

Een verkennend onderzoek naar het zuurstof- en temperatuurregime van het vijvercomplex van de Keukenhof.



**Een verkennend onderzoek naar het zuurstof- en  
temperatuurregime van het vijvercomplex van de Keukenhof.**

**M.W. van den Hoorn**

**Alterra-Keukenhof**

**Alterra, Research Instituut voor de Groene Ruimte, Wageningen, 2002**

21733)5

## REFERAAT

Auteur(s), 2002. *Titel; ondertitel*. Wageningen, Alterra, Research Instituut voor de Groene Ruimte. Alterra-Keukenhof. 30 blz. 5 fig.; 7 ref.

In dit rapport worden de resultaten beschreven van een verkennend onderzoek naar het zuurstof- en temperatuurregime van het vijvercomplex van de Keukenhof te Lisse. Aanleiding voor het onderzoek was het optreden van sterfte onder vissen en watervogels. Uit het onderzoek is gebleken dat de zuurstofhuishouding van het vijversysteem van dien aard is dat er maatregelen nodig zijn. Uit het onderzoek blijkt verder dat de watertemperatuur in de zomerperiode gedurende lange tijd hoger dan 20 °C wordt en de kans op botulisme dan ook zeer reëel is.

Trefwoorden: zuurstof, temperatuur, vissen, botulisme

ISSN 1566-7197

Dit rapport kunt u bestellen door € 13,- over te maken op Rekeningnummer 46 20 51 012 ten naam van Alterra, Wageningen, onder vermelding van Alterra-Keukenhof. Dit bedrag is inclusief BTW en verzendkosten.

© 2002 Alterra, Research Instituut voor de Groene Ruimte,  
Postbus 47, NL-6700 AA Wageningen.  
Tel.: (0317) 474700; fax: (0317) 419000; e-mail: [postkamer@alterra.wag-ur.nl](mailto:postkamer@alterra.wag-ur.nl)

Niets uit deze uitgave mag worden verveelvoudigd en/of openbaar gemaakt door middel van druk, fotokopie, microfilm of op welke andere wijze ook zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van Alterra.

Alterra aanvaardt geen aansprakelijkheid voor eventuele schade voortvloeiend uit het gebruik van de resultaten van dit onderzoek of de toepassing van de adviezen.

## Inhoud

Samenvatting	7
1 Inleiding	9
2 Methode	13
3 Resultaten	15
3.1 Incidentele metingen	15
3.2 Continuummetingen	18
4 Conclusie en aanbevelingen	21
4.1 Conclusie	21
4.2 Aanbevelingen	21
4.3 Aanbevelingen voor verder onderzoek	23
Literatuur	25

## *Bijlagen*

1 Overzicht meetlocaties	27
2 Incidentele zuurstof- en temperatuurmetingen	29



## Samenvatting

In april en mei van 2002 trad er in het vijversysteem van de Keukenhof sterfte van vissen op. Ook is er in het verleden sterfte onder de watervogels opgetreden. Een mogelijke oorzaak van de sterfte onder de vissen is een te laag zuurstofgehalte van het vijverwater. De sterfte onder watervogels heeft mogelijk te maken met een uitbraak van botulisme. Alterra heeft van 22 augustus 2002 tot 20 september 2002 een onderzoek uitgevoerd naar het zuurstof- en temperatuurregime van het vijversysteem. Uit dit onderzoek blijkt dat de zuurstofhuishouding in de aanvoersloot en de afvoersloot zo slecht is dat maatregelen nodig zijn. Ook in de vijver zelf is het raadzaam om tijdens warme periodes over te gaan tot zuurstoftoevoerende maatregelen zoals kunstmatige beluchting. Uit het onderzoek blijkt verder dat de watertemperatuur in de zomerperiode gedurende lange tijd hoger dan 20 °C wordt en de kans op botulisme dan ook zeer reëel is.





# 1 Inleiding

## *Aanleiding voor het onderzoek*

In april en mei van 2002 trad er in het vijversysteem van de Keukenhof sterfte van vissen op. Ook is er in het verleden sterfte onder de watervogels opgetreden. De dode vissen bevonden zich in de aanvoersloot van het vijversysteem, de dode vogels voornamelijk in de vijver zelf. Een mogelijke oorzaak van de sterfte onder de vissen is een te laag zuurstofgehalte van het vijverwater. De sterfte onder watervogels heeft mogelijk te maken met een uitbraak van botulisme.

## *Het vijversysteem*

Het vijversysteem van de Keukenhof kan worden onderverdeeld in de volgende drie compartimenten: de aanvoersloot, de vijver en de afvoersloot. De aanvoer- en de afvoersloot staan beide in open verbinding met de Lisserbeek, een langzaam stromende brede zandsloot. Zie bijlage 1 voor een overzicht.

## *De aanvoersloot*

De aanvoersloot heeft een gemiddelde diepte van ca. 60 cm, een gemiddelde breedte van ca. 8 m en is ca. 500 m lang. De sloot is over vrijwel het gehele traject sterk beschaduwd en heeft een bodem die vrijwel geheel bestaat uit gedeeltelijk verteerd blad. De gemiddelde dikte van deze organische laag is ca. 45 cm. Aan de inlaatzijde van de aanvoersloot bevindt zich een pomp met een capaciteit van 1.58 m<sup>3</sup>/min. Het naar binnen gepompte water wordt door middel van beluchting van extra zuurstof voorzien.

## *De vijver*

De vijver is ca. 230 m lang en is in het midden ca. 100 m breed. De gemiddelde diepte is ca. 85 cm. Op de bodem ligt een sliblaag van ca. 30 cm. In het midden van de vijver ligt een eiland van ongeveer 40 bij 20 meter. Tijdens het toeristenseizoen is er een fontein in werking. De vijver bevat behoorlijk veel algen en heeft daarom een beperkt doorzicht.

## *De afvoersloot*

De afvoersloot vertakt zich in tweeën en varieert nog al in breedte en diepte. De afvoersloot heeft een gemiddelde diepte van ca. 65 cm, een gemiddelde breedte van ca. 9 m en is ca. 780 m lang. De bodem bestaat uit een sliblaag van ca. 35 cm dik. Op enkele plaatsen is de sloot sterk beschaduwd.

Het gehele vijversysteem bevat op enkele waterlelies na nagenoeg geen waterplanten. Het totaal volume aan water is naar schatting ruim 410000 m<sup>3</sup>.

Alle hierboven genoemde dimensies zijn berekend met behulp van gegevens uit Groeningen (2001).

### ***Zuurstofhuishouding in aquatische systemen***

De hoeveelheid zuurstof in aquatische systemen is afhankelijk van de uitwisseling tussen lucht en water en van de ademhalingsactiviteiten van de organismen in het water. De maximaal oplosbare hoeveelheid zuurstof in water, de zuurstofverzadiging, is afhankelijk van de watertemperatuur, de saliniteit en de luchtdruk. De invloed van de luchtdruk is ondergeschikt aan de beide andere factoren. Omdat de factor saliniteit niet van belang is bij zoetwatersystemen is de watertemperatuur de enige factor van belang die de zuurstofverzadiging van een zoet systeem bepaalt. Hoe warmer het water is, hoe minder zuurstof het kan bevatten.

In systemen waarin de consumptiesnelheid van zuurstof hoger is dan de uitwisselingsnelheid tussen lucht en water treedt onderverzadiging op. Het water bevat dan dus minder zuurstof dan het bij een bepaalde temperatuur zou kunnen bevatten. Dergelijke situaties doen zich voor wanneer er zich onder water een grote hoeveelheid organisch materiaal bevindt, vaak in de vorm van plantenresten of organisch slib.

In systemen waarin de netto productie groter is dan de uitwisseling tussen water en lucht zal oververzadiging optreden. Deze systemen bevatten meer zuurstof dan er in een evenwichtsituatie mogelijk is. Dergelijke situaties kunnen zich voordoen bij grote algenconcentraties en wanneer er veel ondergedoken vegetatie aanwezig is. In een periode van algenbloei kan er overdag een oververzadiging optreden terwijl er in de nacht door een netto consumptie een zuurstoftekort kan ontstaan. Consumptie van zuurstof is een continu proces, de productie vindt alleen plaats bij voldoende lichtintensiteit. Om een goed beeld te krijgen van de zuurstofhuishouding van een systeem is het dan ook noodzakelijk om gedurende een langere tijd de zuurstofconcentratie continu te volgen. Ook wordt zo inzicht verkregen in de invloed van de weersgesteldheid op de zuurstofhuishouding

### ***Minimale zuurstofconcentraties voor vissen***

Hoeveel zuurstof een vis minimaal nodig heeft hangt sterk van de soort. Een baars heeft een vrij hoog zuurstofgehalte nodig en een blankvoorn kan perioden met een erg laag zuurstofgehalte overleven. Ook stellen vissenlarven weer andere eisen dan volgroeide vissen. Als streefwaarde voor een water voor karperachtigen wordt over het algemeen een zuurstofgehalte van 6 mg/l en hoger aangegeven (Witteveen en Bos, 1995). Dit is een waarde waarbij ook de meeste vissenlarven zullen overleven. Onduidelijk is echter of en hoelang vissen en larven een periode met een lager zuurstofgehalte kunnen overleven. Veel zuurstofmetingen worden niet continu uitgevoerd en vaak ook niet in die perioden dat het zuurstofgehalte het laagst is. De in de Keukenhof aangetroffen dode vissen waren allemaal karpers (*Cyprinus carpio*). Uit onderzoek is gebleken dat voor karpers een zuurstofgehalte van 3 mg/l per liter voldoende is voor groei en overleving van volwassen dieren (Steffens, 1980). Omdat de karper ten aanzien van het zuurstofgehalte van het water kennelijk de meest kritische vis van het vijvercomplex van de Keukenhof is wordt in dit rapport een zuurstofgehalte van 3 mg/l als ondergrens aangehouden

### ***Botulisme***

Botulisme is een ziekte waarbij een specifieke voedselvergiftiging optreedt, veroorzaakt door de opname van gifstoffen (toxinen) die door de bacterie *Clostridium botulinum* worden gevormd. Deze bacterie kan zich alleen voortplanten onder zuurstofloze omstandigheden. Er worden zeven verschillende typen botulismebacteriën en botulismetoxinen onderscheiden, aangeduid met de letters A, B, C, D, E, F en G. De mens is het meest gevoelig voor de typen A, B, E en F, terwijl dieren het meest gevoelig blijken te zijn voor de typen C en D (Bloem, 1980). Voor botulisme-uitbraken in aquatische systemen zijn de botulintypen C en E het meest belangrijk. Sterfte onder watervogels treedt op bij hoge concentraties van het botuline toxine type C. Vissen zijn het meest gevoelig voor type E. Type E is bij eendachtigen alleen lethaal in zeer hoge concentraties (Smith & Sugiyama, 1988).

In Nederland is *Clostridium botulinum* type C het meest voorkomende type en komt van nature voor in waterbodems. Ook dragen veel watervogels deze bacterie bij zich en dragen zo bij aan de verdere verspreiding van de bacterie. De bacterie is sporenvormend en de sporen kunnen een zeer lange tijd in het milieu aanwezig blijven (Smith & Sugiyama, 1988).

Uit onderzoek is gebleken dat ziekteverwekkende concentraties van botuline type C alleen optreden in kadavers en in de maden die zich in dergelijke kadavers ontwikkelen. Watervogels en vissen consumeren graag maden en twee maden kunnen samen al de minimale letale dosis voor eenden bevatten. Kadavers komen na volledige decompositie in kleine deeltjes op de bodem terecht en zo kan het botulinetoxine in hoge concentraties in het bodemslib terecht komen. Experimenten met botuline type C hebben uitgewezen dat het toxine zo stabiel is dat zelfs na 9 maanden na introductie in een aquatisch milieu er nog geen concentratieafname van het toxine waar te nemen was. Een met toxine C besmet milieu kan dus gedurende vele maanden (en wellicht jaren) voor foeragerende watervogels een potentieel gevaar vormen.

Uitbraken van botulisme hebben altijd te maken met een hoge watertemperatuur. Haagsma kon tijdens uitbraken van botulisme geen afwijkende zuurstof en pH-waarden meten (Haagsma, 1974). Hoewel de botulismebacterie alleen gedijt onder zuurstofloze omstandigheden is een laag zuurstofgehalte van het water kennelijk geen voorwaarde voor de uitbraak van botulisme. Wel kunnen zuurstofloze perioden zorgen voor vissterfte. De dode vissen kunnen dan vervolgens dienen als voedselbron voor de botulismebacterie. De kans is dus groot dat een botulisme-uitbraak geïnitieerd wordt door een zuurstofloze periode. Ook is het goed denkbaar dat zuurstofloze omstandigheden rond de bodem van een oppervlaktewater goede omstandigheden creëren voor de botulismebacterie. Voor het optreden van ziekteverwekkende concentraties van het toxine op de bodem is ook dan waarschijnlijk de aanwezigheid van een kadaver vereist.



## 2 Methode

### *Incidentele metingen*

Op 22 augustus en 20 september 2002 zijn op verschillende locaties in het vijversysteem zuurstof- en temperatuurmetingen verricht. In de aan- en afvoersloot zijn de metingen vanaf de aanwezige bruggetjes verricht en zoveel mogelijk in het midden van de watergang. Er is telkens op drie diepten gemeten. Op ca. 3 cm onder het oppervlak, vlak boven de bodem en in het midden van de waterkolom. Wanneer het water dieper was dan 100 cm is er op 100 cm diepte gemeten. Dit omdat er met de gebruikte zuurstofmeter niet dieper dan 1 meter kan worden gemeten. In enkele gevallen was door omstandigheden de maximaal te bereiken diepte nog minder, dit is bij de betreffende metingen in bijlage 2 vermeld. In de vijver zijn op meerdere locaties op enige meters uit de oever metingen verricht. Vanaf de oever is met een waadpak de vijver ingelopen totdat de met het waadpak maximaal haalbare diepte van ca. 1.20 m was bereikt. Op deze locaties is op 3, 50 en 100 cm diepte gemeten. De gebruikte zuurstofmeter is een WTW Oximeter type Oxi330 met een CellOx 325 zuurstofrobre. Per meting zijn de temperatuur, het zuurstofgehalte en de zuurstofverzadiging genoteerd.

Een overzicht van de meetlocaties is gegeven in bijlage 1.

### *Continue metingen*

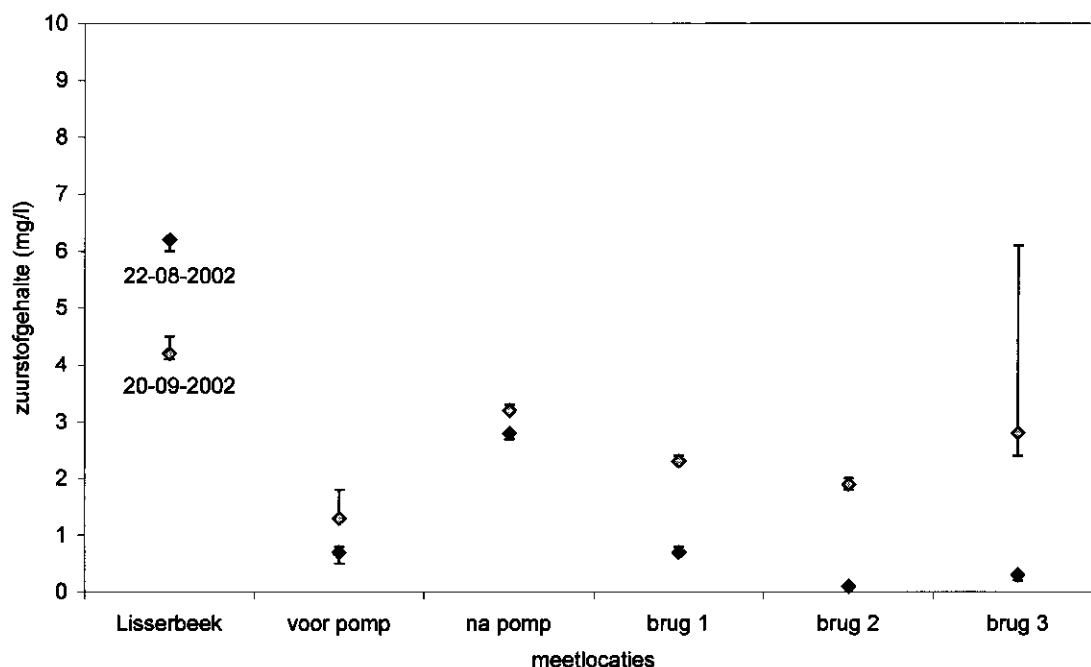
Bij brug 1 in de aanvoersloot en ter hoogte van locatie C in de vijver is met behulp van een OTD-diver in de periode van 22 augustus tot 20 september elke 15 minuten het zuurstofgehalte en de temperatuur geregistreerd. De gebruikte weersgegevens zijn afkomstig van Vliegveld Valkenbrug. Dit weerstation bevindt zich binnen een straal van 10 km van de Keukenhof.



### 3 Resultaten

#### 3.1 Incidentele metingen

##### *De aanvoersloot*



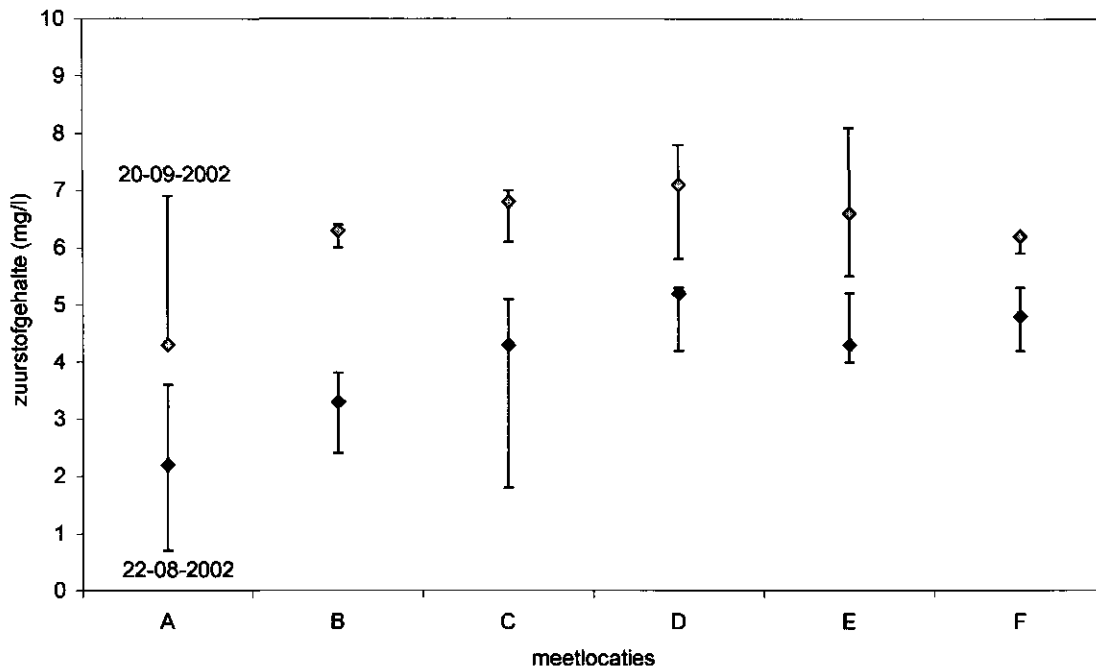
*Figuur 3.1 Het zuurstofgehalte in de Lisserbeek en de aanvoersloot. De minimum- en maximumbalken geven respectievelijk het zuurstofgehalte aan de bodem en aan het oppervlak weer. Het verzadigingspunt ligt op 22-08-02 rond de 9 mg/l en op 20-09-2002 rond de 10 mg/l.*

Uit figuur 3.1 blijkt duidelijk dat de Lisserbeek op de beide meetdagen een duidelijk hoger zuurstofgehalte heeft dan de aanvoersloot. De aanvoersloot is op 22-08-2002 bij brug 2 bijna geheel zuurstofloos. Het effect van het beluchten van het verpompte water is in het zuurstofgehalte van het punt "na pomp" duidelijk te zien. Het effect is echter op het volgende meetpunt, zeker op 22-08-2002, alweer volledig teniet gedaan. Met uitzondering van de metingen bij brug 3, gemeten op 20-09-2002 suggereren alle andere metingen een goede menging van het water. Dit beeld wordt nog versterkt door de temperatuurmetingen. Alle in de aanvoersloot gemeten temperatuurwaarden lagen op 22-08-2002 tussen de 18.2 en 19.2 °C. Op 20-09-2002 lagen alle in de aanvoersloot gemeten temperatuurwaarden tussen de 15.7 en 16.4 °C (Zie bijlage 2).

Brug 3 is het grenspunt van de aanvoersloot met de vijver. De grote spreiding in de zuurstofwaarden op 20-09-2002 bij brug 3 zijn een duidelijk effect van de vijver.

De ietwat hogere zuurstofgehalten op 20-09-2002 zijn waarschijnlijk een gevolg van een afnemende afbraaksnelheid van organisch materiaal bij de wat lagere watertemperatuur. Kouder water kan meer zuurstof bevatten maar bij een gelijkblijvende verzadiging zou het water hooguit 0.5 mg per liter meer bevatten.

## De vijver

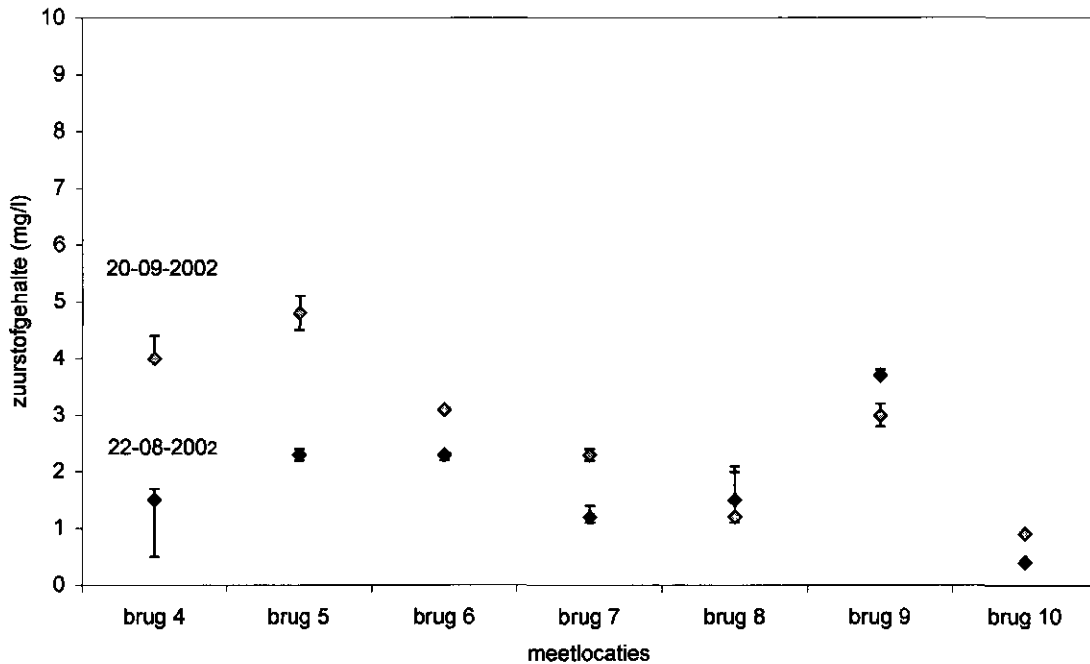


*Figuur 3.2 Het zuurstofgehalte in de vijver. De minimum- en maximumbalken geven respectievelijk het zuurstofgehalte aan de bodem en aan het oppervlak weer. Het verzadigingspunt ligt op 22-08-02 rond de 9 mg/l en op 20-09-2002 rond de 10 mg/l.*

Uit figuur 3.2 blijkt dat ook de vijver op 20-09-2002 meer zuurstof bevat dan op 22-08-2002. Zoals uit de continumetingen zal blijken (zie 3.2) vertoont de vijver een heel dynamisch zuurstofpatroon. Dit patroon heeft te maken met de zuurstofproductie door algen, de relatief geringe invloed van de sliblaag en de relatief grote invloed van windwerking. De in de vijver gemeten temperaturen suggereren een goede menging van het water. Alle in de vijver gemeten temperatuurwaarden lagen op 22-08-2002 tussen de 21.7 en 19.6 °C en op 20-09-2002 tussen de 16.2 en 17.2 °C. De zuurstofgehalten kunnen per punt op verschillende diepten echter wel redelijk variëren. De oorzaak moet hier waarschijnlijk worden gezocht in de zuurstofproductie door algen en de afbraak van organisch materiaal aan de bodem. De zuurstofproductie door algen wordt sterk beïnvloed door de hoeveelheid zonlicht die doordringt. Het water van de vijver is erg troebel en het is voor de handliggend dat het grootse deel van de zuurstofproductie in het bovenste deel van de waterkolom plaatsvindt. De grootse zuurstofconsumptie vind plaats nabij de slibbodem. Ook is het waarschijnlijk dat de ten opzichte van de aan- en afvoersloot sterkere windwerking positief bijdraagt aan een hoger zuurstofgehalte vlak onder het oppervlak. Over het gehele traject echter nergens zuurstofloosheid op.



### De afvoersloot



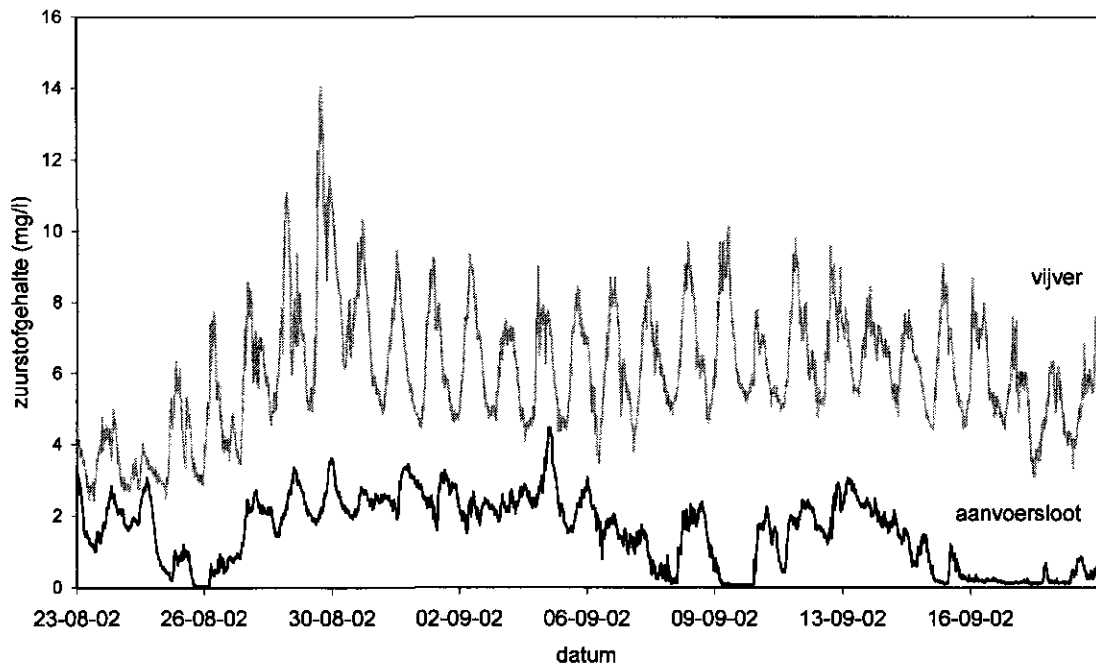
*Figuur 3.3 Het zuurstofgehalte in de afvoersloot. De minimum- en maximumbalken geven respectievelijk het zuurstofgehalte aan de bodem en aan het oppervlak weer. Het verzadigingspunt ligt op 22-08-02 rond de 9 mg/l en op 20-09-2002 rond de 10 mg/l.*

In sommige delen van de afvoersloot is het zuurstofgehalte wat hoger dan in de aanvoersloot. Waarom brug 4 een lager zuurstofgehalte heeft dan brug 5 is moeilijk te verklaren. Het lage zuurstofgehalte bij brug 8 wordt veroorzaakt doordat het systeem daar niet doorstroomd wordt en beschut achter het paviljoen ligt. Zowel bij brug 9 als bij brug 10 is het water erg ondiep. Toch bevat het water bij brug 9 duidelijk meer zuurstof dan bij brug 10. Een oorzaak hiervoor kan zijn dat brug 10 meer beschut ligt dan brug 9. Wind heeft hierdoor dus veel minder invloed, er is bovenstrooms van brug 10 meer bladinvall en wellicht ook minder instraling. Ook in de afvoersloot zijn de zuurstofgehalten op 20-09-2002 op de meeste punten wat hoger dan op 22-08-02. Dit geldt echter niet voor het echt stagnante deel bij brug 8 en brug 9.

Alle in de afvoersloot gemeten temperatuurwaarden lagen op 22-08-2002 tussen de 19.2 en 20.4 °C en op 20-09-2002 tussen de 15.9 en 17.0 °C.

## 3.2 Continuumetingen

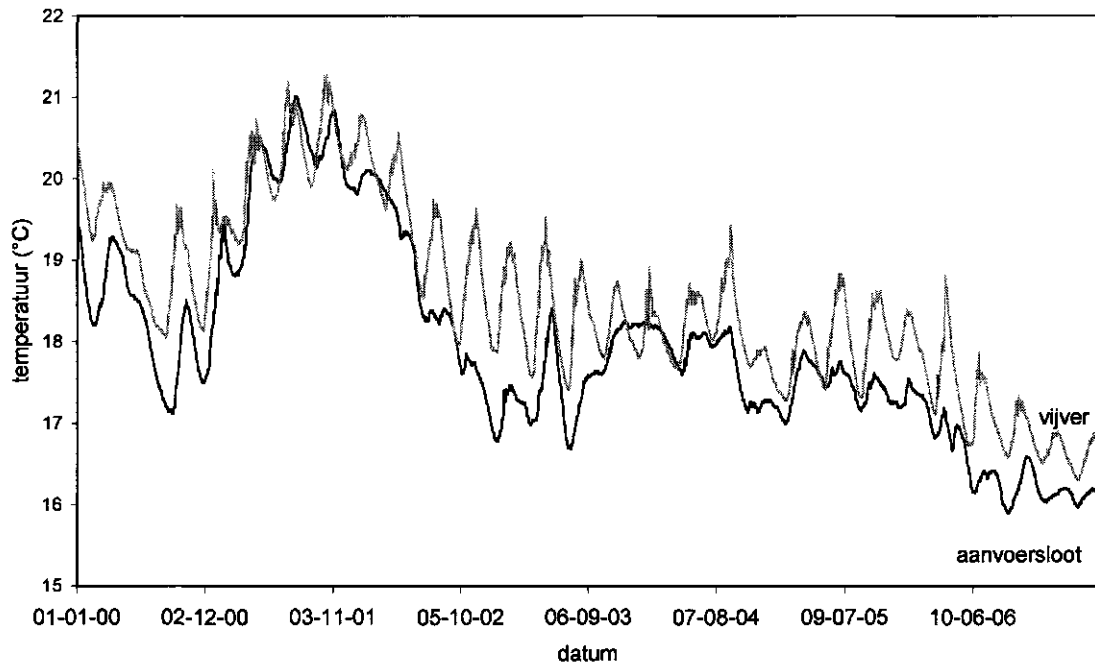
### Zuurstofgehalte



Figuur 3.4 Zuurstofpatroon in de aanvoersloot en de vijver. De metingen zijn elke kwartier verricht vanaf 23-08-02 0:00 uur t/m 19-09-2002 0:00 uur.

De aanvoersloot en de vijver vertonen globaal hetzelfde patroon van pieken en dalen. De oorzaak van pieken in de zuurstofconcentratie moet in beide systemen worden gezocht in productie door algen. De oorzaken van de dalen zijn in beide systemen een gevolg van de consumptie van zuurstof door algen in de nacht en door de afbraak van slib op de bodem. De aanvoersloot bereikt met 4 mg/l echter hooguit 40 % verzadiging en wordt in de dalen soms compleet zuurstofloos. De vijver vertoont veel sterkere pieken en dalen. Op 29-08-2002 bereikt de vijver zelfs een zuurstofgehalte van meer dan 14 mg/l. Dit komt overeen met een verzadigingspercentage van 140%. De vijver heeft ten opzichte van de aanvoersloot veel meer instraling (en dus een hogere productie) en een relatief dunne sliblaag. De combinatie van een hoge productie met een relatief lage consumptie vanuit de sliblaag zorgt ervoor dat zuurstofloze perioden niet bereikt worden, dit in tegenstelling tot de aanvoersloot. De zuurstofconcentratie komt soms wel onder de in dit rapport gestelde ondergrens van 3 mg/l.

### Temperatuurverloop



*Figuur 3.5 Temperatuurverloop in de aanvoersloot en in de vijver. De metingen zijn elk kwartier verricht vanaf 23-08-02 0:00 uur t/m 19-09-2002 0:00 uur.*

Het verloop van de temperatuur in de vijver en in de aanvoersloot vertoont gedurende de meetperiode een dalende trend die overeenkomt met de gemiddelde buitenluchttemperatuur. Beide systemen reageren vrijwel even sterk op een veranderende luchttemperatuur. De pieken in de aanvoersloot blijven soms wel wat achter bij de pieken in de vijver, de oorzaak hiervoor moet worden gezocht in de beschutte ligging van het meetpunt. Wanneer er een statistische analyse wordt uitgevoerd tussen de gemiddelde watertemperatuur van de vijver per etmaal en de gemiddelde luchttemperatuur per etmaal wordt de volgende relatie verkregen:

Gemiddelde watertemperatuur =  $0.5877 \times$  gemiddelde luchttemperatuur + 8.5019, met een correlatiefactor van 0.75. Met behulp van deze relatie kan een idee verkregen worden van de maximaal te bereiken zomertemperatuur van het water. Bij een gemiddelde luchttemperatuur van 20 °C zal het water ook ongeveer 20 °C worden, en bij een extreem hoge gemiddelde luchttemperatuur van 30 °C zal het water ca 26 °C kunnen worden. In de zomerperioden kunnen dus lange perioden van voor botulisme gunstige temperaturen op treden.



## 4 Conclusie en aanbevelingen

### 4.1 Conclusie

#### *De aanvoersloot*

De aanvoersloot heeft een extreem laag zuurstofgehalte. Hiervoor zijn meerdere oorzaken aan te wijzen. De aanvoersloot ondervindt zeer veel bladinvall en is sterk beschaduwd. De afbraak van blad heeft een negatieve invloed op het zuurstofgehalte. De sterke beschaduwning in combinatie met de dikke organische laag op de bodem verhindert de ontwikkeling van ondergedoken, zuurstofproducerende vegetatie. De beschutte ligging van de aanvoersloot verhindert zuurstoftoevoer door windwerking en ook de doorstroming van de sloot is veel te laag. Het toevoeren van extra zuurstof door middel van beluchting van het verpompte water heeft te weinig effect.

#### *De afvoersloot*

Voor de afvoersloot geldt in grote lijnen hetzelfde als voor de aanvoersloot. De afvoersloot heeft echter wat minder beschaduwning en beschutting en heeft daarom over het algemeen een ietwat hoger zuurstofgehalte. Het water in de afvoersloot is troebeler dan in de aanvoersloot en deze troebeling gaat in combinatie met de dikke organische laag op de bodem de ontwikkeling van ondergedoken vegetatie tegen.

#### *De vijver*

De vijver heeft een betere zuurstofhuishouding dan de beide sloten. Dit komt voornamelijk doordat de vijver een relatief dunne sliblaag heeft en door zijn grote oppervlak en onbeschutte ligging veel meer wind vangt dan de sloten. De gemiddelde waarde van de continue zuurstofmetingen ligt rond de 6 mg/l, overeenkomstig de streefwaarde voor wateren voor karperachtigen. Tijdens de continumetingen komt het zuurstofgehalte op het meetpunt incidenteel onder de in dit rapport gestelde ondergrens van 3 mg/l.

Net als de aan- en afvoersloot bevat de vijver geen ondergedoken vegetatie. Oorzaken voor het ontbreken hiervan moeten worden gezocht in lichtgebrek door het troebele water en begrazing door watervogels.

Tenslotte moet worden geconcludeerd dat de hoge watertemperatuur in combinatie met de zuurstofarme omstandigheden rond de bodem optimale omstandigheden creëren voor het optreden van botulisme.

### 4.2 Aanbevelingen

#### *De aanvoersloot*

Om de zuurstofhuishouding in de aanvoersloot te verbeteren is het noodzakelijk om de sloot uit te baggeren en om de houtige vegetatie op de oever flink terug te snoeien. Het terug snoeien van de houtige vegetatie vergroot de lichtinval en de windwerking en reduceert de hoeveelheid invallend blad. Een andere mogelijkheid is om de doorstroming in de sloot te verbeteren. Er moet dan water direct uit de

Lisserbeek worden aangezogen en dit water moet in de aanvoersloot op meerdere locaties aan de lucht worden blootgesteld door het bijvoorbeeld over een aantal cascades te leiden. Het effect van een dergelijk maatregel is echter moeilijk te voorspellen en gezien de inhoud van het systeem is er een behoorlijke inlaatcapaciteit nodig. Het gevaar bestaat dat er bij een stevige doorstroming een actieve verplaatsing van bodemslib uit de aanvoerloot naar de vijver plaatsvindt. De huidige pomp ververst het water in de inlaatsloot ca. 1 maal per etmaal en zorgt bij een gemiddelde breedte van 8 m en een gemiddelde diepte van 60 cm voor een stroomsnelheid van ca. 5 cm/s. Deze geringe stroomsnelheid veroorzaakt in een uniform profiel zoals dat van de inlaatsloot een te geringe turbulentie om echt zuurstof aan het systeem toe te voeren.

Om vissterfte in de aanvoersloot te voorkomen is het ook mogelijk om te voorkomen dat er vissen de sloot in komen. Dit kan eenvoudig worden gerealiseerd door aan de uitlaatzijde van de sloot gaas aan te brengen waardoor er geen vissen meer de inlaatsloot in kunnen zwemmen. Migratie van vissenbroed is niet te voorkomen, maar gezien de zuurstofhuishouding in de sloot is het vrijwel uitgesloten dat jonge visjes in de aanvoersloot kunnen overleven. De aanvoersloot zal door de lage zuurstofgehalten ook ongeschikt zijn voor ongewervelde aquatische organismen die als voedsel voor watervogels kunnen dienen. De watervogels zullen de aanvoersloot dus waarschijnlijk niet actief opzoeken zodat de kans op het optreden van botulisme in dit deel van het vijversysteem erg klein is.

Een laatste optie is het aanbrengen van een aanvoerbuis vanaf de Lisserbeek naar de vijver gecombineerd met het dempen van de sloot. Door de aanvoerbuis kan dan zuurstofrijk water vanuit de Lisserbeek de vijver in worden gepompt zonder dat er zuurstofverlies optreedt. Er moet dan nog wel worden onderzocht hoe de vegetatie in de omgeving gaat reageren op de veranderde hydrologie.

### ***De afvoersloot***

Ook de afvoersloot wordt gekenmerkt door zuurstofloze omstandigheden en een dikke organische laag. De hoeveelheid bladval en beschaduwing is echter wel veel minder dan in de aanvoersloot. In de buurt van de dierenweide is het zeer noodzakelijk om te baggeren. Het water is hier zuurstofarm en erg ondiep. Tijdens warme dagen kunnen er zeer snel zuurstofloze omstandigheden ontstaan en is de kans op het ontstaan van botulisme erg groot. In de delen rond het Prins Willem Alexander Paviljoen lijkt baggeren niet noodzakelijk maar is het veeleer raadzaam om over te gaan tot kunstmatige beluchting met behulp van een beluchter of watermixer.

### ***De vijver***

De vijver heeft de minst slechte zuurstofhuishouding. De metingen wijzen echter uit dat zuurstofloze omstandigheden tijdens warme periodes niet uit te sluiten zijn. Het lijkt echter niet nodig om de relatief dunne sliblaag te verwijderen. De zuurstofhuishouding kan op verschillende andere wijzen verbeterd worden. Het eenvoudigst is kunstmatige beluchting. Door het vaker in werking stellen van de fontein kan het water kunstmatig van zuurstof worden voorzien. Uit de continuummetingen blijkt dat de meest zuurstofarme perioden in de ochtend optreden. Het is dus raadzaam om de fontein vooral in de nacht in werking te stellen. Voor een optimale zuurstofhuishouding zijn er waarschijnlijk meerdere fontein nodig. De

vraag is echter of dit strikt noodzakelijk is. Als er in de vijver één of twee locaties zijn met een goede zuurstofvoorziening dan kunnen de vissen in tijden met zuurstofarme situaties daarheen migreren. Het is echter wel te overwegen om een tweede fontein in het midden van de vijver te plaatsen. De huidige fontein ligt vrij geïsoleerd en het is niet uitgesloten dat de fontein maar in een beperkt deel van de vijver voor watercirculatie zorgt.

Het meer natuurlijk inrichten van de vijver is een andere optie. Door het stimuleren van de groei van ondergedoken vegetatie kan een meer natuurlijke en een meer evenwichtige zuurstofhuishouding worden verkregen. Om te onderzoeken of de groei van ondergedoken vegetatie in de vijver mogelijk is zou een ondiep gedeelte van de vijver voor vogels en vissen moeten worden afgesloten. Dit ondiepe gedeelte van de vijver kan dan worden geënt met ondergedoken waterplanten van de geslachten *Myriophyllum* en *Ceratophyllum*.

Om het optreden van botulisme te beperken is het raadzaam om de ondiepe gedeelten van de vijver verder te verdiepen of voor watervogels onbereikbaar te maken. Op deze wijze worden de watervogels ruimtelijk gescheiden van eventuele botulismetoxinen in de bodem.

### **4.3 Aanbevelingen voor verder onderzoek**

Het is raadzaam om na het uitvoeren van maatregelen te onderzoeken in hoeverre deze maatregelen het gewenste effect hebben gehad. Zo is het bijvoorbeeld nuttig om te weten hoeveel effect kunstmatige beluchting heeft. Er zou bijvoorbeeld kunnen worden onderzocht hoe groot het effect van het inwerking stellen van de fontein is. Hoeveel zuurstof wordt er nu werkelijk toegevoegd en tot hoever in de vijver reikt het effect? Is het nodig om er een tweede fontein bij te plaatsen en moeten ze altijd beide in werking worden gesteld?





## Literatuur

Bloem, J., 1980. Botulisme. Colloqium verslag Microbiologie Rijksuniversiteit Groningen.

Groeningen, A.G. van, 2001. Verkennend kwalitatief waterbodemonderzoek. De Keukenhof te Lisse. AT MilieuAdvies b.v.

Haagsma, J., 1974. De etiologie en epidemiologie van botulismus bij watervogels in Nederland. Proefschrift Rijksuniversiteit Utrecht.

Steffens, W., 1980. Der Kapfen, *Cyprinus carpio*. Ziemsen Verlag. Wittenberg-Lutherstadt.

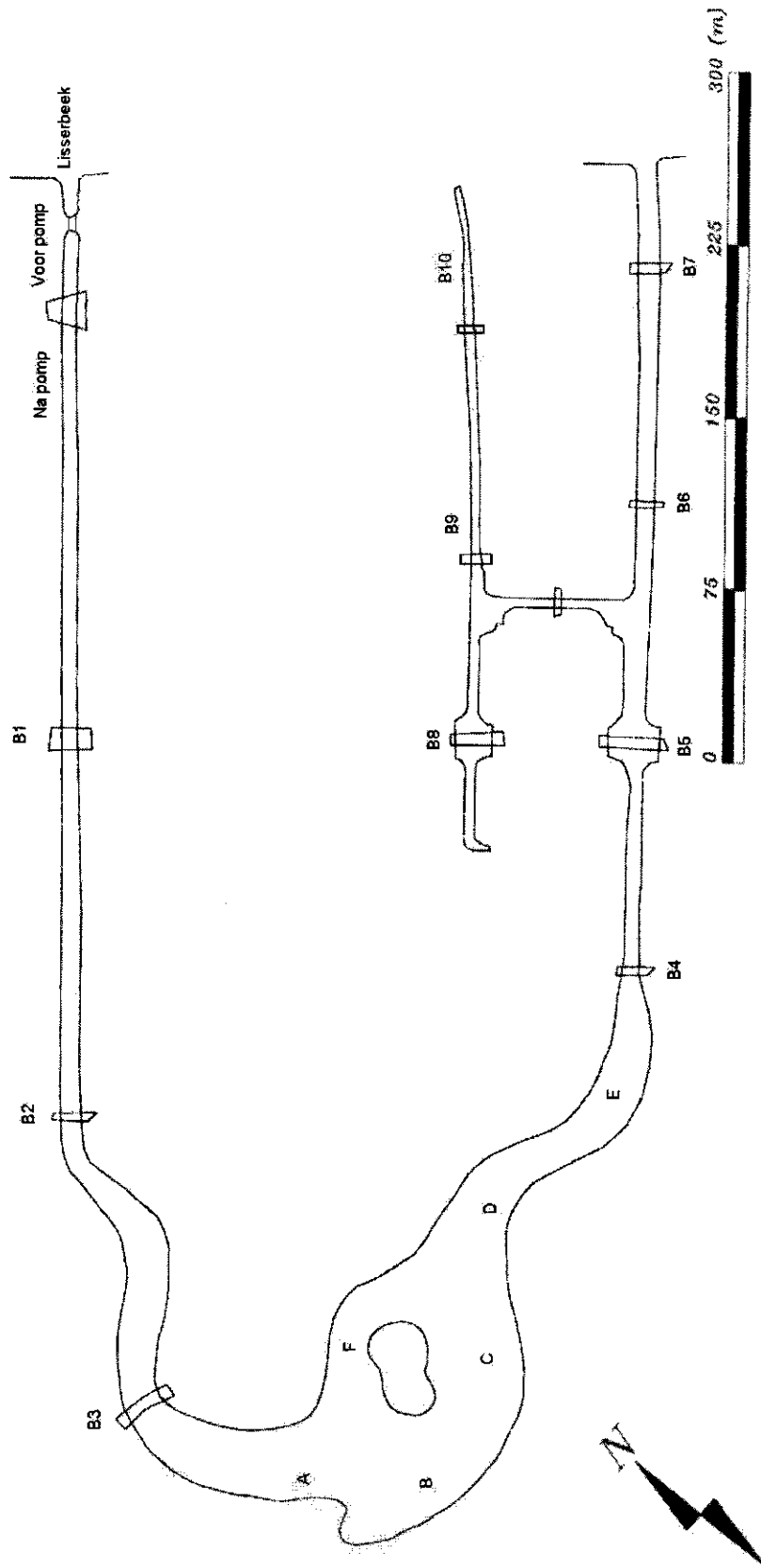
Smith, L.D. & H. Suguyama, 1988. Botulism : The organism, its toxins, the disease. 2nd e.d. Charles C. Thomas, Springfield/Illinois.

Witteveen en Bos, Raadgevend Ingenieursbureau, 1995. Beheersprogramma water voor karperachtigen. Deel 1, Overkoepelend programma. Waterschap Friesland.

Zuiveringsschap Limburg, Afdeling Waterkwaliteitsbeheer, 1998. Draaiboek Botulismebestrijding Limburg 1998. Zuiveringsschap Limburg .



# Bijlage 1 Overzicht meetlocaties





## Bijlage 2 Incidentele zuurstof- en temperatuurmetingen

		22-08-2002				20-09-2002			
Systeemdeel	Meetpunt	Diepte	T (°C)	O2 (mg/l)	O2-%	Diepte	T (°C)	O2 (mg/l)	O2-%
Lisserbeek	Lisserbeek	3	21.1	6.2	70	3	16.2	4.5	45
	Lisserbeek	40	21.1	6.2	70	40	16	4.2	42
	Lisserbeek	80	21.1	6	67	80	16	4.1	41
Aanvoersloot	Voor pomp	3	18.2	0.8	8	3	15.9	1.8	17
	Voor pomp	30	18.2	0.7	7	25	15.9	1.3	14
	Voor pomp	58	18.2	0.5	5	50	15.9	1.3	13
	Na pomp	3	18.2	2.8	29	3	15.9	3.3	33
	Na pomp	25	18.2	2.8	29	25	15.9	3.2	32
	Na pomp	50	18.2	2.7	28	50	15.9	3.2	32
	Brug 1	3	18.3	0.7	8	3	15.8	2.4	24
	Brug 1	30	18.3	0.7	8	35	15.8	2.3	24
	Brug 1	61	18.3	0.8	8	70	15.8	2.3	23
	Brug 2	3	18.8	0.1	1	3	15.8	2	20
	Brug 2	50	18.7	0.1	1	50	15.7	1.9	19
	Brug 2	100	18.7	0.1	1	100	15.7	1.8	18
	Brug 3	3	19.2	0.3	1	3	16.4	6.1	62
	Brug 3	40	19.1	0.3	3	45	15.9	2.8	28
	Brug 3	80	19.1	0.2	4	90	15.9	2.4	24
Vijver	A	3	20.4	3.6	40	3	16.7	6.9	71
	A	50	20	2.2	24	50	16.2	4.3	4.3
	A	100	19.6	0.7	8	100	16.2	4.3	43
	B	3	20.7	3.8	41	3	16.8	6.4	66
	B	50	20.6	3.3	36	50	16.7	6.3	65
	B	100	20.4	2.4	27	100	16.7	6	6.1
	C	3	21.5	5.1	57	3	16.7	7	7.2
	C	50	20.9	4.3	48	50	16.9	6.8	7
	C	100	20.7	1.8	22	100	16.8	6.1	63
	D	3	21.4	5.3	59	3	17.2	7.8	80
	D	50	21.5	5.2	58	50	17.1	7.1	73
	D	100	20.5	4.2	46	100	16.7	5.8	59
	E	3	21.5	5.2	59	3	17.2	8.1	83
	E	50	20.9	4.3	48	50	16.9	6.6	67
	E	100	20	4	45	100	16.7	5.5	56
F	3	21.7	5.3	60	3	17.2	6.2	64	
F	30	21.2	4.8	53	30	17.2	6.2	64	
F	60	20.5	4.2	46	60	16.9	5.9	60	
Afvoersloot	Brug 4	3	20	1.7	18	3	16.2	4.4	44
	Brug 4	40	20	1.5	16	40	16.1	4	40
	Brug 4	80	19.9	0.5	6	80	16.1	4.4	40
	Brug 5	3	19.9	2.4	26	3	16.2	5.1	51
	Brug 5	45	19.9	2.3	25	45	16.2	4.8	49
	Brug 5	90	19.8	2.2	24	90	16.2	4.5	46
	Brug 6	3	19.6	2.3	25	3	16	3.1	31
Brug 6	15	19.6	2.3	25	15	16	3.1	31	

		22-08-2002				20-09-2002			
Systeemdeel	Meetpunt	Diepte	T (°C)	O2 (mg/l)	O2-%	Diepte	T (°C)	O2 (mg/l)	O2-%
Afvoersloot	Brug 6	30	19.6	2.2	24	30	15.9	3.1	32
	Brug 7	3	19.2	1.4	15	3	15.9	2.4	24
	Brug 7	35	19.2	1.2	13	35	15.9	2.3	23
	Brug 7	70	19.2	1.1	12	70	15.9	2.2	22
	Brug 8	3	19.3	2	21	3	16.1	2.1	21
	Brug 8	45	19.3	1.5	16	45	16	1.2	12
	Brug 8	<b>90</b>	19.2	1.1	12	<b>90</b>	16	1.1	11
	Brug 9	3	20.3	3.8	41	3	17	3.2	33
	Brug 9	15	20.3	3.7	41	20	17	3	31
	Brug 9	32	20.4	3.7	41	40	16.9	2.8	29
	Brug 10	3	19.4	0.4	5	3	16.1	0.9	0.9
	Brug 10	12	19.4	0.4	5	12	16.1	0.9	0.9
	Brug 10	25	19.4	0.4	5	25	16.1	0.9	0.9

De vet gedrukte getallen zijn de op deze locatie met de zuurstofmeter maximaal te bereiken diepten en corresponderen niet met de werkelijke waterkolomhoogte. In de vijver op locatie F kon niet dieper worden gemeten dan 60 cm.