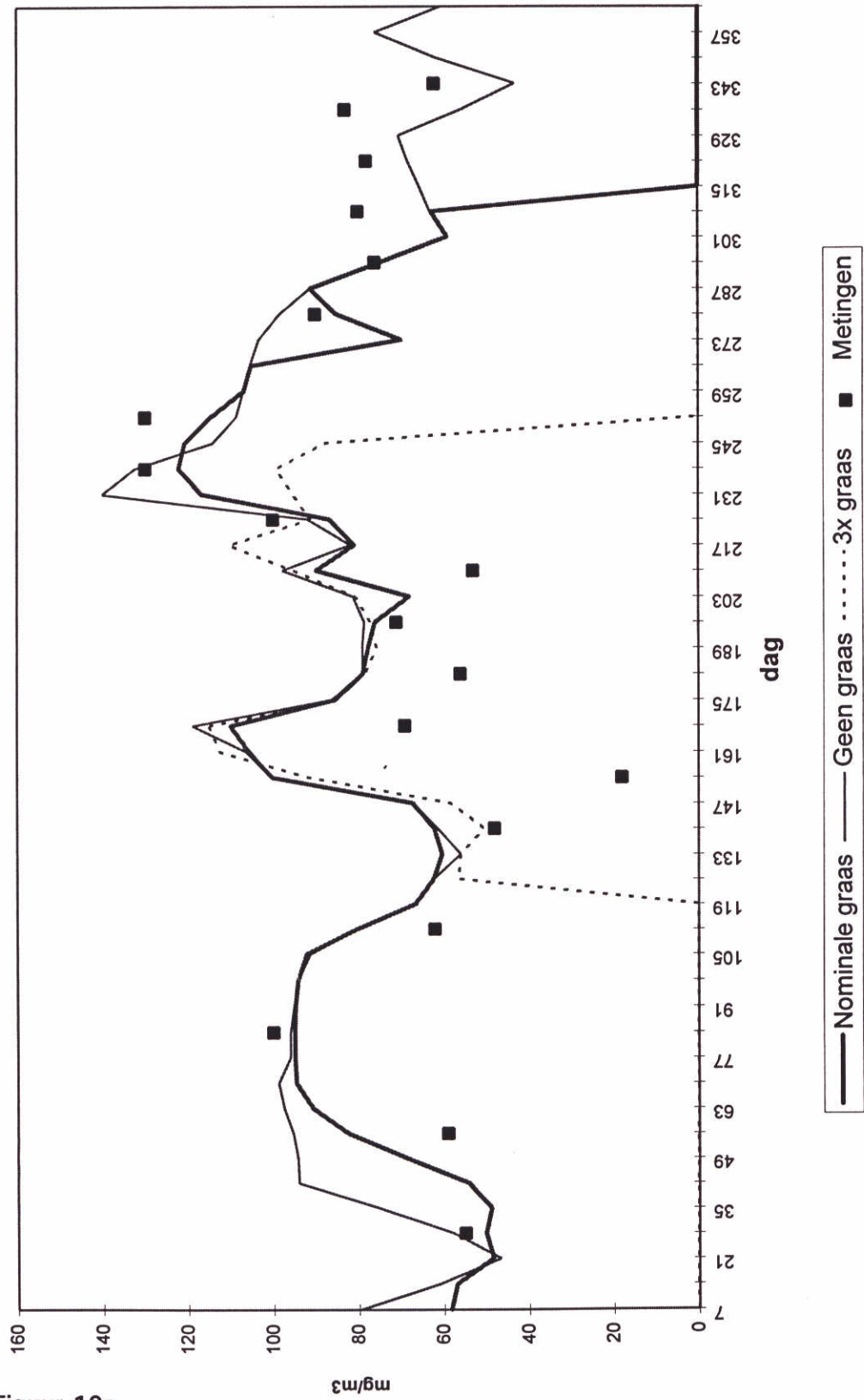
Figuur 9d

# Groenwieren 1993



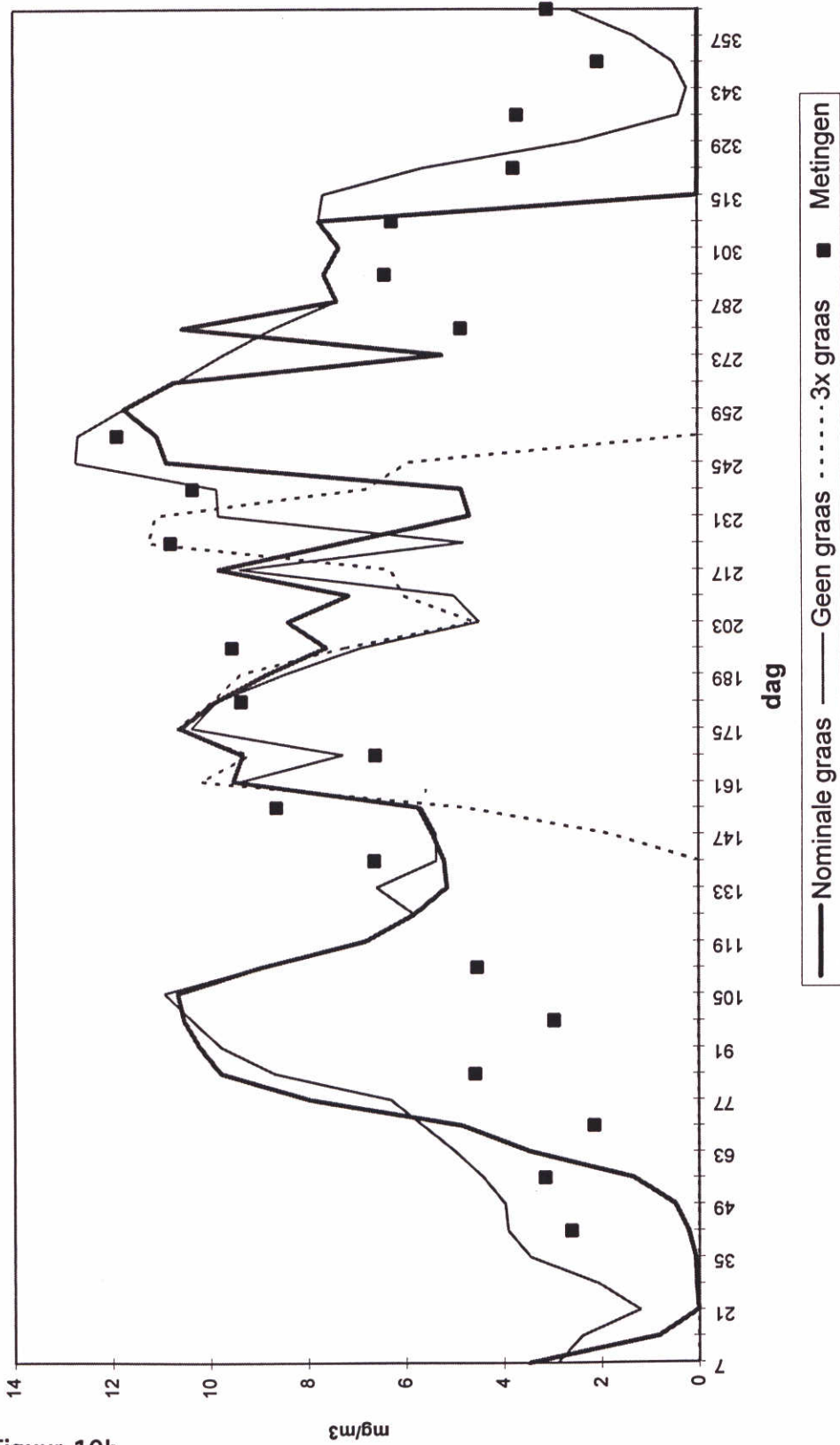
Figuur 9e

Effect van graas op berekend chlorofyl  
1989



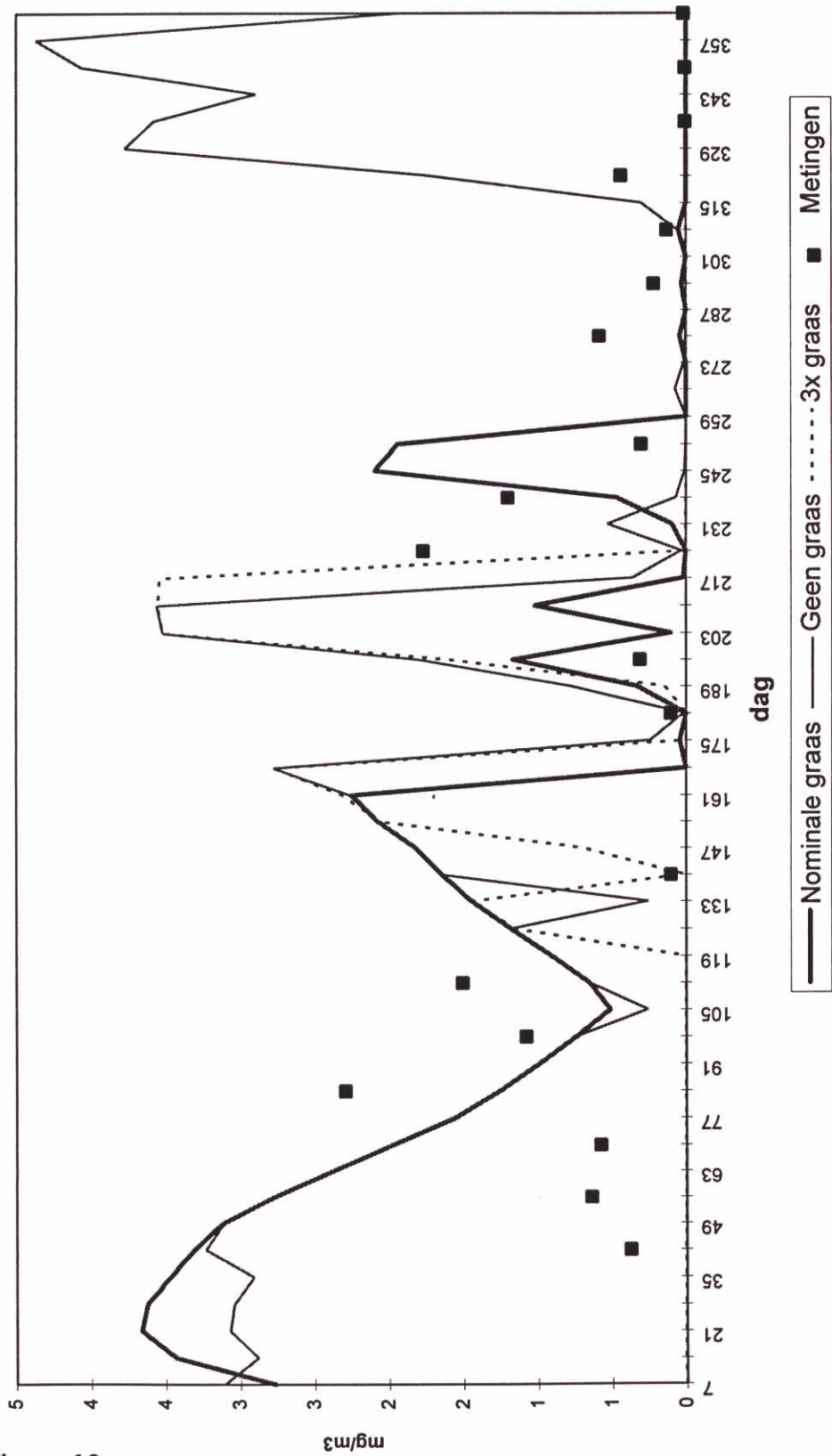
Figuur 10a

Effect van graas op blauwwierconcentratie  
1989



Figuur 10b

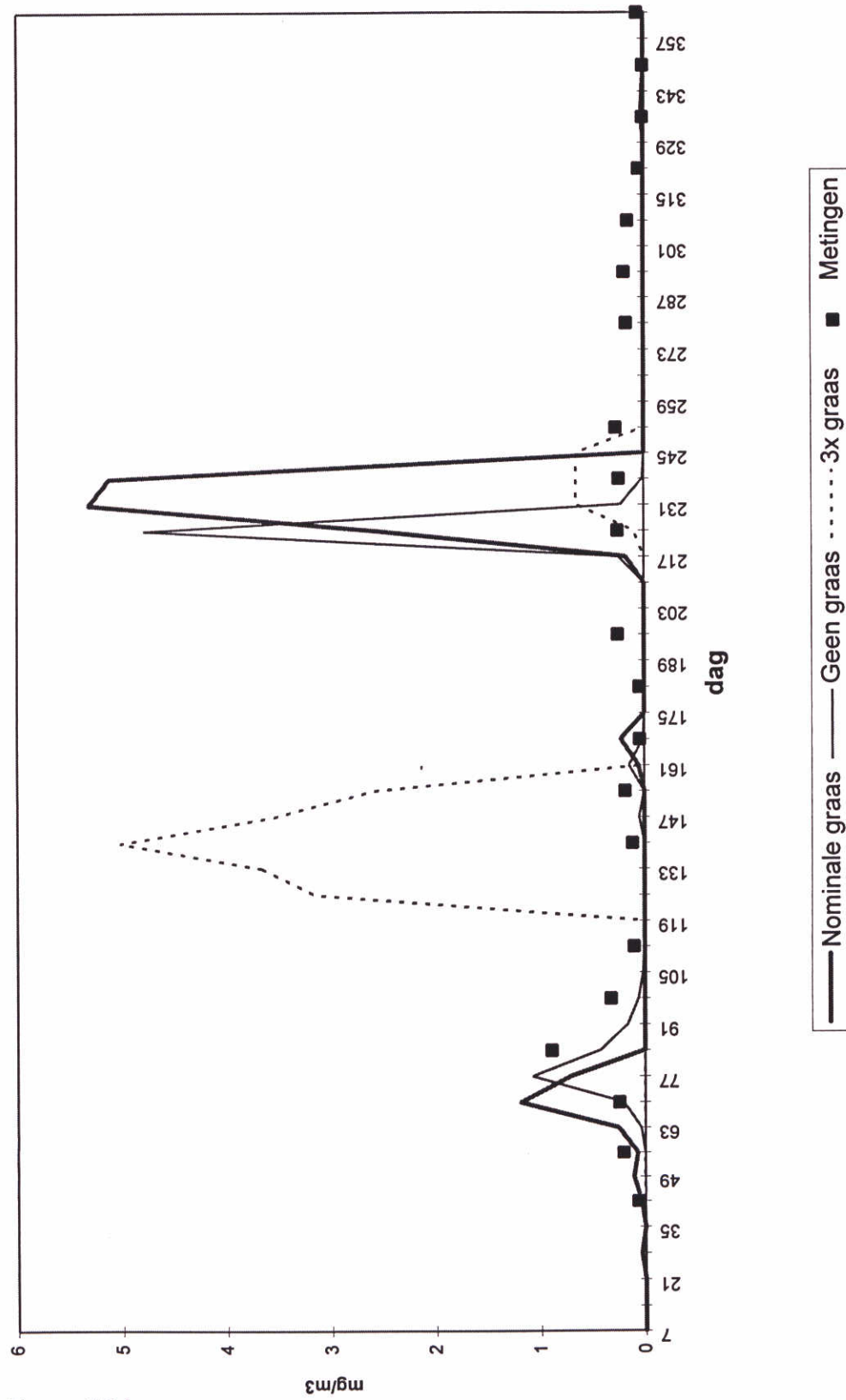
Effect van graas op diatomeeën  
1989



Figuur 10c

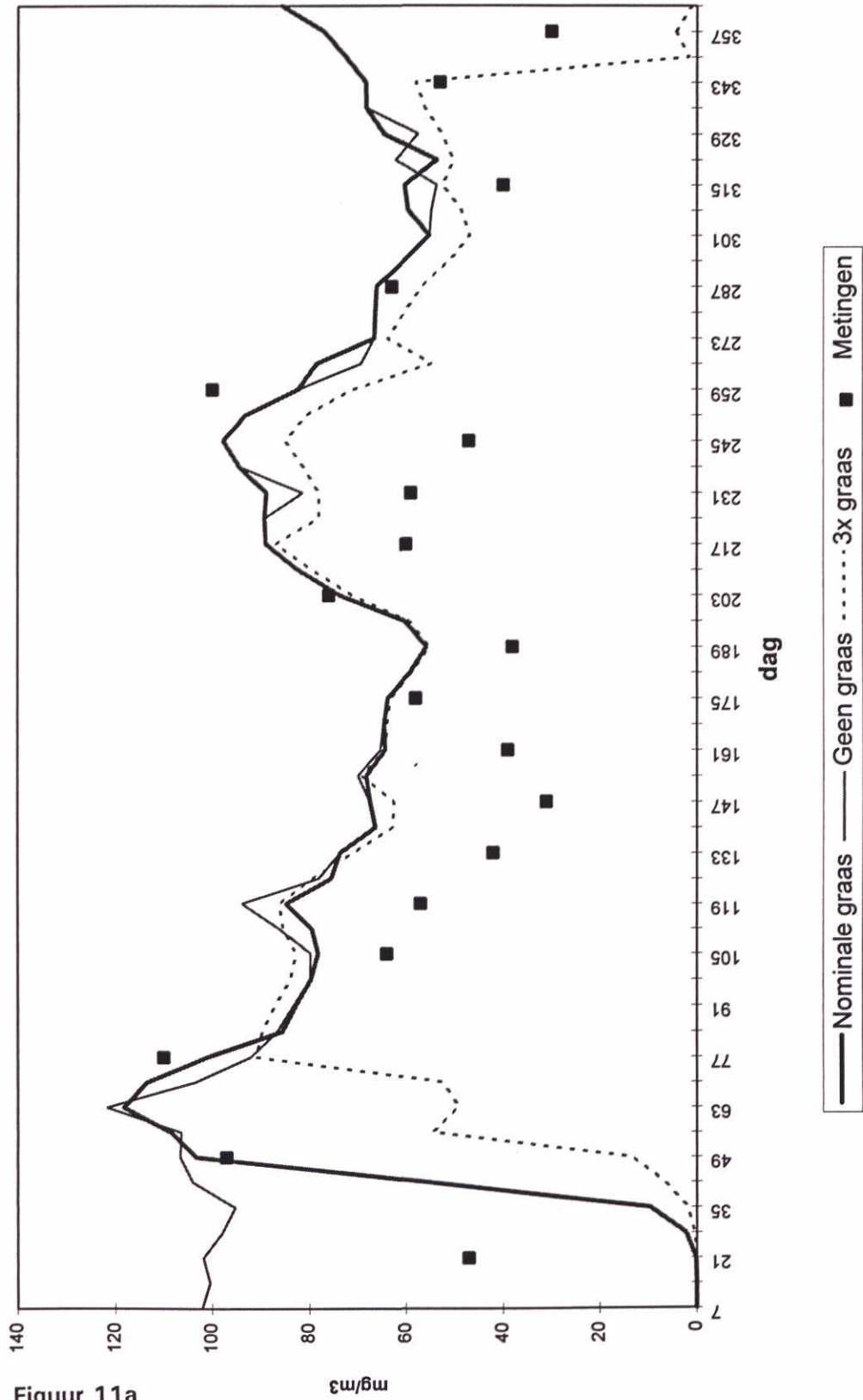


Effect van graas op groenwieren  
1989

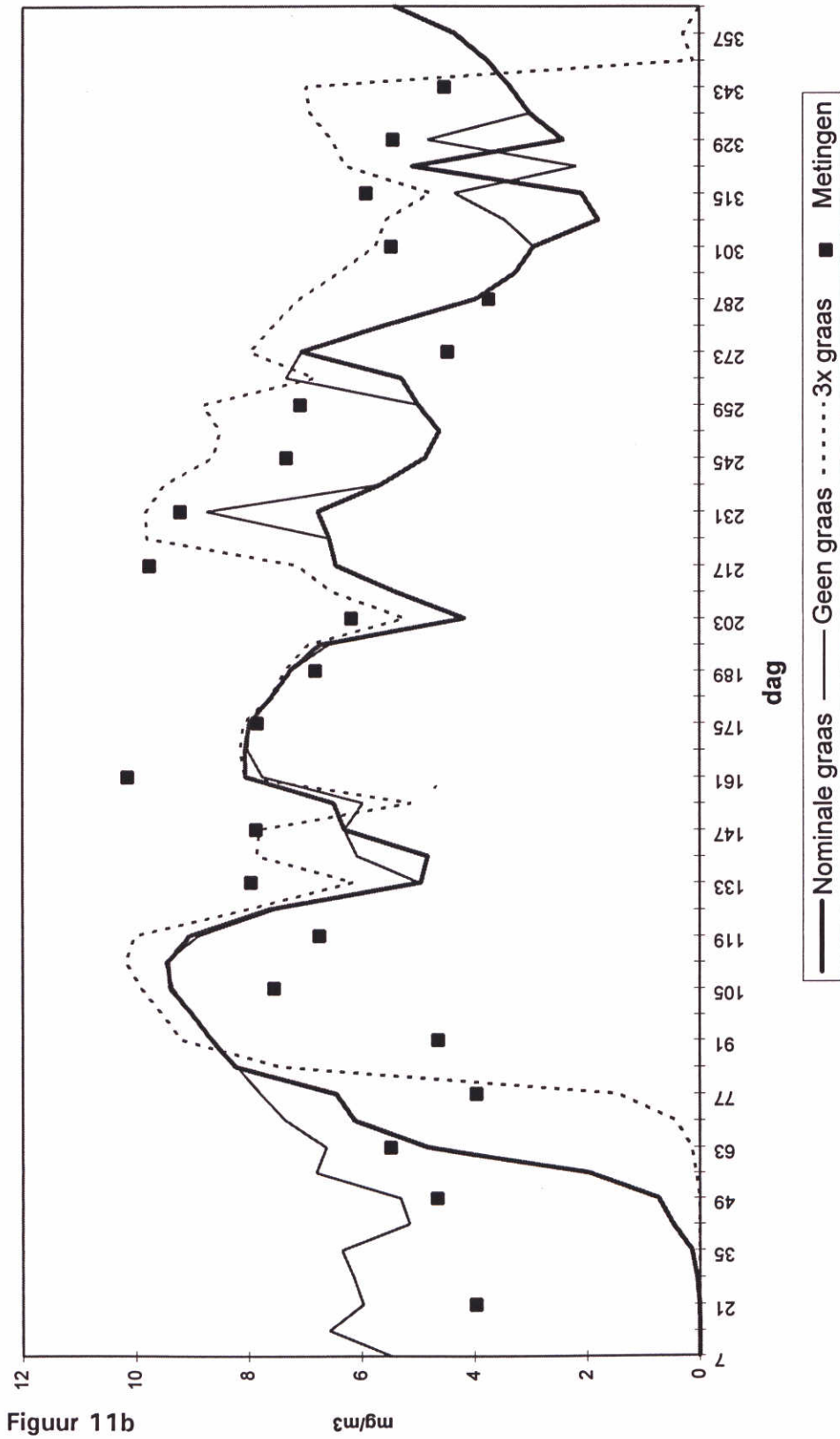


Figuur 10d

Effect van graas op berekend chlorofyl  
1990

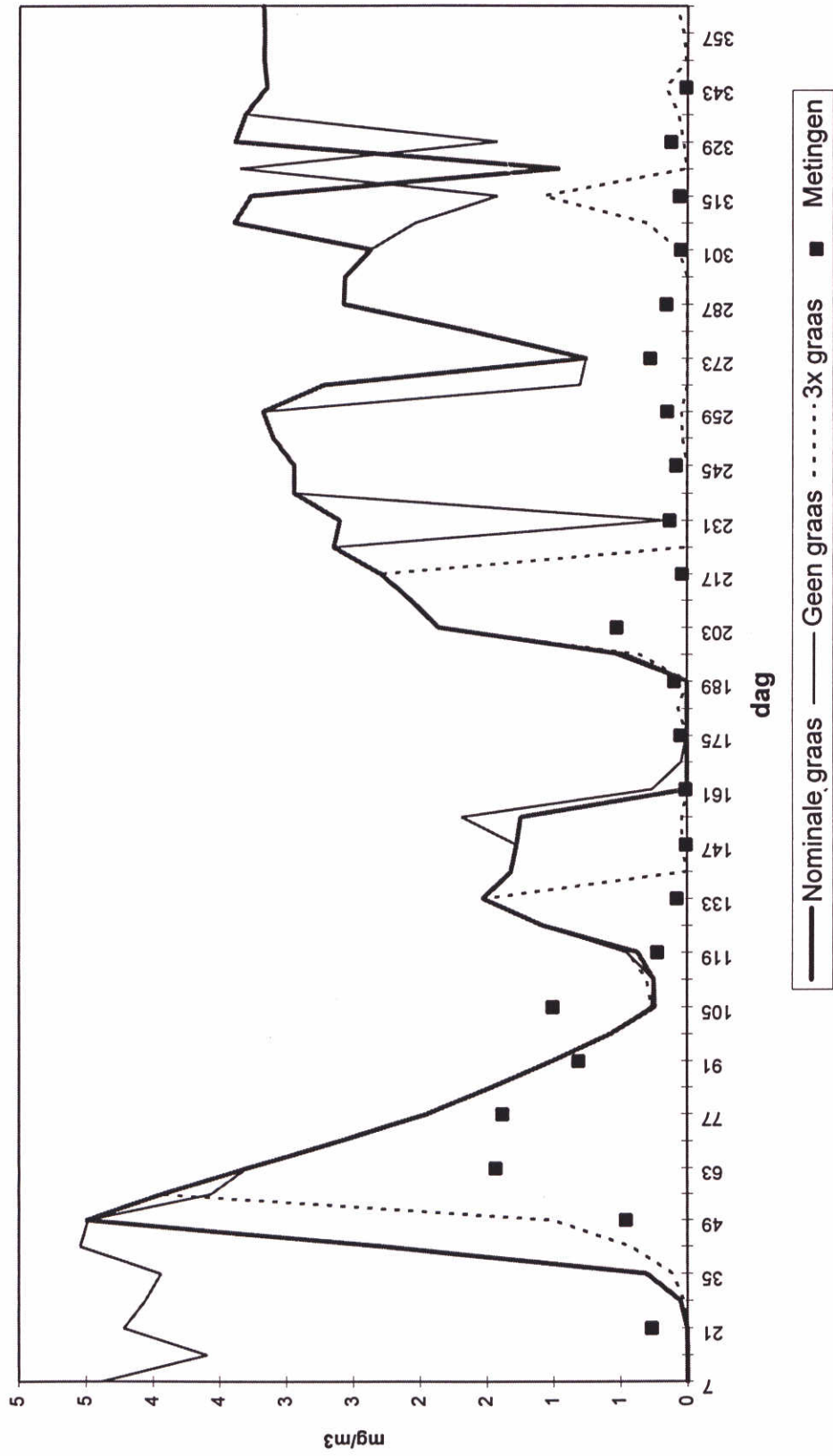


Effect van graas op blauwwierconcentratie  
1990



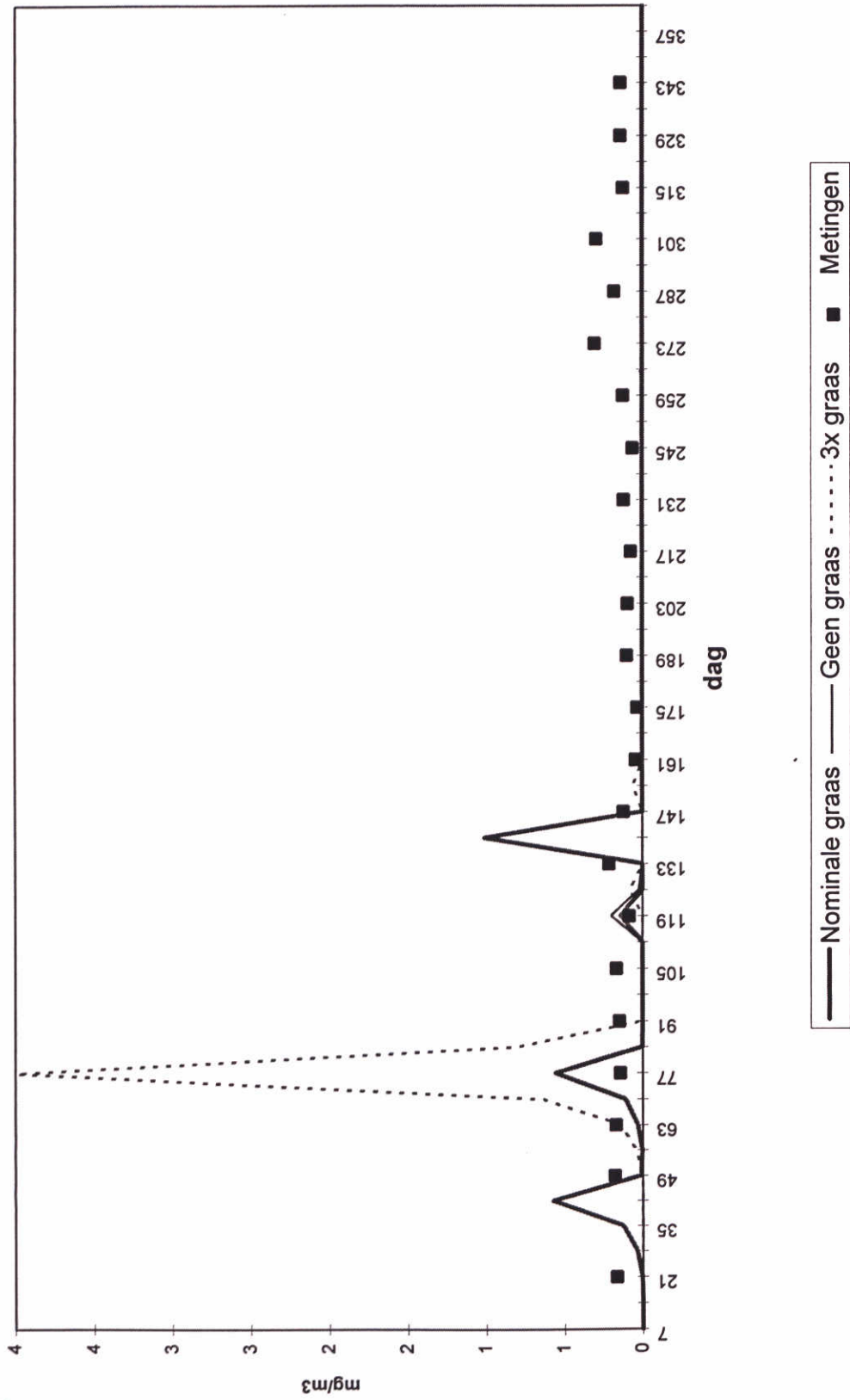
Figuur 11b

Effect van graas op diatomeeën  
1990



Figuur 11c

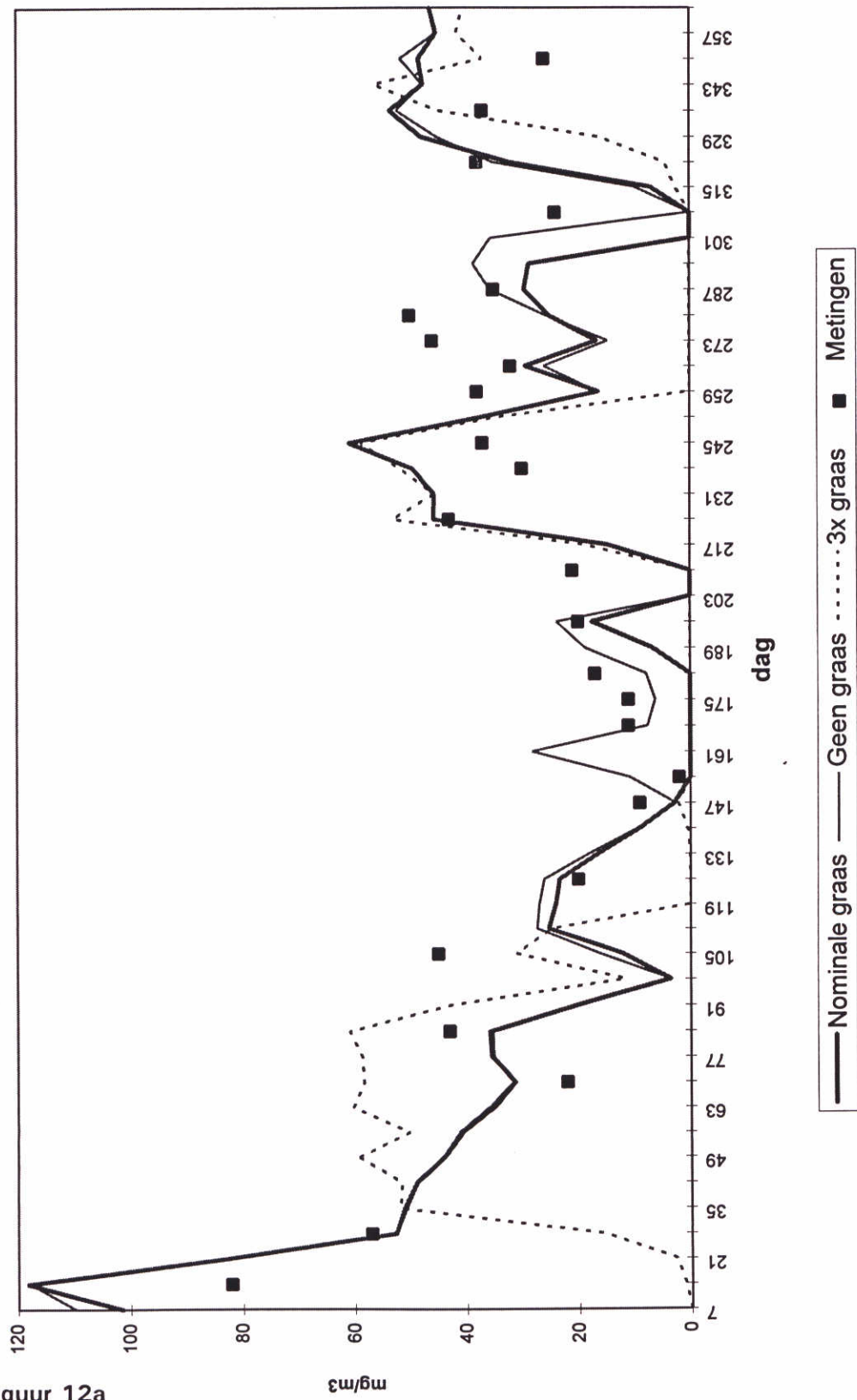
# Effect van graas op groenwieren 1990



Figuur 11d

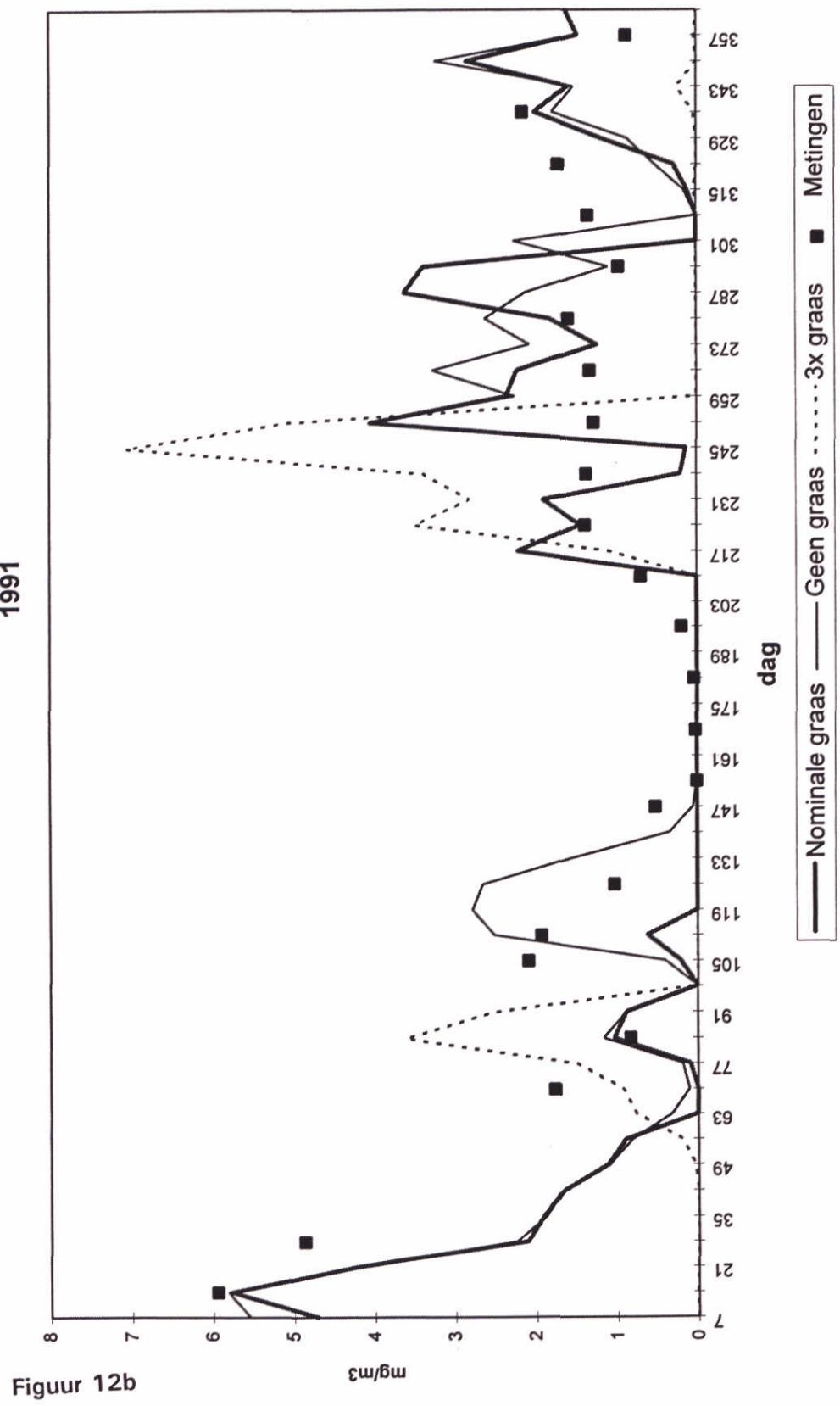


Effect van graas op berekend chlorofyl  
1991



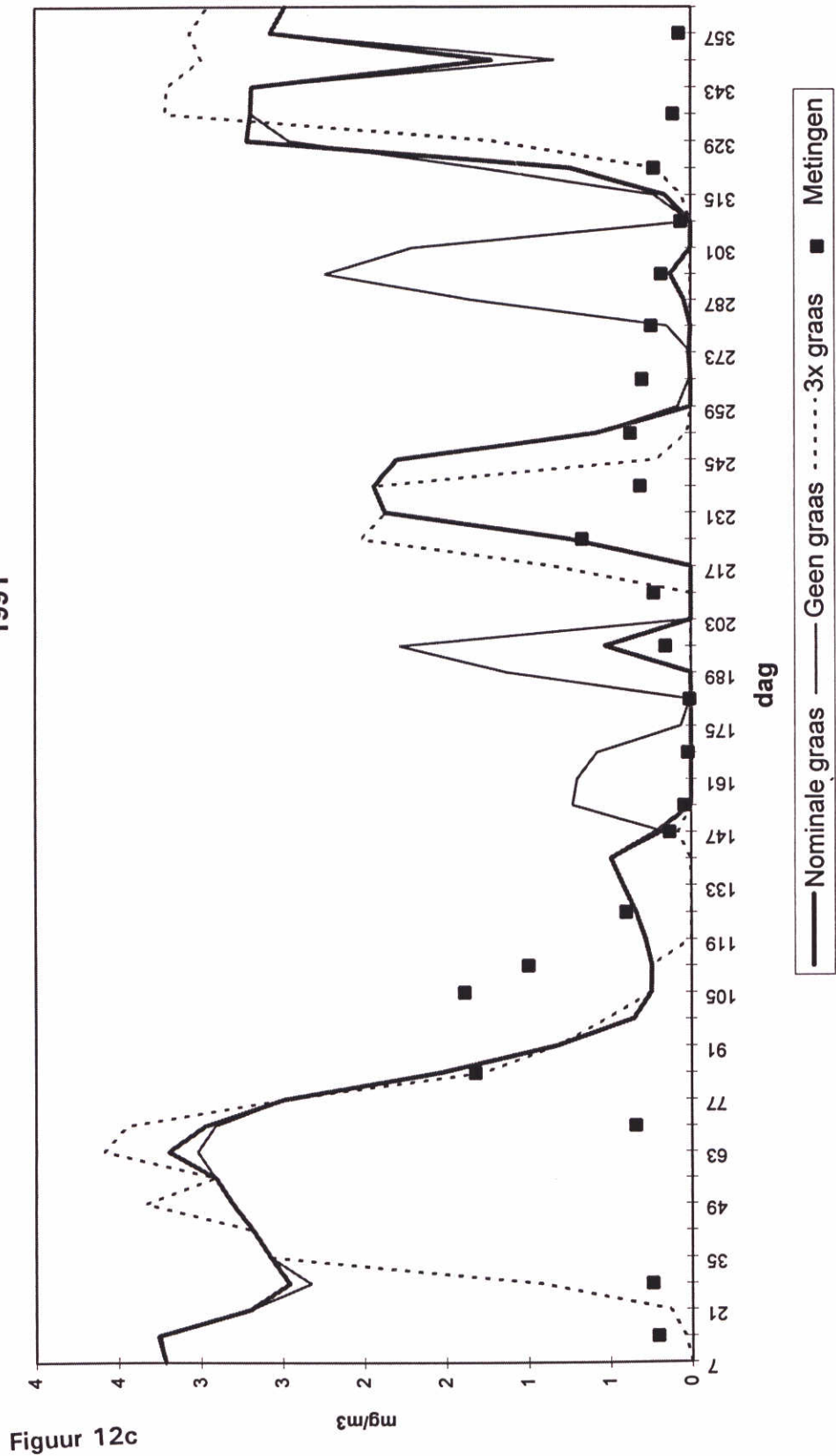
Figuur 12a

Effect van graas op blauwwierconcentratie  
1991



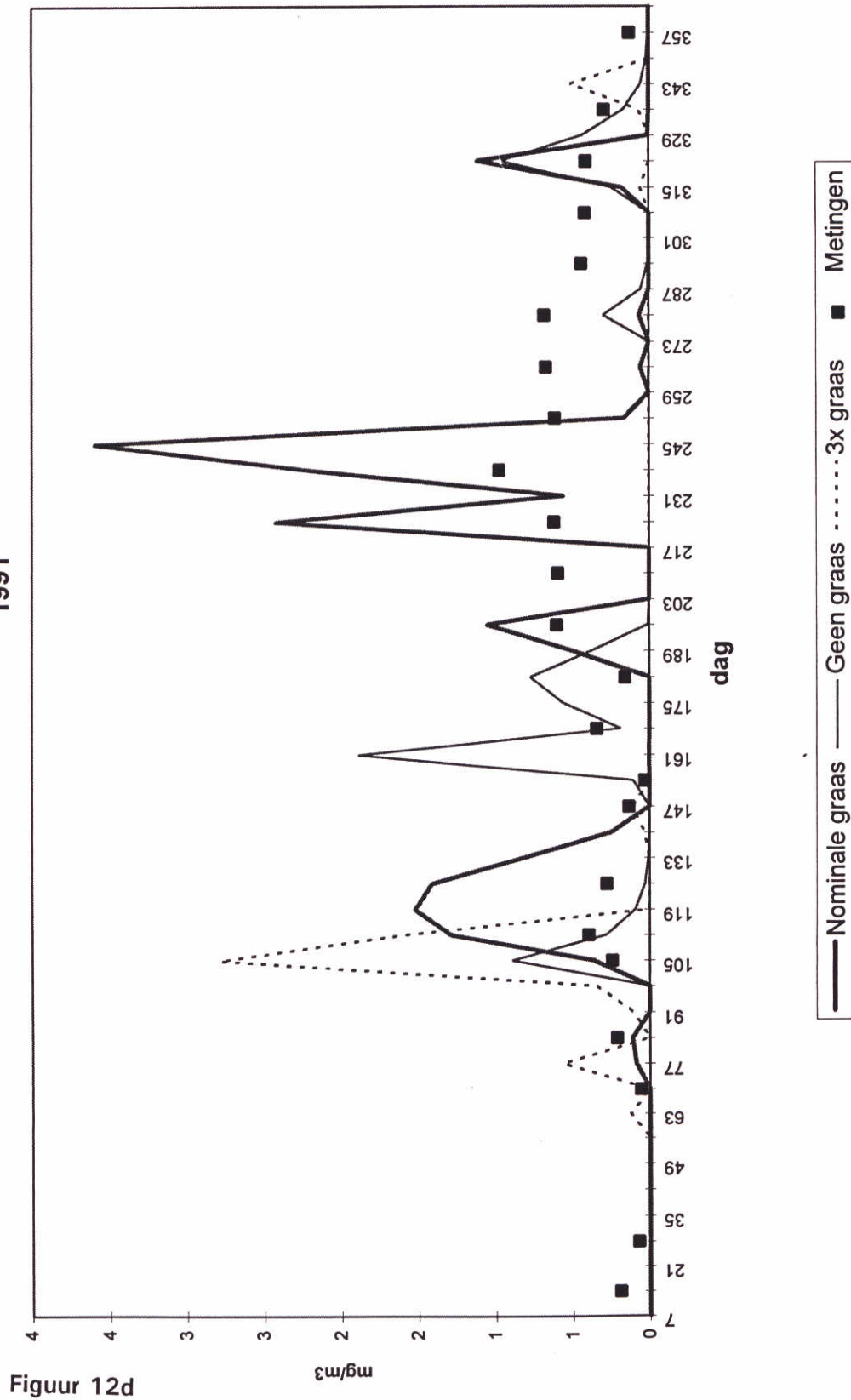
Figuur 12b

Effect van graas op diatomeeën  
1991



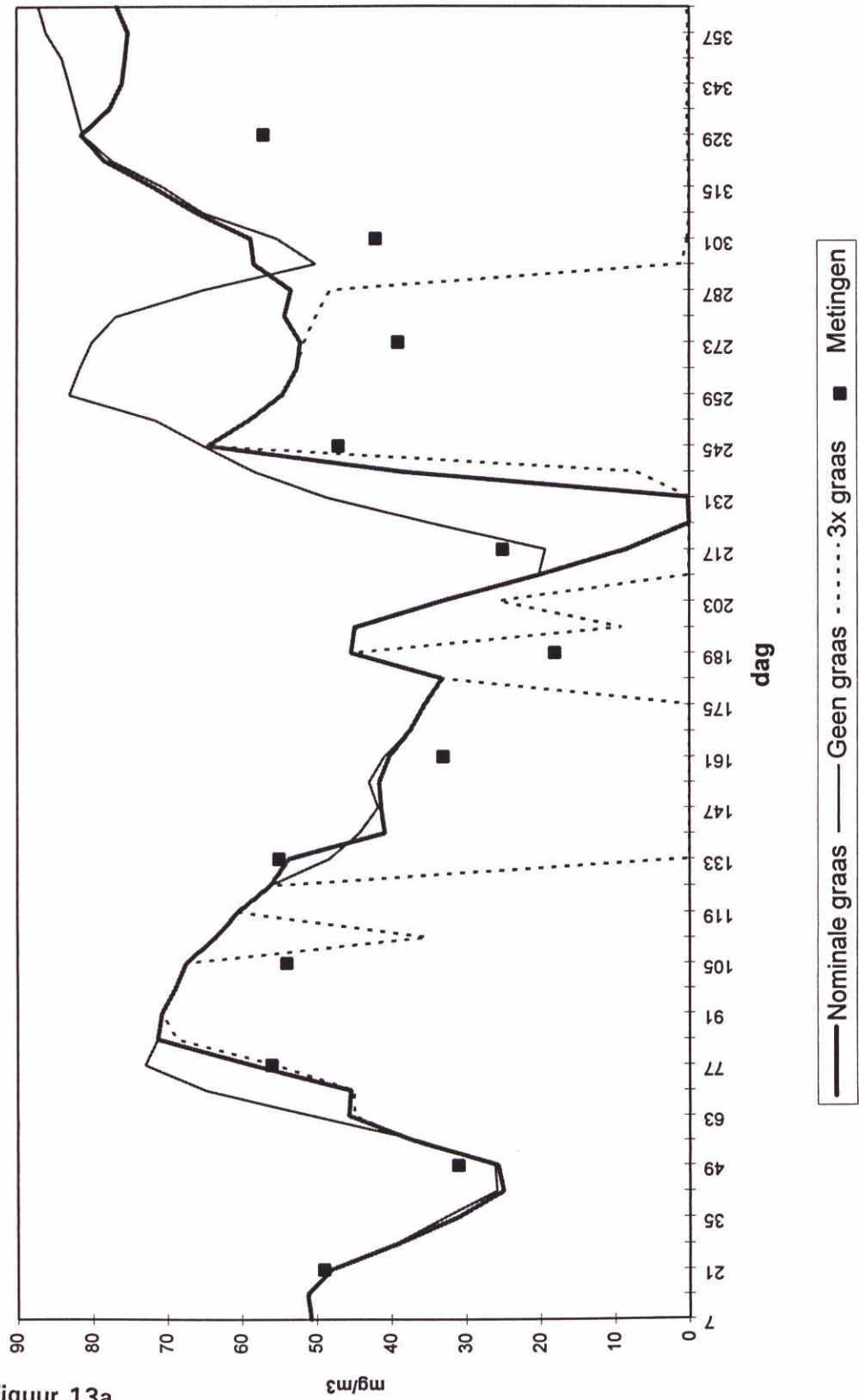
Figuur 12c

# Effect van graas op groenwieren 1991



Figuur 12d

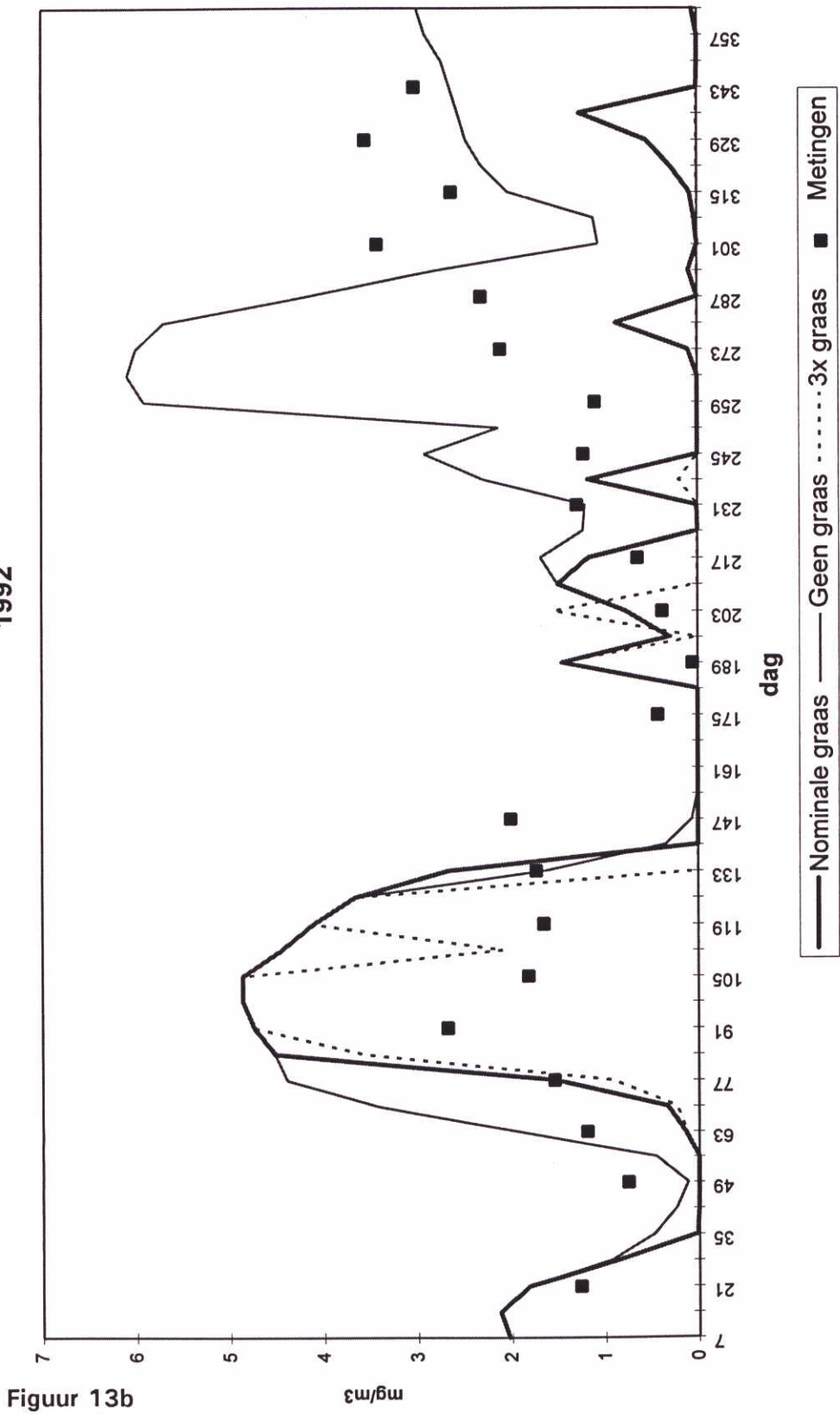
Effect van graas op berekend chlorofyl  
1992



Figuur 13a

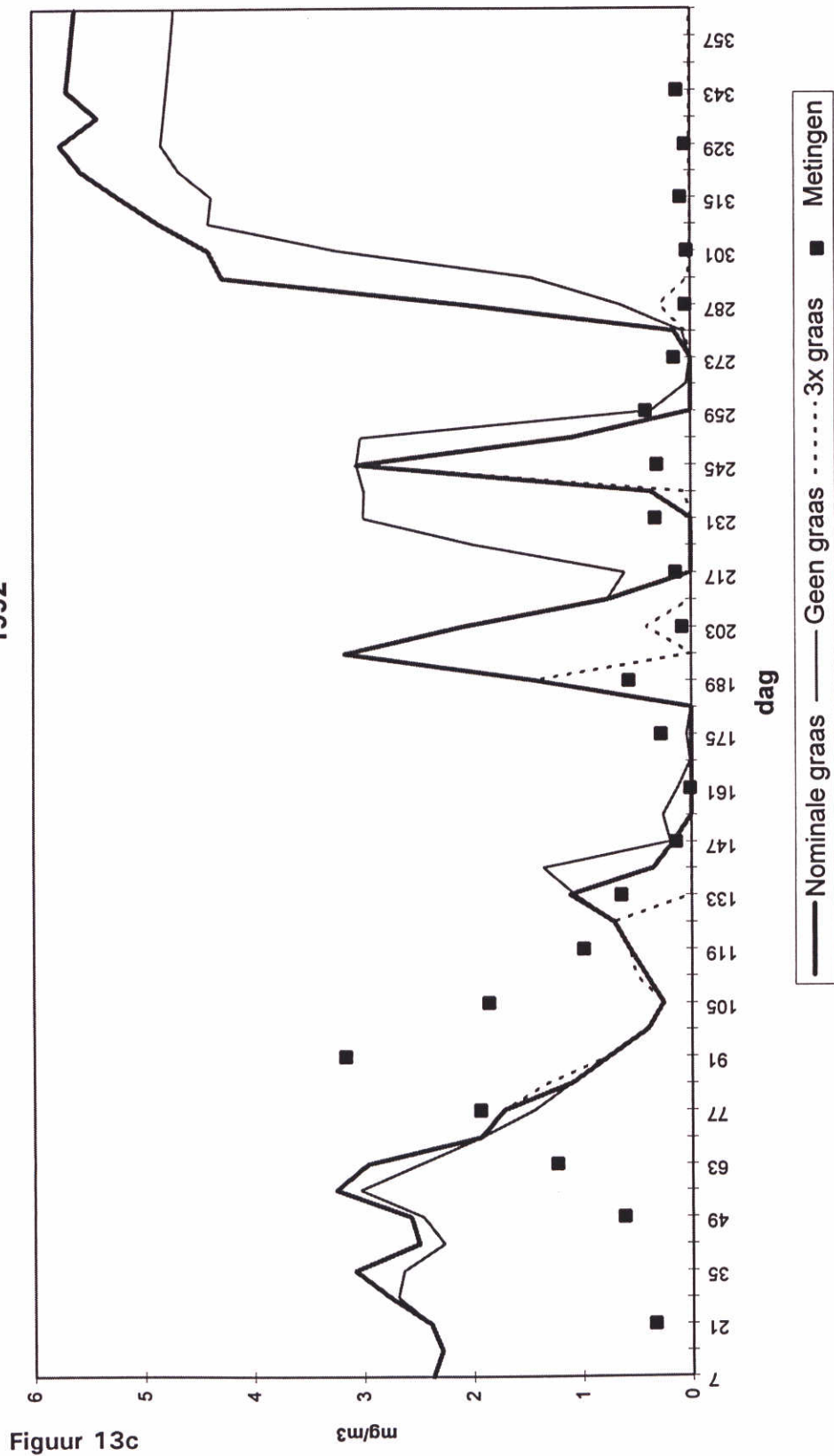


Effect van graas op blauwwierconcentratie  
1992



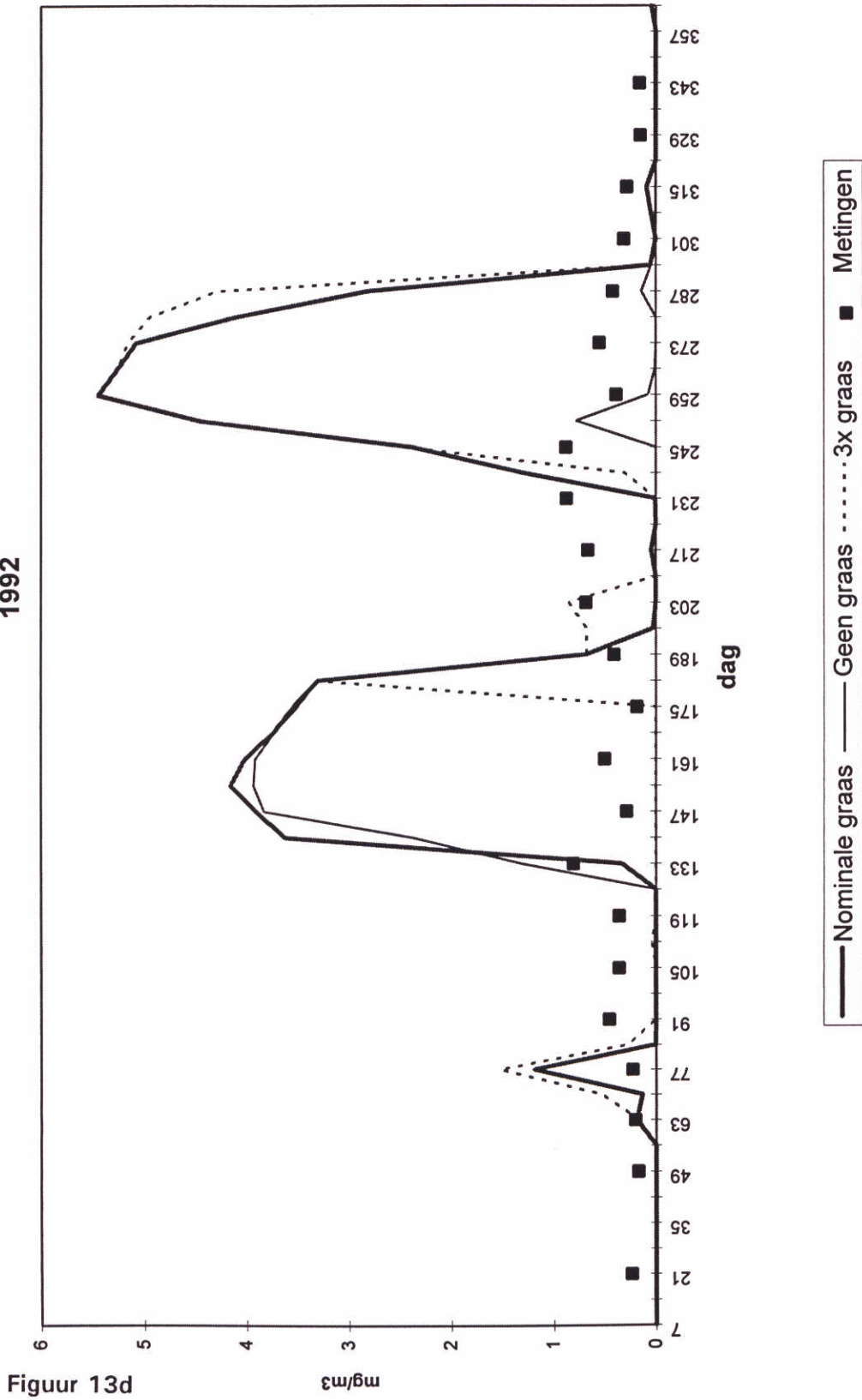
Figuur 13b

# Effect van graas op diatomeeën 1992



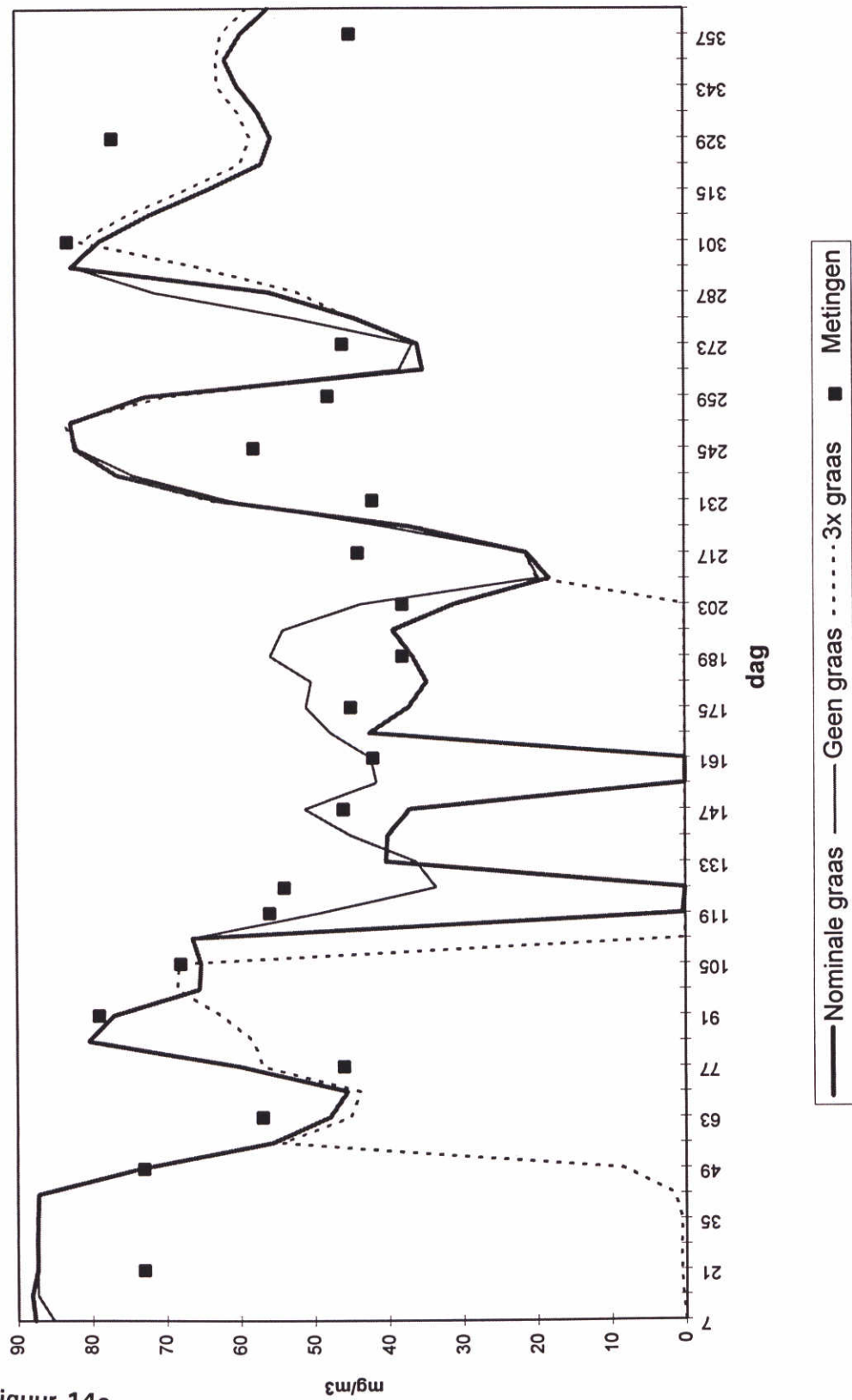
Figuur 13c

Effect van graas op groenwieren  
1992



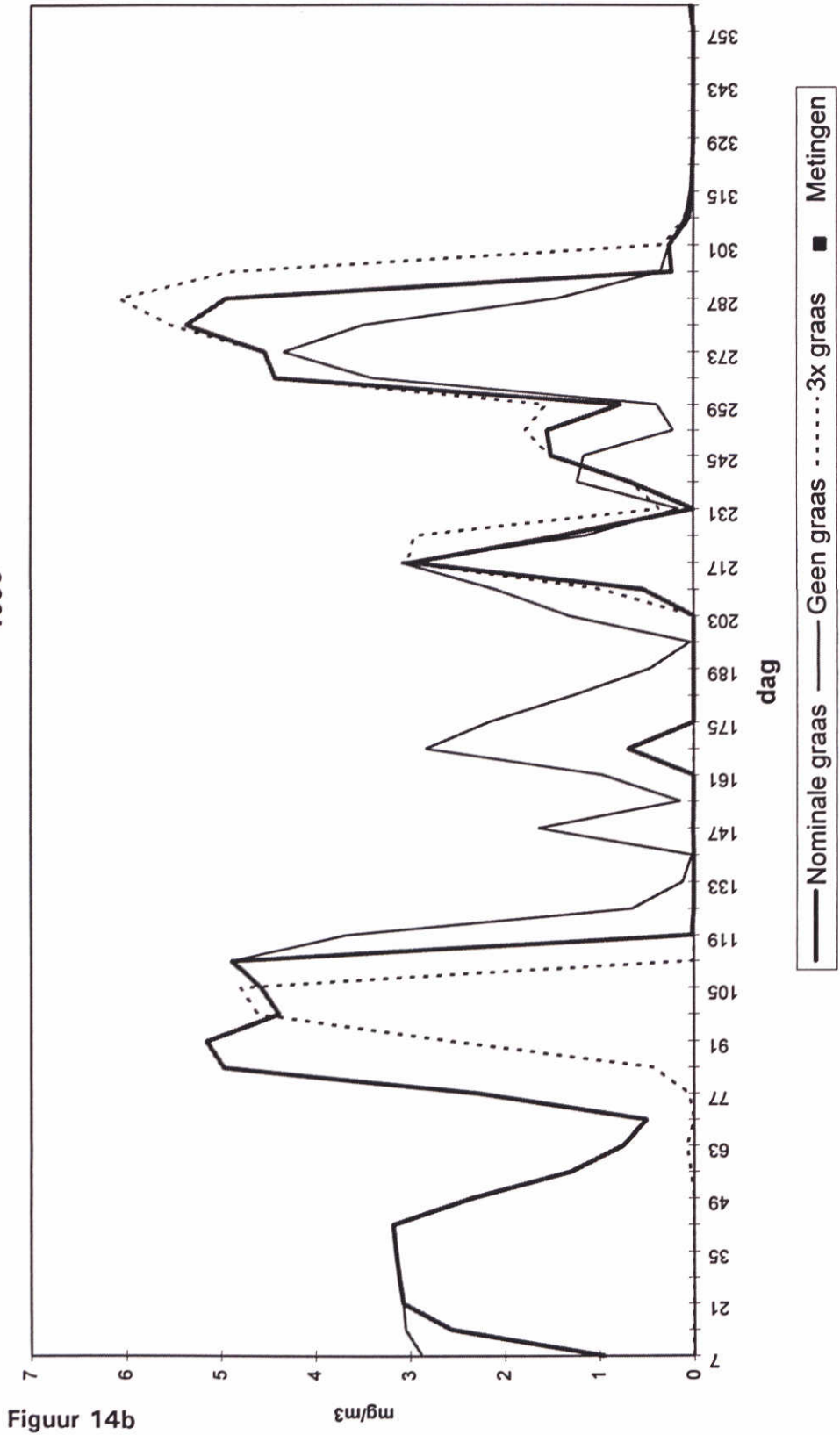
Figuur 13d

Effect van graas op berekend chlorofyl  
1993



Figuur 14a

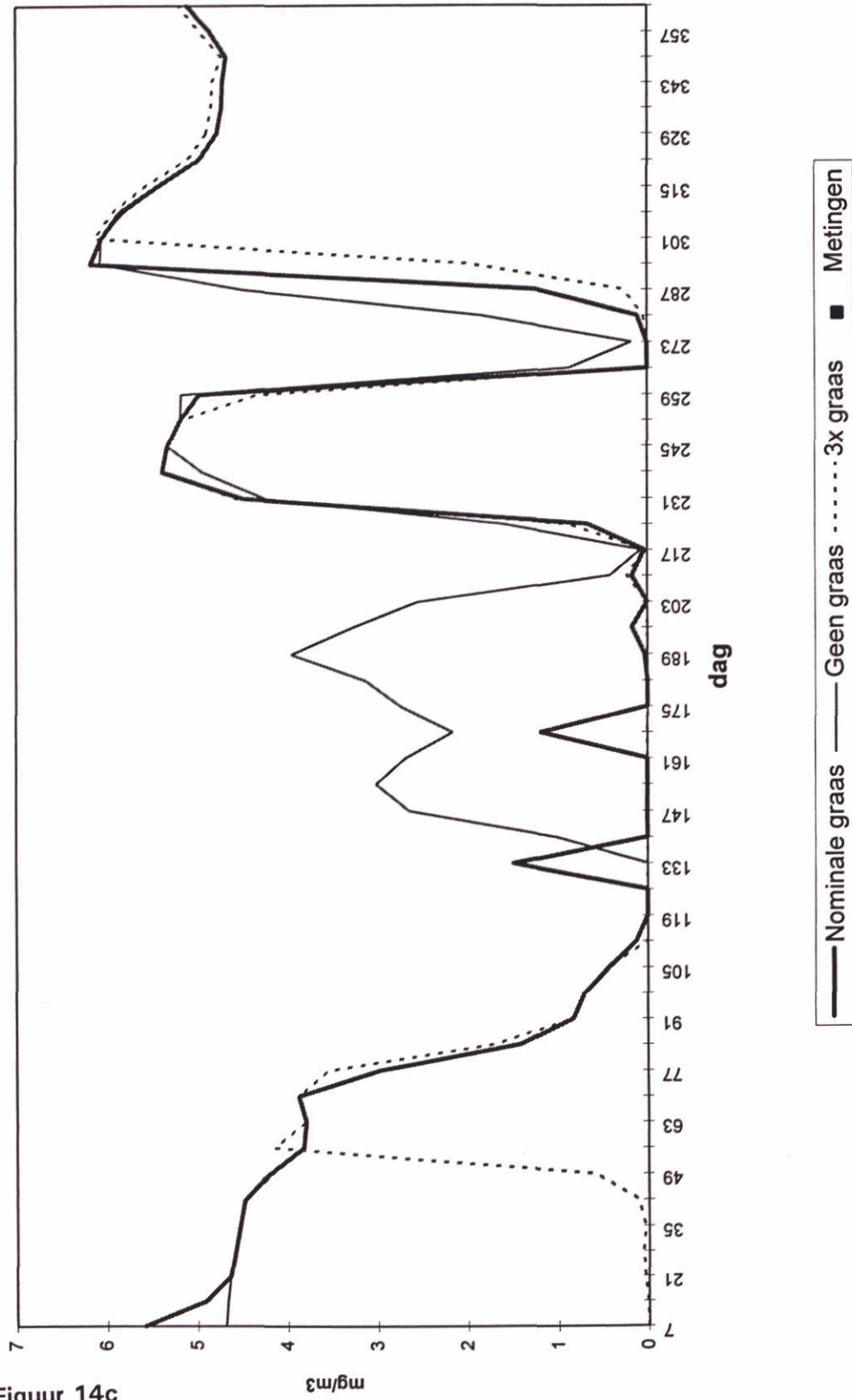
# Effect van graas op blauwwierconcentratie 1993



Figuur 14b

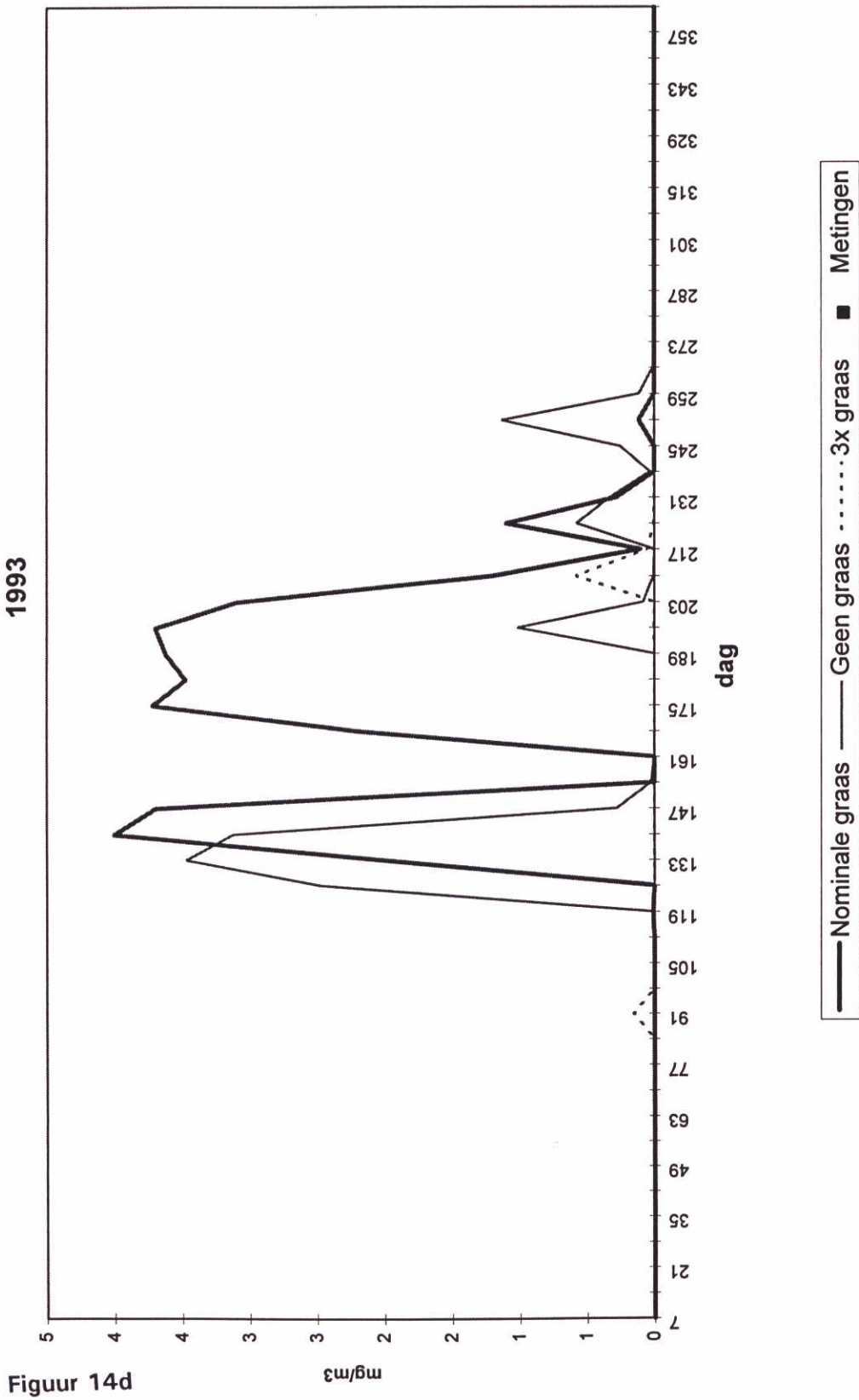


Effect van graas op diatomeeën  
1993



Figuur 14c

Effect van graas op groenwieren  
1993



Figuur 14d