



# Evaluation of end-of-pipe measures proposed for controlling cyanobacteria blooms and other things people might do in these

Miquel Lüring, Els Faassen, Lisette de Senerpont Domis,,  
Guido Waajen, Frank van Oosterhout, Yora Tolman

# Methods Beating the Blues

- 1) Source oriented (nutrients)
- 2) Public oriented (exposure)
- 3) Effect oriented (blooms/scums)

Set of measures per water(type)





# Dredging



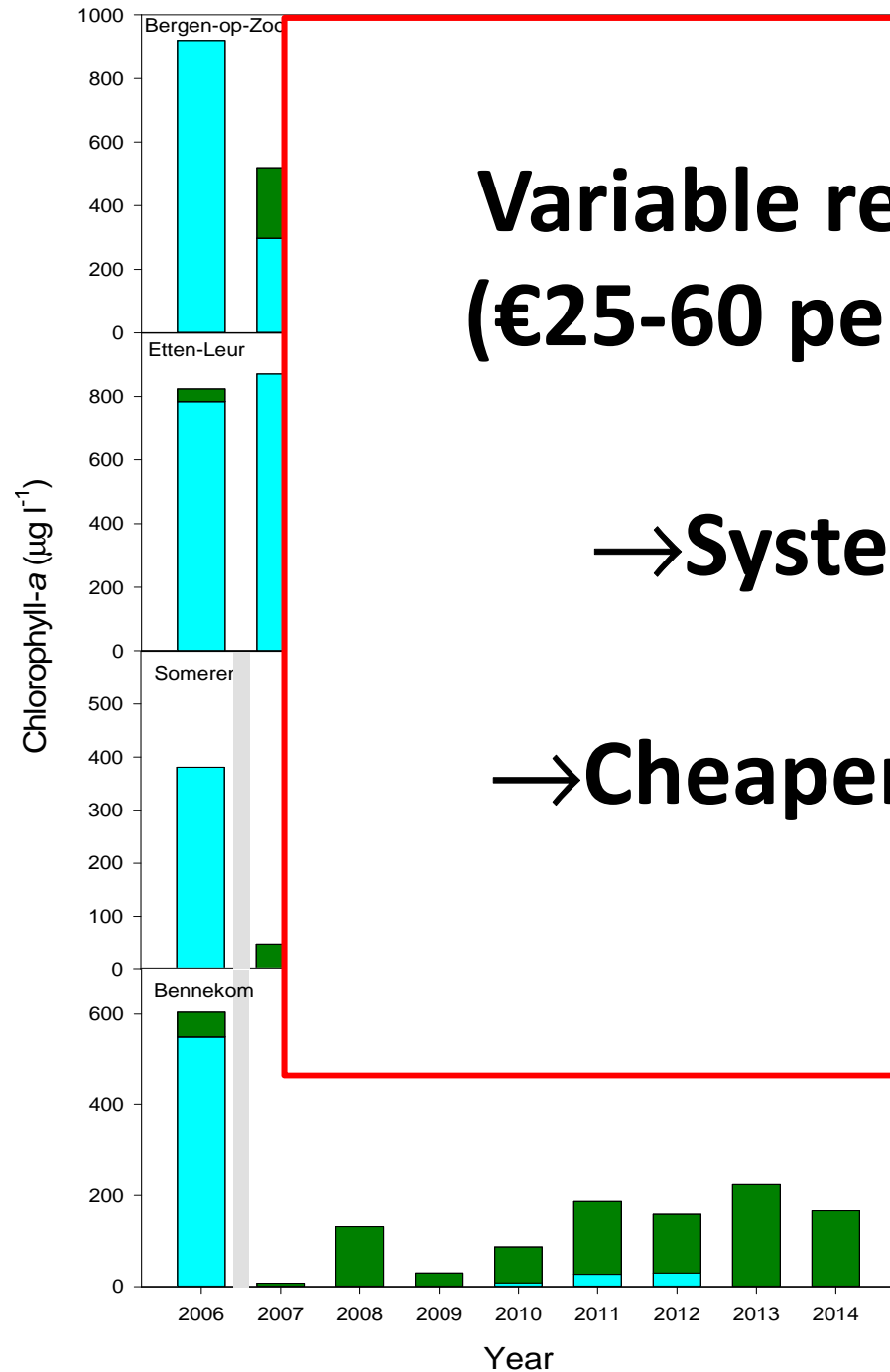






Restoration

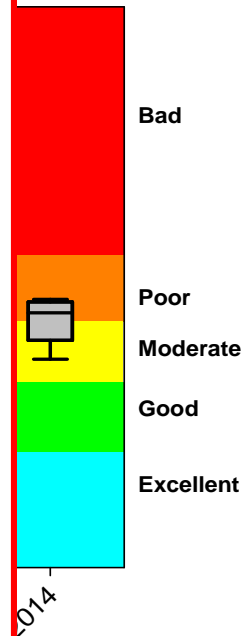
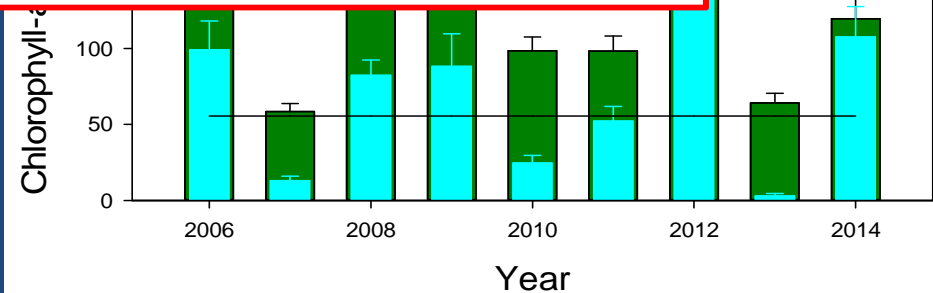
Ecological condition



**Variable results dredging  
(€25-60 per m<sup>3</sup> sediment)**

**→ System analysis?**

**→ Cheaper alternatives?**





A photograph of a residential waterway. In the foreground, there is a body of greenish water with several ducks swimming. The waterway is bordered by a concrete wall on the left and a grassy bank on the right. In the background, there are trees, a person walking, and a red car parked on a street. A blue overlay with white text is positioned in the center of the image.

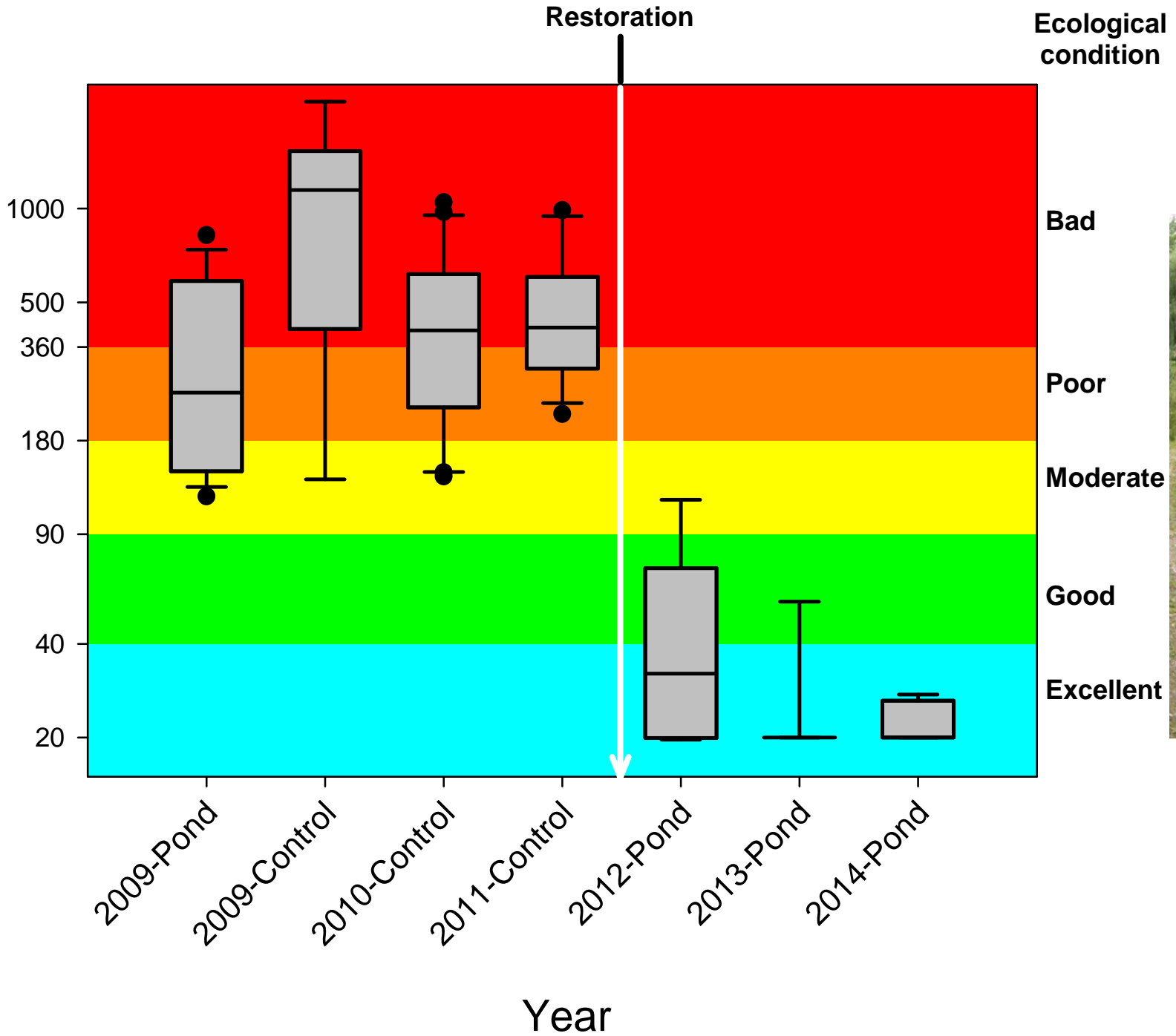
## Combination of measures:

- Dredging
- Fish stock manipulation
- Water level fluctuation (less pump)
- Creating soft banks
- Planting macrophytes
- Prohibition dog outlet
- Restricting in feeding water birds
- No carps, no baiting





Total P concentration ( $\mu\text{g l}^{-1}$ )







### Restoration

	2009-Pond	2010-Control	2011-Control	2012-Pond	2013-Pond	2014-Pond
Sd (m)	0.22	0.24	0.23	0.50	0.60	0.63
TP ( $\mu\text{g/L}$ )	366	548	585	46	26	22
TN (mg/L)	3.42	2.57	2.93	0.44	0.82	0.82
O <sub>2</sub> (%)	68	115	105	99	95	89
pH	6.8	8.1	8.3	7.9	7.7	7.8
CYA-CHL $\alpha$	206.4	20.3	25.0	11.6	0.1	0.3
Total-CHL $\alpha$	410.9	322.3	269.9	26.2	7.7	8.8



## 2) Public oriented measures

- ➡ Information about risks, increase awareness
- ➡ Change of habits
- ➡ Warnings (e.g. swimming ban)





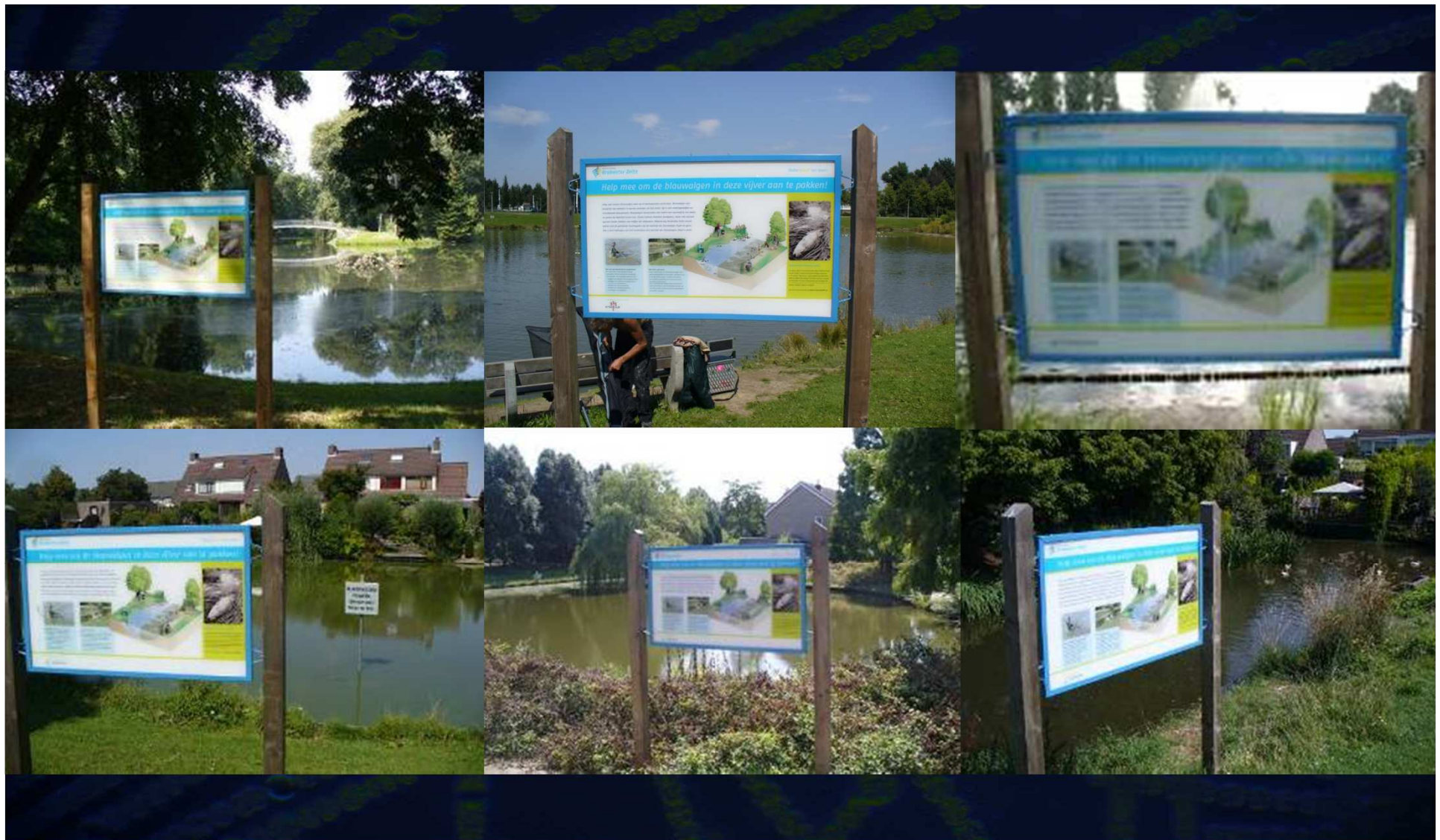








# General Information





# General Information

The image displays a booklet cover on the left and a website screenshot on the right. The booklet cover, titled 'BLAUWALG: GIFTIG GROEN', features a purple background with two circular images: a large one showing a green algal bloom in a pond and a smaller one showing a microscopic view of blue-green algae. It includes the 'stowa' logo, the text 'DE BIOLOGIE EN RISICO'S VAN CYANOBACTERIËN', a '2009 43' badge, and logos for 'WAGENINGEN UR' and 'watermozaïek'. The website screenshot shows a 'Dossier' page for 'Blauwalg' with a green header, navigation menu, and a 'Contactformulier' button. The text on the website describes the risks of blue-green algae in swimming areas and mentions research by Wageningen UR.

<http://www.wageningenur.nl/nl/Dossiers/dossier/Blauwalg.htm>

Booklet for water managers, politicians, students, etc.



# General Information

### EINDELIJK REGEN!

Van het water wordt er veel gesproken, maar het regent er nog niet. Het is alweer een paar maanden dat de regen niet valt. Het is alweer een paar maanden dat de regen niet valt. Het is alweer een paar maanden dat de regen niet valt.



### Waterkwaliteit Nieuwe aanpak houdt zwemwater helder

## Blauwalg moet je opsluiten

### Chemie actueel

## BLAUWALG GENIET VAN HETE ZOMER

# Alarm om gevaar giftige blauwalg

**Blauwalg moet je opsluiten**

Blauwalg is het waterziekte van de zomer. Het is een giftige alge die in warm water groeit. Het kan gevaarlijk zijn voor dieren en mensen. Het is belangrijk om de blauwalg te opsluiten en te verwijderen.

## Blauwalg

### Strijden tegen de blauwgroene soep

### 'Gemeenten te laks met controleren van buitenwater'

### Binnenland

## 'Recreatieplassen vrij van blauwalg'

## De Telegraaf

20 Jun 2009, 10:00

### Kleibolletjes tegen blauwalg

door Peter Baas en Agnès van der Valk

AMSTERDAM - De voor zomers gezamenlijke blauwalg, die elk zomerseizoen opduikt in recreatieplassen, kan dankzij een Nederlandse vinding een harde slag worden toegebracht. Wetenschappers uit binnen- en buitenland hebben grote inspanningen in 'bolletjes': Chinese kleibolletjes die de bacteriële sporen raken.

Het zwembad staat voor de deur. De hogere temperaturen gaan ieder jaar gepaard met blauwalg die voor veel overlast zorgt. Waterbeheerders denken al jaren van een middel tegen deze vervelende van zwembad. Wetenschapper Miguel Lüring (39) van de Universiteit Wageningen doet onderzoek naar het bestrijden van blauwalg en zegt dat er nu voor getoetende recreatieplassen een permanente oplossing lijkt te zijn.

door Jonke Schaafsma

### WAGENINGEN, dinsdag

grachten en vijvers in woonwijken zijn momenteel verpoot kinderen dodelijke concentratie blauwalg.

in nieuwbouwwijken, vijvers en oude stadsparken. Het is sprake van 'enthousiaste' resultaten.

### Slok binnen

„We treffen in het water buitengewoon hoge concentraties toxine van blauwalg aan. Als spoelende kinderen en een slok blauwalg krijgen dan kan dat ernstige leverbeschadigingen en de dood tot gevolg hebben”, zegt drs. Miguel Lüring.

Volgens hem zou het probleem de laatste jaren sterk toe nemen. Lüring wordt op verschillende locaties in Noord-Brabant en Gelderland de norm van 20 microgram per liter water ruimtelijk overschreden. Hierbij leidt het advies: waarschuwingsborden te plaatsen. Met name de groene verticillige lagen die op het water drijven zijn gevaarlijk. „De universiteit wil deze zomer tien miljoen onderzoek heb zodat die erme van de kunnen. Maar gezien het brede waterschap hebben we onderzoekers dat gemeenten of als iets gaan doen. „Er is geen wettelijke eis. Maar dit is te gevaarlijk om op z'n behoop te laten.”



Een experiment van de Wageningen Universiteit en bioloog Frank van Oosterhout in het applicatie Stadsdijk Raaijmakers bij Tilburg bleek op zaterdag dat het water in één paar dagen het kleibolletje van. De oplichting van groen, wat het streektel laatste jaar in juli in met een blauwalg uitbarsting. Als gevolg daarvan was het zwembad voor vijf tot tien maanden ongeschikt voor gebruik.

Het groene, striaande gelaat is verspreid over een groot gebied en ligt zich daarnaast op de blauwalg op een klein meer, zo bleek uit de proef in Tilburg. Phoslock was in staat om de blauwalg te verwijderen. De oplichting van groen, wat het streektel laatste jaar in juli in met een blauwalg uitbarsting. Als gevolg daarvan was het zwembad voor vijf tot tien maanden ongeschikt voor gebruik.

Er is echter hoop voor de toekomst. Dankzij de inzet van Chinese kleibolletjes maakt de blauwalg geen kans meer, zo bleek uit de proef in Tilburg. Phoslock was in staat om de blauwalg te verwijderen. De oplichting van groen, wat het streektel laatste jaar in juli in met een blauwalg uitbarsting. Als gevolg daarvan was het zwembad voor vijf tot tien maanden ongeschikt voor gebruik.

### Blauwalg

Als de temperaturen over gaan stijgen, kijkt het koel water. Het is niet elke zomer dat de blauwalg voorkomt. Gevoel wordt naar een goed bestrijdingsmiddel, maar de blauwalg is niet snel te verwijderen.

### Binnenland

### Blauwalg

Waarom? Blauwalg is een giftige alge die in warm water groeit. Het kan gevaarlijk zijn voor dieren en mensen. Het is belangrijk om de blauwalg te opsluiten en te verwijderen.

### Waternetreiniging

## Bij algwaarschuwing niet zwammen

### VIVER VOL ZIEKMAKENDE BLAUWALG

Blauwalg is de eerste levensgevaarlijke alg die in Nederland voorkomt. Het is een giftige alge die in warm water groeit. Het kan gevaarlijk zijn voor dieren en mensen. Het is belangrijk om de blauwalg te opsluiten en te verwijderen.



WAGENINGEN For quality



### 3) Effect oriented measures

- Inhibition of cyanobacterial growth
  - ⇒ Physical: Aeration, water movement, US
  - ⇒ Chemical: Algicides
  - ⇒ Biological: Barley straw, *Dreissena*, EM
- Decimation of cyanobacterial blooms
  - ⇒ Physical: US, dynamite, skimmer, jets + air
  - ⇒ Chemical: Algicides
  - ⇒ Biological: Viruses
- Inhibition scum inflow
  - ⇒ Jets, bubble screen, dam, floating screen

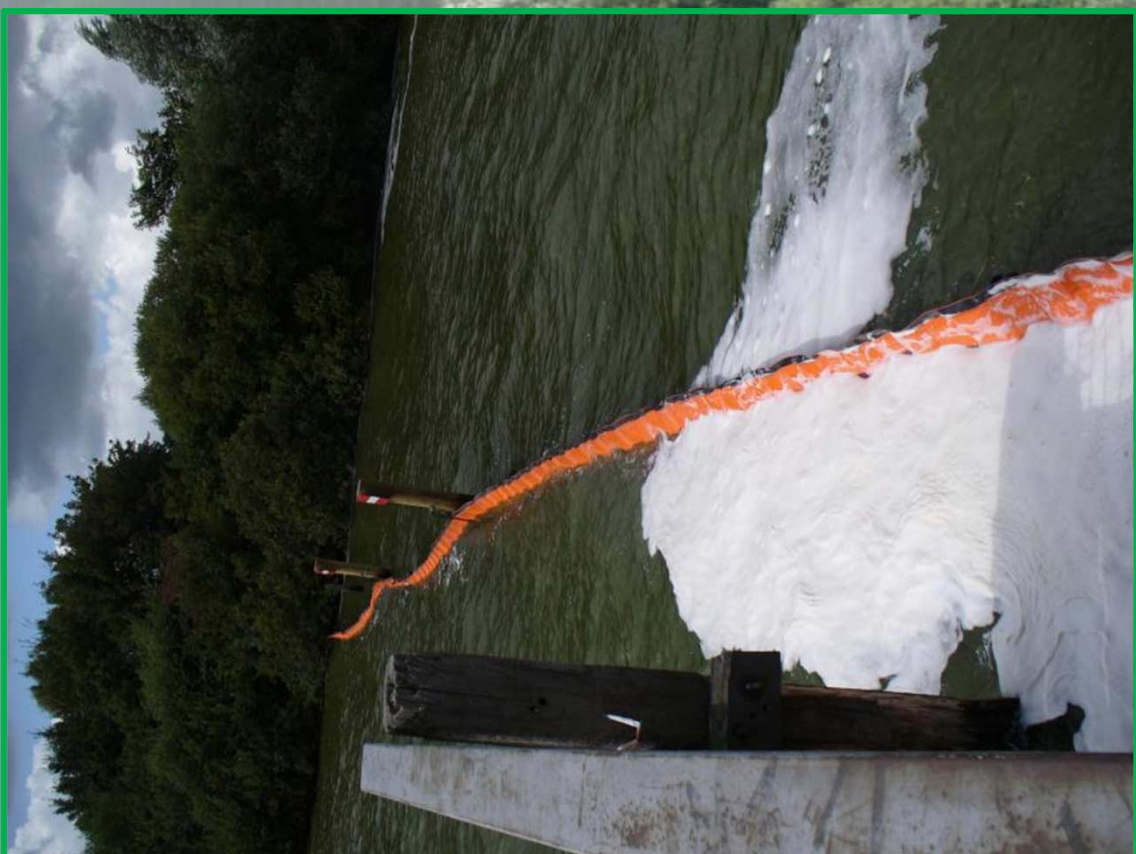
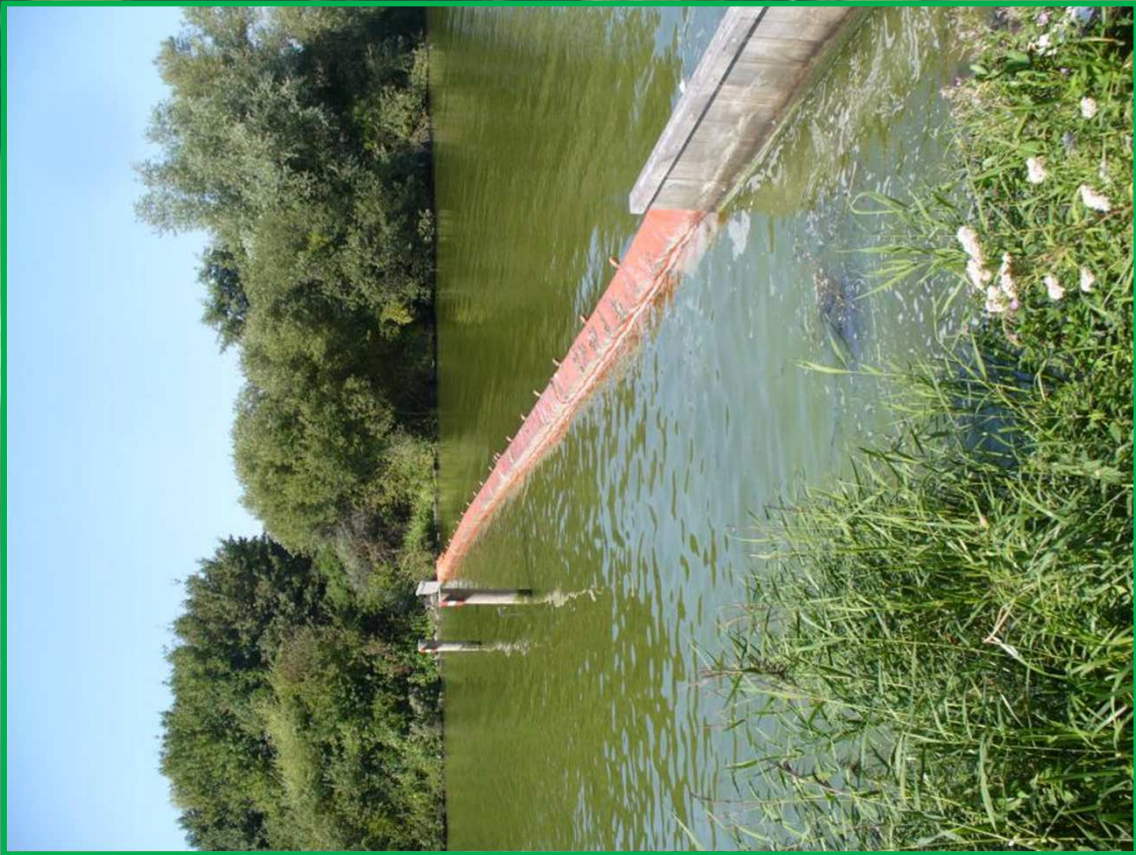




Bubble screen









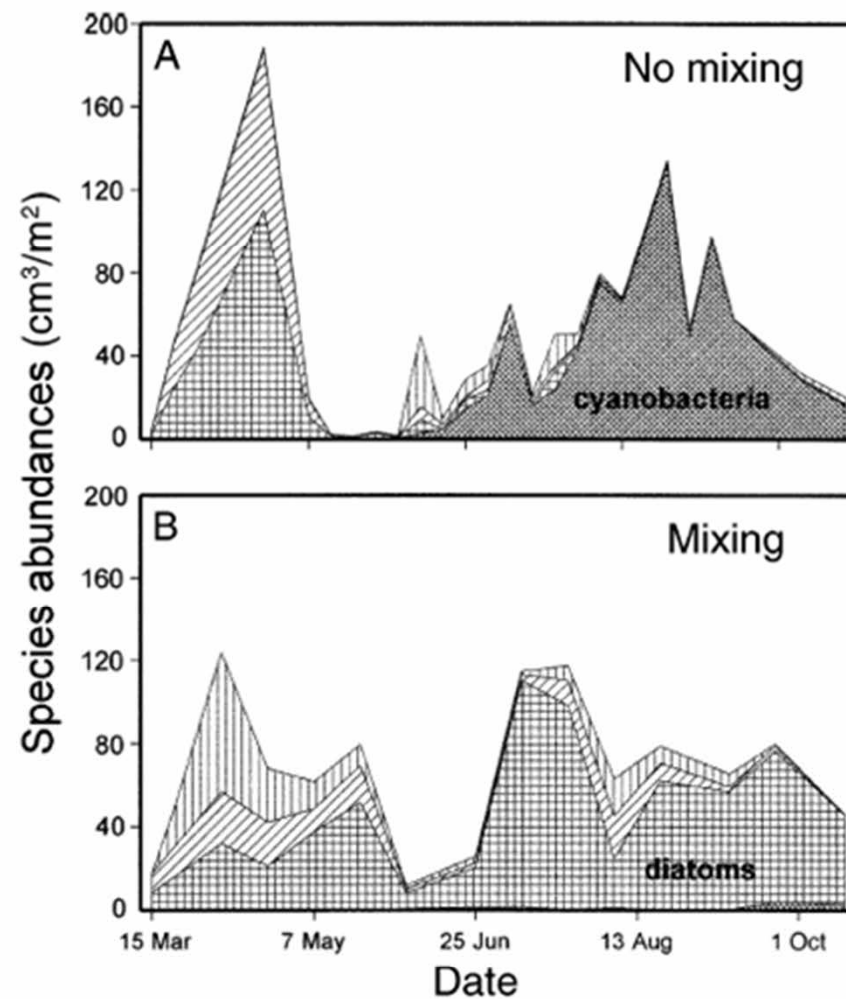
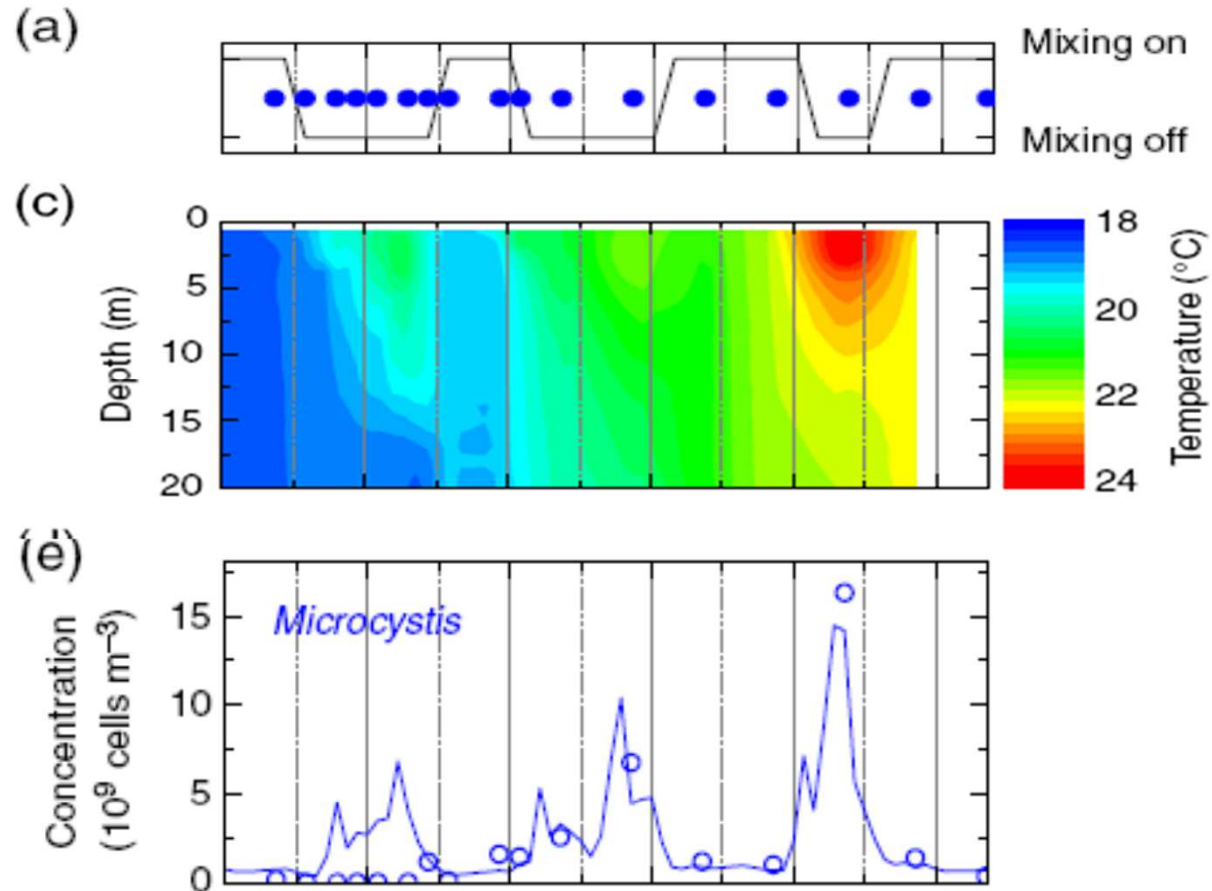


FIG. 6. Seasonal patterns in phytoplankton species composition in Lake Nieuwe Meer. (A) Example of a year without artificial mixing (1990). (B) Example of a year with artificial mixing (1993). Species abundances are expressed in bio-volumes per unit surface area of the lake. Dark hatched area (finely spaced cross-hatching) = cyanobacteria (mostly *Microcystis*); boxes (wider cross-hatching) = diatoms; diagonal lines = green algae; vertical lines = small flagellates.

From Huisman et al.  
2004 *Ecology* 85:  
2960-2970



# Artificial mixing experiment in the deep Lake Nieuwe Meer 2003



Global Change Biology (2008) 14, 495–512, doi: 10.1111/j.1365-2486.2007.01510.x

Summer heatwaves promote blooms of harmful cyanobacteria

KLAUS D. JÖHNK<sup>\*1,2</sup>, JEF HUISMAN<sup>\*2</sup>, JONATHAN SHARPLES<sup>†</sup>, BEN SOMMEIJER<sup>‡</sup>,  
PETRA M. VISSER<sup>\*</sup> and JASPER M. STROOM<sup>§</sup>

<sup>\*</sup>Aquatic Microbiology, Institute for Biodiversity and Ecosystem Dynamics, University of Amsterdam, Nieuwe Achtergracht 127, 1018 WS Amsterdam, The Netherlands, <sup>†</sup>Proudman Oceanographic Laboratory, University of Liverpool, 6 Brownlow Street, Liverpool, L3 5DA, UK, <sup>‡</sup>Center for Mathematics and Computer Science, Postbus 94079, 1090 GB Amsterdam, The Netherlands, <sup>§</sup>Water Board Rijnland, PO Box 156, 2300 AD Leiden, The Netherlands



Mixing prevents bloom of *Microcystis*



# Artificial mixing in shallow waters?

- Removing/preventing scums?
- Reducing foul odours?

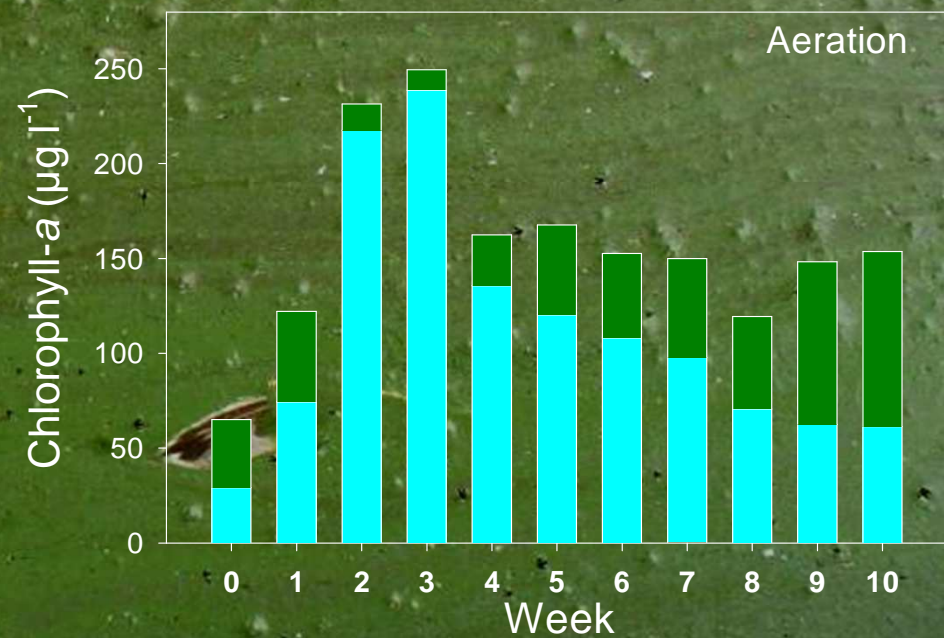
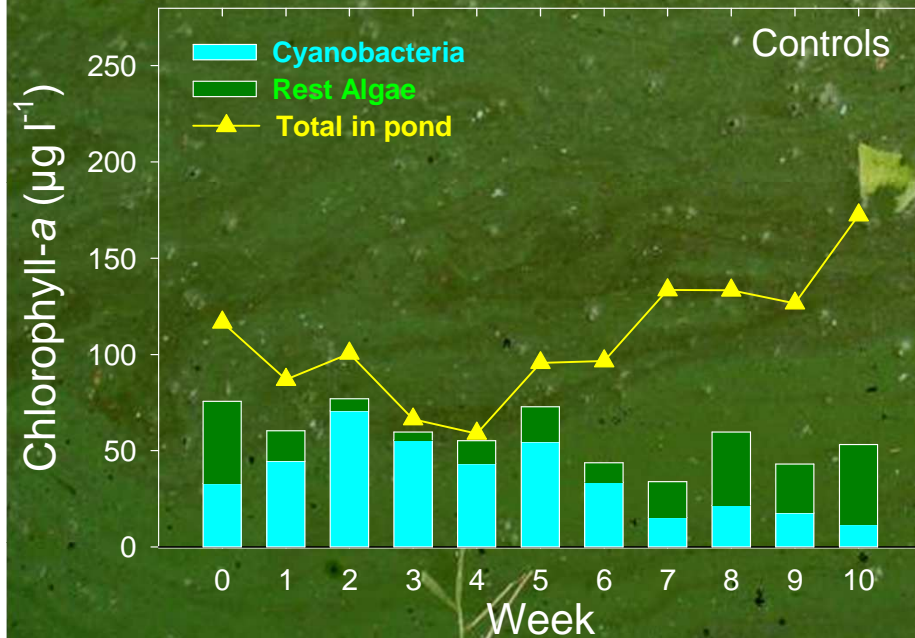


WAGENINGEN UNIVERSITY  
WAGENINGEN UR

AQWA *Waterkwaliteitsbeheer*  
*Quatische ecologie*



# Enclosure experiment shallow water



**Mixing in shallow waters stimulates cyanobacteria**



# Ultrasound

- ☞ Heavily promoted in the Netherlands
- ☞ Several large applications in 2007

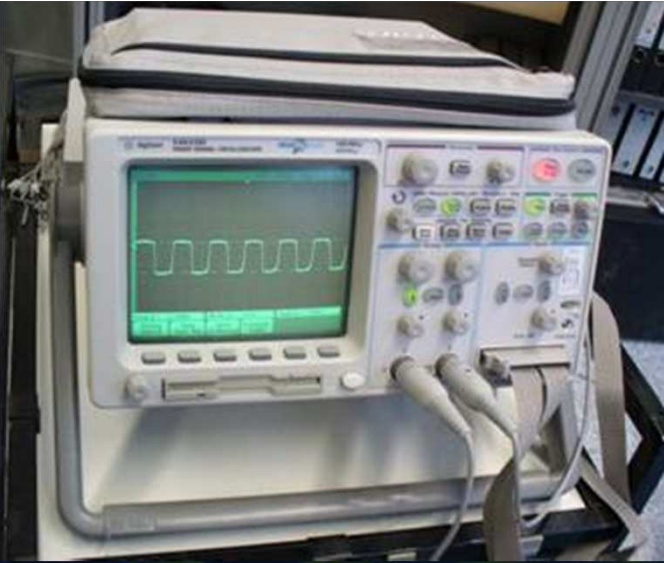


Claims: Clear water within few days

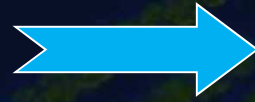
Resonance gas vesicles: kills only cyano's

Harmless to all other aquatic life

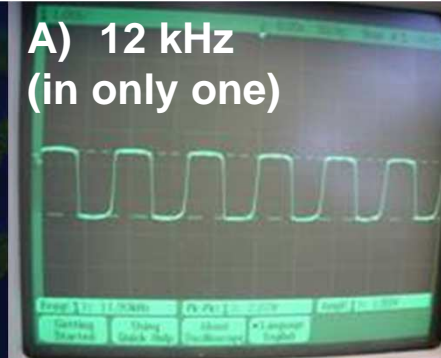




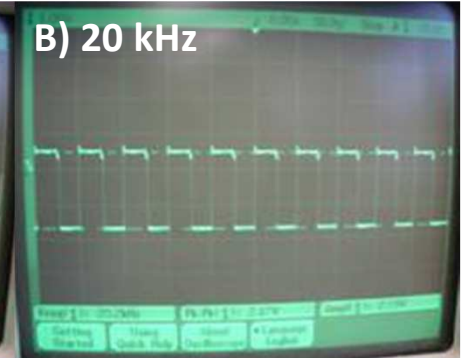
Agilent 54622D Mixed Signal Oscilloscope



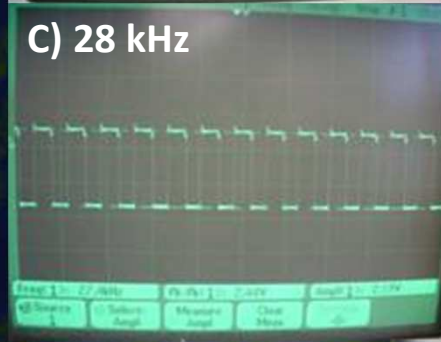
A) 12 kHz  
(in only one)



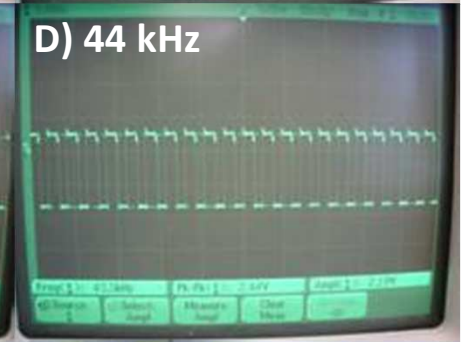
B) 20 kHz



C) 28 kHz



D) 44 kHz

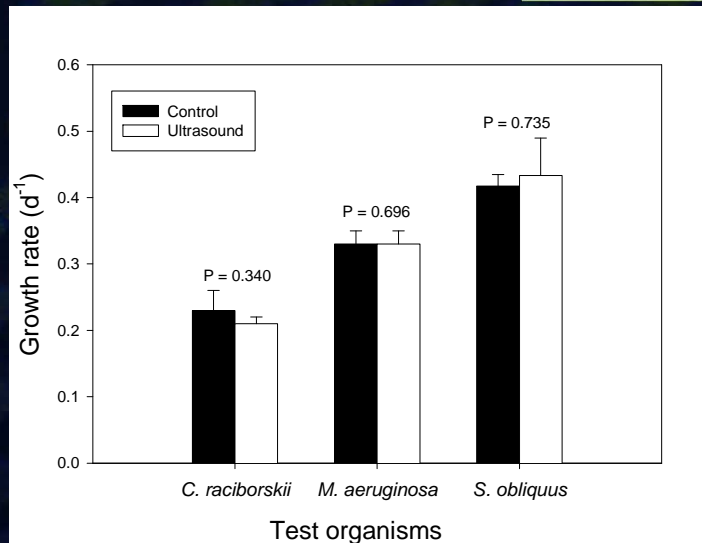
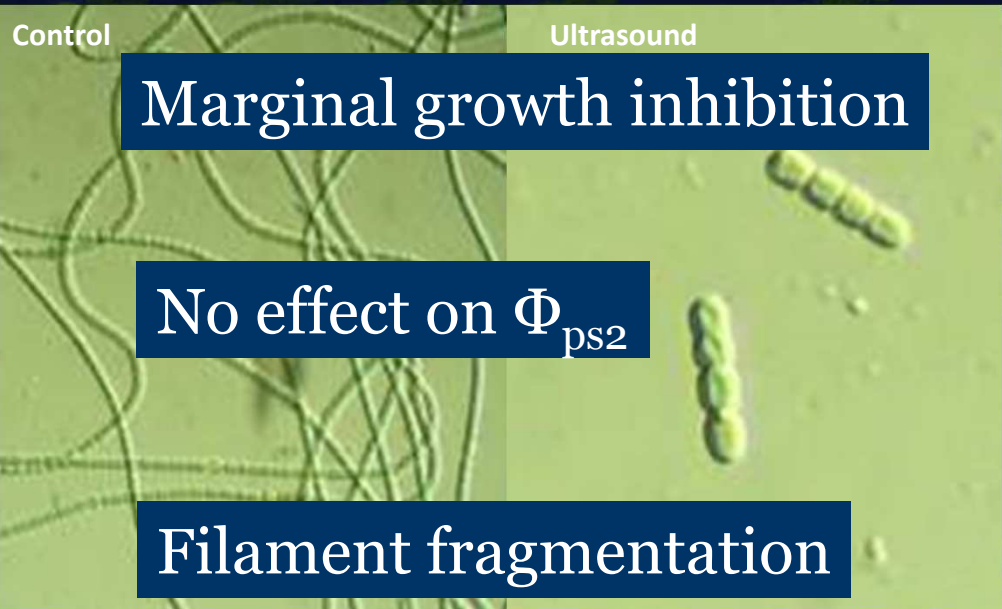
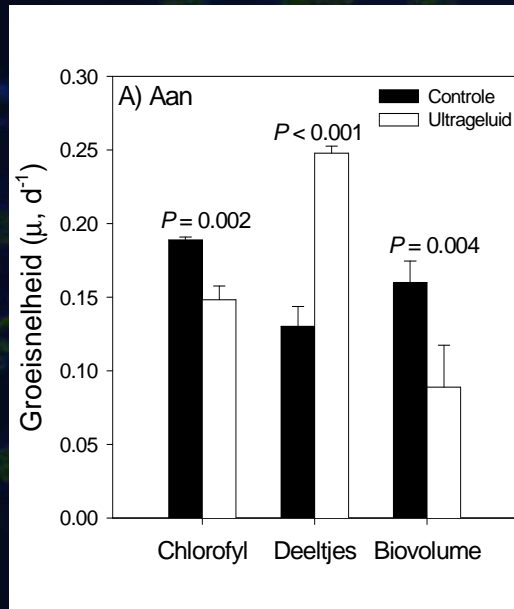


Testing in 800 ml  
4 controls  
4 Ultrasound





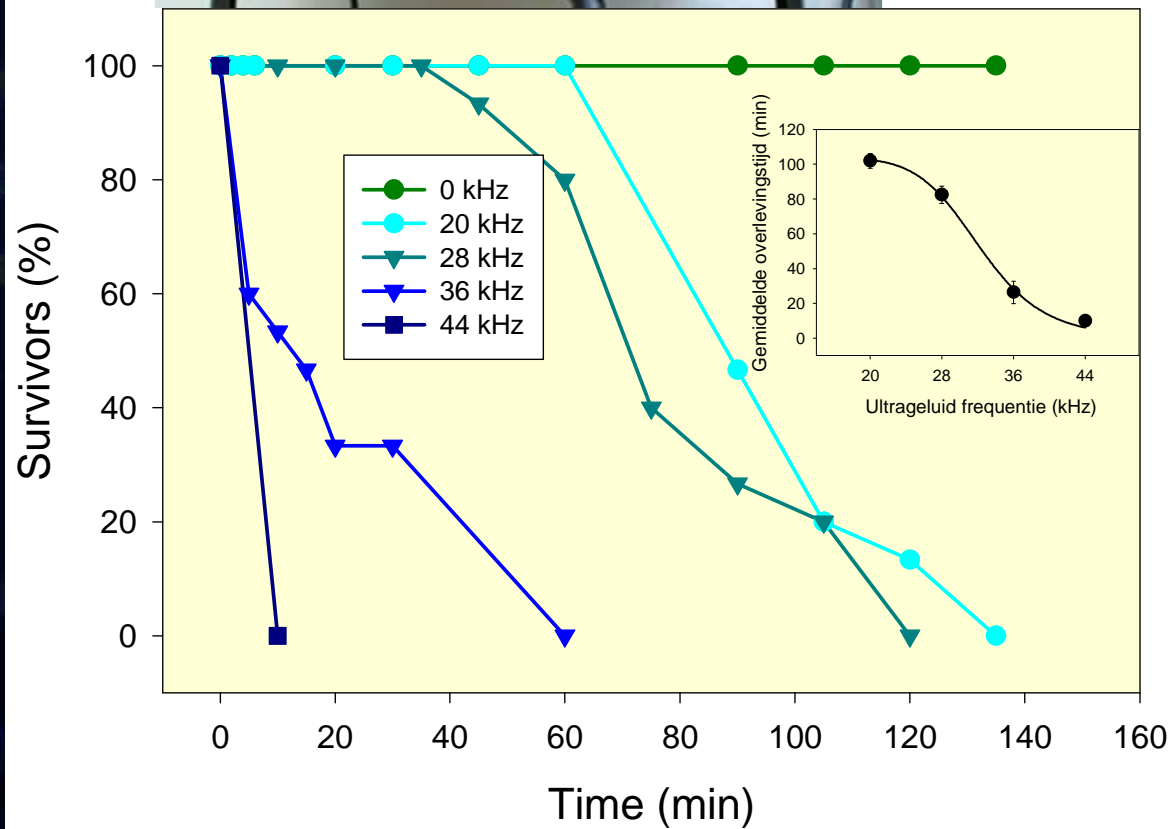
# Anabaena sp. PCC7122



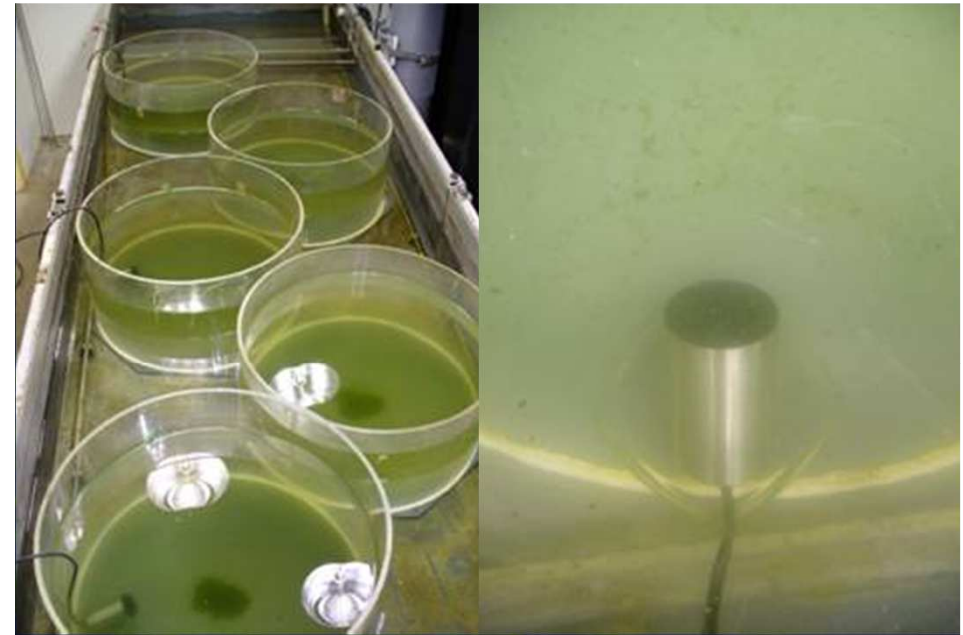
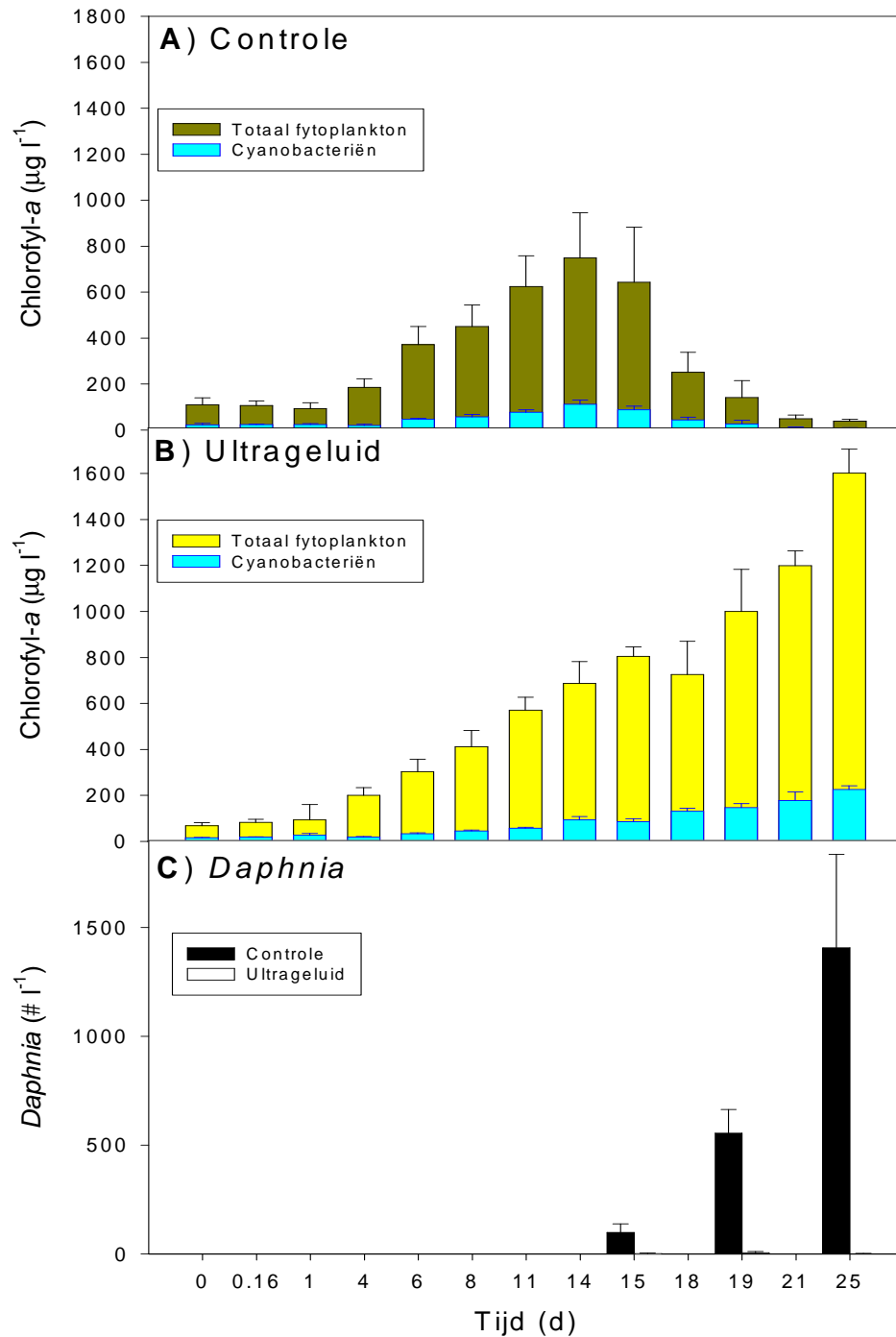
Continuous exposure:

No effect on *C. raciborskii*,  
*M. aeruginosa* (unicells) and  
*Scenedesmus obliquus*

# Effect of ultrasound on *Daphnia*



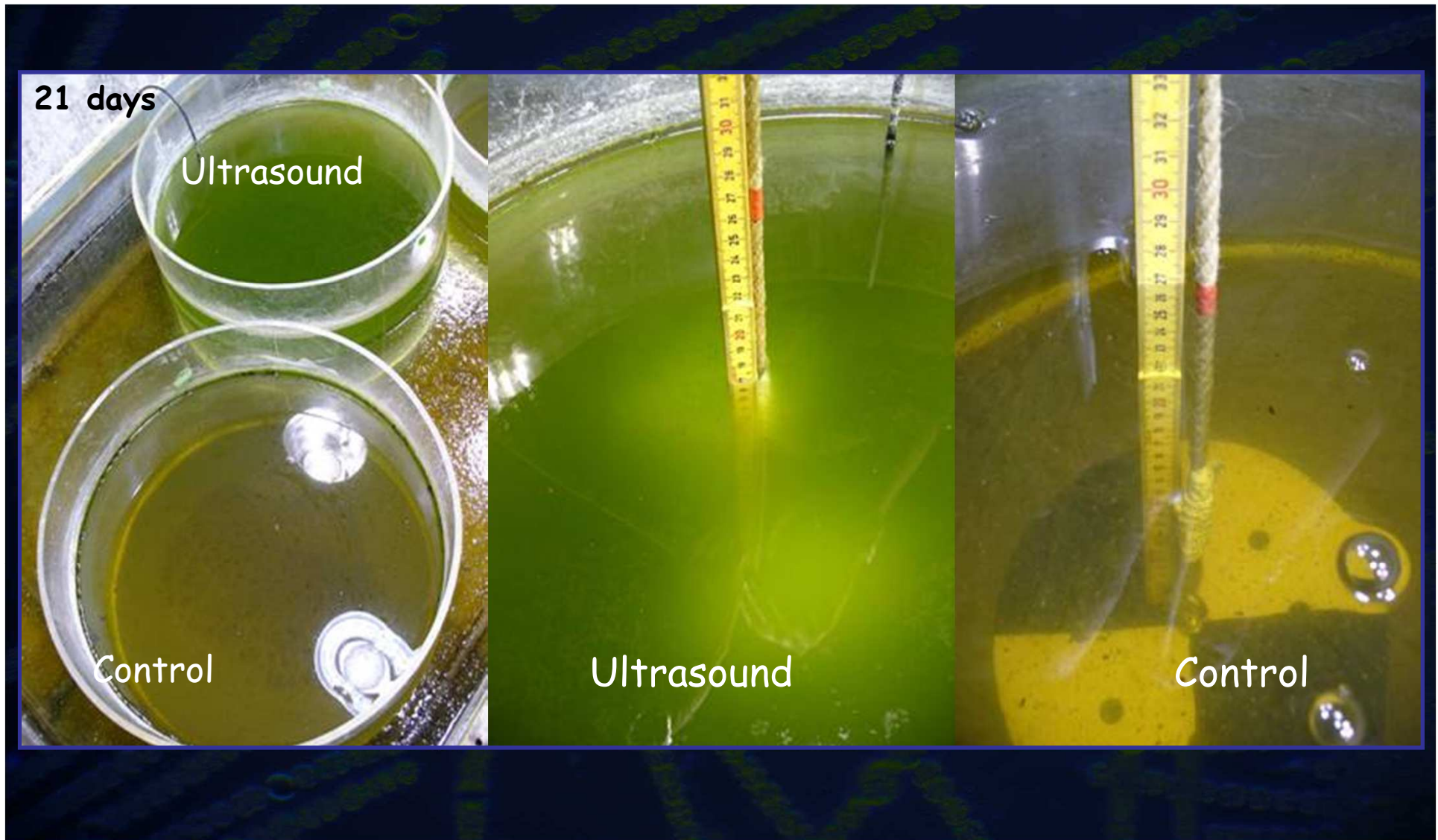




# Ultrasound

- ☞ Does not kill cyano's
- ☞ Does not clear water
- ☞ Acute lethal to *Daphnia*
- ☞ No gasvesicle ruptures

# Ultrasound made water green





# Field trials: 1) Zwaanshoek



# Field trials: 2) Tholen 3) Gouden Ham







Gouden Ham

't Groene Eiland

Maasbommel

Image © 2011 Aerodata International

© 2011 Google

© 2008 Tele Atlas  
Image © 2008 Aerodata International Surveys

Google

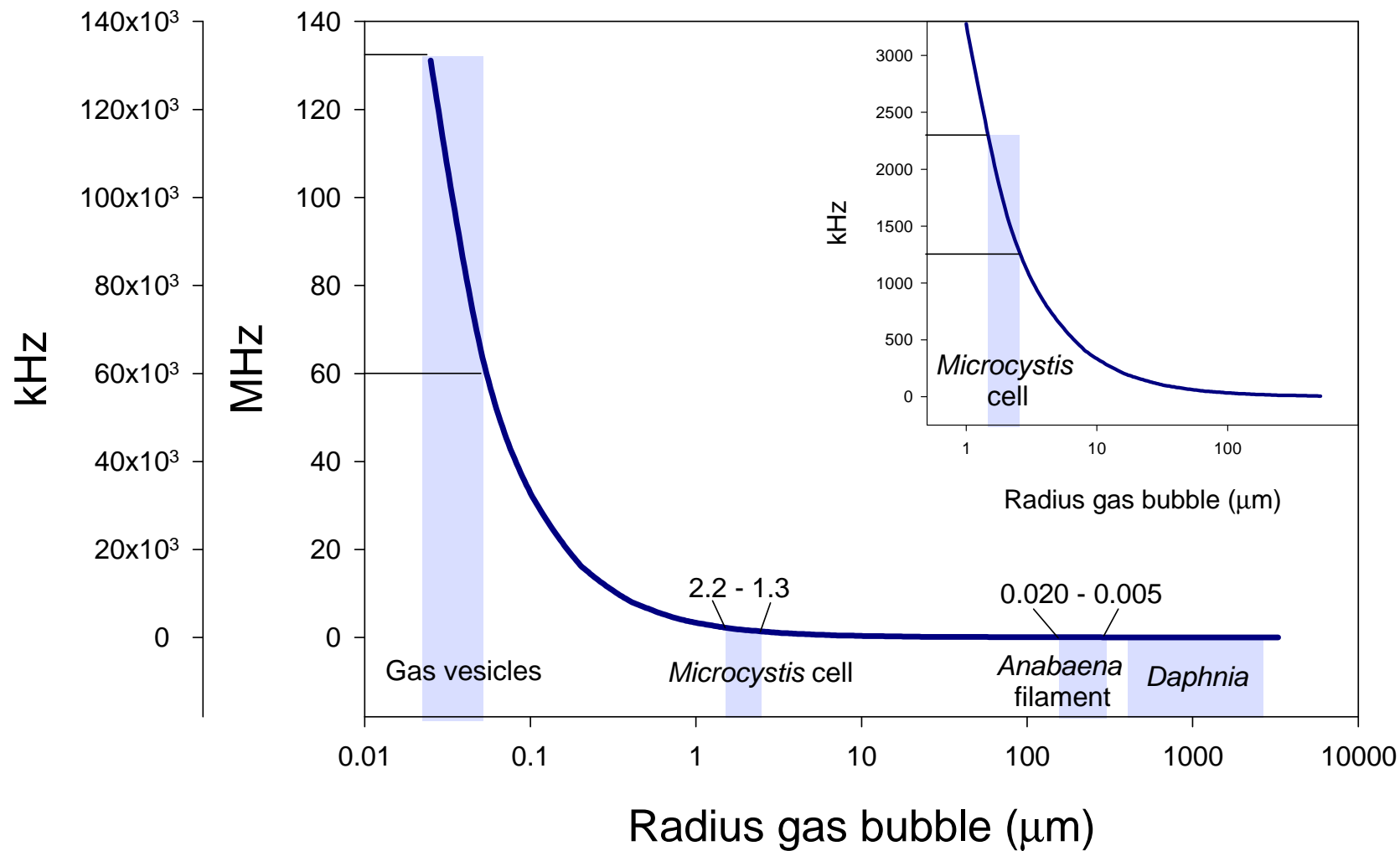
Datum van beeldmateriaal: Jan 1, 2005

51°49'48.02" N 5°33'23.69" O

Analizer: 51°49'49.45" N 5°32'56.38" O Streaming 100%

Ooghoogte 576 m





$$f_0 = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\left( \frac{3\gamma}{R_0^2 \rho} \left( p_0 + \frac{2\sigma}{R_0} + \frac{2\chi}{R_0} \right) - \left( \frac{2\sigma + 6\chi}{R_0^3 \rho} \right) \right)}$$

No theoretical support for claim  
gas vesicle resonance



## Low-power ultrasound

Branson Digital Sonifier 450  
*M. aeruginosa* killed at 4 W/mL  
in 4 cycles of 30 sec

LG Sonic products are **not based on cavitation**, which is a phenomenon where high-power ultrasound causes the formation of micro-bubbles that implode, causing intense heat pressure. These processes can destroy cells and might harm fish and plants. Most ultrasonic algae control devices based on cavitation use relatively low ultrasonic frequencies but a very high power (Watt). With the LG Sonic ultrasound treatment, the occurrence of cavitation can be disregarded. The power consumption of the units is so low that the sound pressure in W/cm<sup>3</sup> would be about 0.000000000089 W/cm<sup>3</sup>.

- In our studies no effect of 0.00085 W/mL
- MHz frequencies only travel 10 to 20 cm in water
- Low frequency ultrasound will not rupture gasvesicles or damage cyanobacteria

**Ultrasound in Laguna de Sauce is a waste of money**



**Please, be critical on the fancy brochures of the commercial suppliers**  
**Examples taken from the internet**

## Installations and Results

- Small 2 acre retention pond
- Approximately 18' depth in middle
- Aeration and pond dye used in previous years
- Installed SS-400 in April 2011.



## Another example

# Installations and Results

- Wilding Acres West Virginia waste water lagoon
- 4 weeks



**SONIC SOLUTIONS**<sup>®</sup>





After



Before

# Ultrasound

There is no music in  
fighting cyanobacteria  
with commercial  
ultrasound systems!





# Golden algae as biological control

World wide blooms:  
Shiny golden algae  
do not control  
cyanobacteria!

# 1000-faces of “Effective Micro-organisms”

They come in many formulations,  
but are they as ‘effective’ as claimed?



EM-A  
suspension



EM-mudballs



ACF<sub>32</sub>



Poco



CBX



# EM-mudballs/Bokashi balls heavily promoted in Almere

## Tweede Kamer der Staten-Generaal

# 2

Vergaderjaar 2007–2008

Vragen gesteld door de leden der Kamer

### 2070805530

Vragen van de leden **Halsema** en **Van Gent** (beiden GroenLinks) aan de staatssecretaris van Verkeer en Waterstaat over *overlast van blauwalgen in Almere*. (Ingezonden 27 november 2007)

1 Bent u ervan op de hoogte dat Almere te maken heeft met een jaarlijks terugkerend probleem van blauwalgen, die zorgen voor veel overlast voor bewoners en waterrecreanten, zowel aan de kant van het IJmeer als aan de kant van het Gooi- en Eemmeer?

2 Welke voor bijdrage levert Rijkswaterstaat aan de oplossing van het blauwalgprobleem?

3 Bent u bekend met de mogelijkheid om de blauwalg te bestrijden met effectieve micro-organismen in de vorm van «modderballen», die in het water gelegd worden, waarmee in het buitenland (onder andere in Japan, China en Finland) positieve ervaringen zijn opgedaan?<sup>1</sup> Zo ja, wat vindt u hiervan? Bent u bereid deze optie serieus te laten onderzoeken en bij positief resultaat te laten toepassen door Rijkswaterstaat? Zo neen, waarom niet?

4 Bent u bereid een coördinerende taak op u te nemen om te zorgen dat de zeven gemeenten, vier provincies en

drie waterschappen die met de blauwalgproblematiek in de regio Almere te maken hebben, gezamenlijk tot goede afspraken komen, zoals het College van Burgemeester en Wethouders van Almere per brief op 6 augustus jl. aan u heeft gevraagd? Zo ja, wanneer? Zo neen, waarom niet?

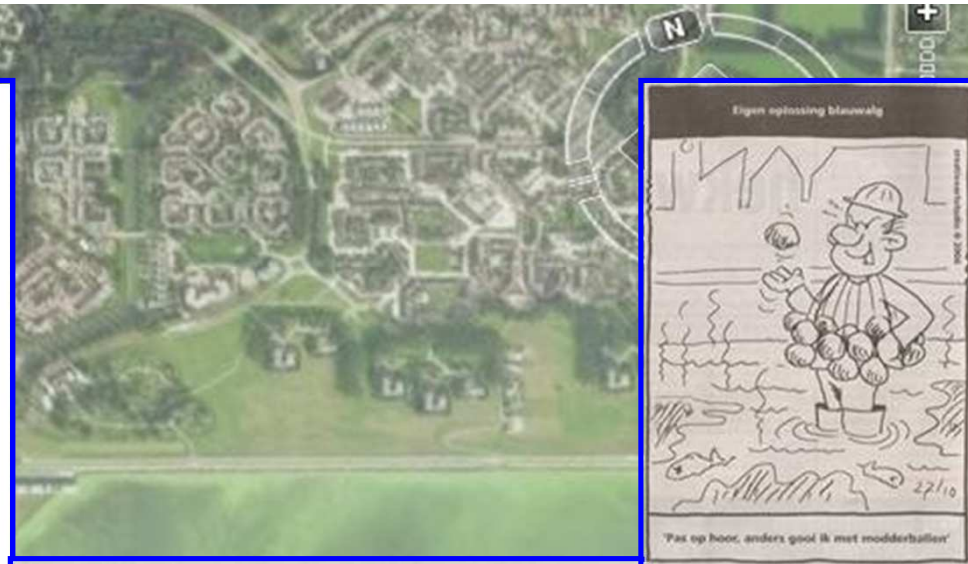
5 Bent u op de hoogte van de plannen om de plezierjachthaven van Almere-Muiderzand uit te breiden met een tweede havenkom, waardoor de blauwalgproblematiek voor de bewoners van de flats die daar buitendijks staan, nog zal verergeren? Wat zijn de ecologische gevolgen van havenuitbreiding op deze locatie? Hoe zijn deze plannen te verenigen met de Vogelrichtlijn?

6 Bent u bereid over deze plannen in overleg te treden met de gemeente Almere? Zo neen, waarom niet?

<sup>1</sup> [www.emvereniging.nl](http://www.emvereniging.nl)



Tweede Kamer, vergaderjaar 2007–2008, vragen



## Modderballen tegen blauwalg



Meer dan vijftig vrijwilligers helpen zaterdag mee met het kneden van de modderballen. (foto: Menna Alkhalil / Momen.nl)

water in...  
mers, in e...  
steunden...  
ligers zate...  
met beleg...  
Rijkswate...  
geen verp...  
het daadv...  
goolen va...  
de werking...  
men in de...  
is aange...  
wat voor...  
op het mi...  
van de ge...  
voegende...  
spreek me...  
dat de mi...  
kunnen zij...  
systeem, m...  
link afre...

Technologies  
International Surveys

©2006 Google

100%

Eye alt 2.60 km

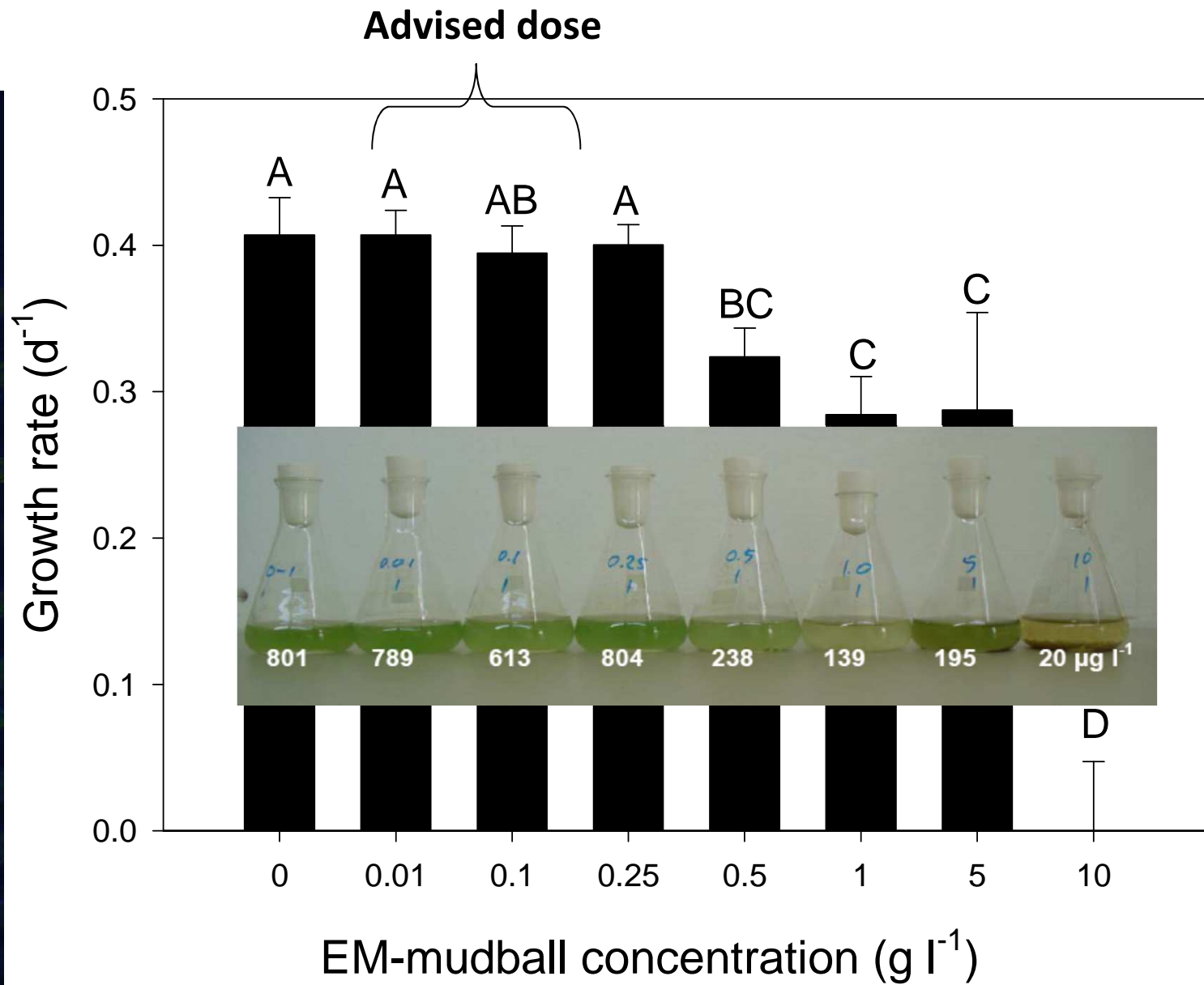
# EM-mudballs

**Dosis-response:**

0, 0.01, 0.1, 0.25, 0.5, 1.0, 5.0 and 10 g l<sup>-1</sup>







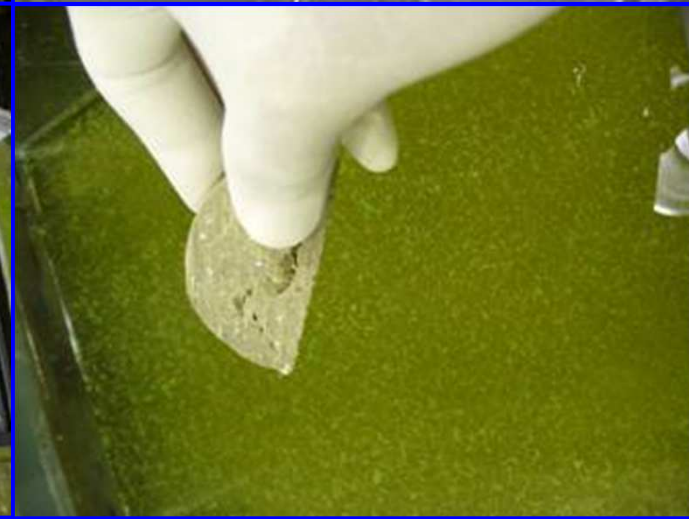
# EM-mudballs

In 3 Erlenmeyer experiments, in beakers (250 ml) and aquaria (1.2 l) no support for claimed mechanism

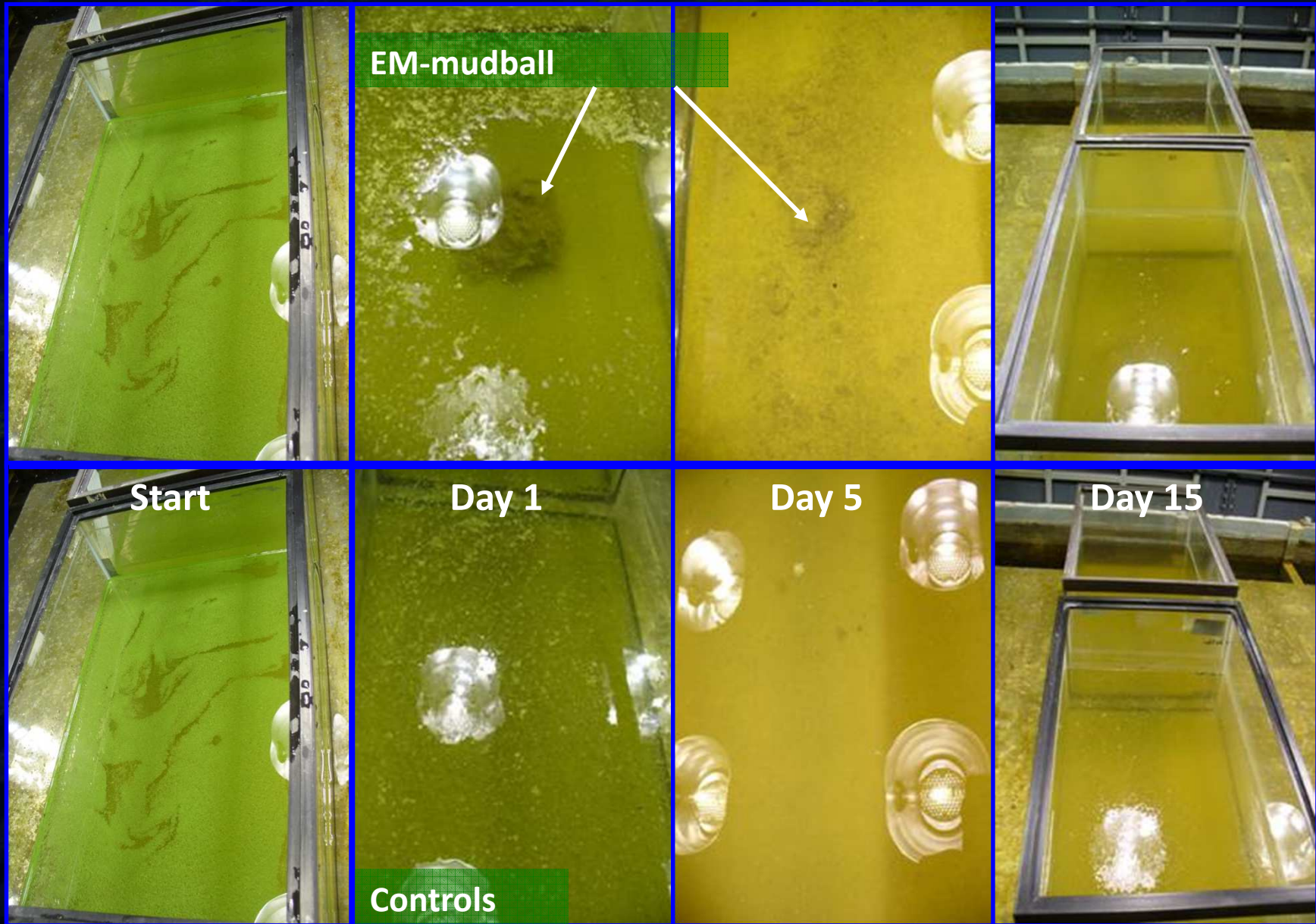


# EM-mudball Aquarium experiment

42.5 g in 25 l water

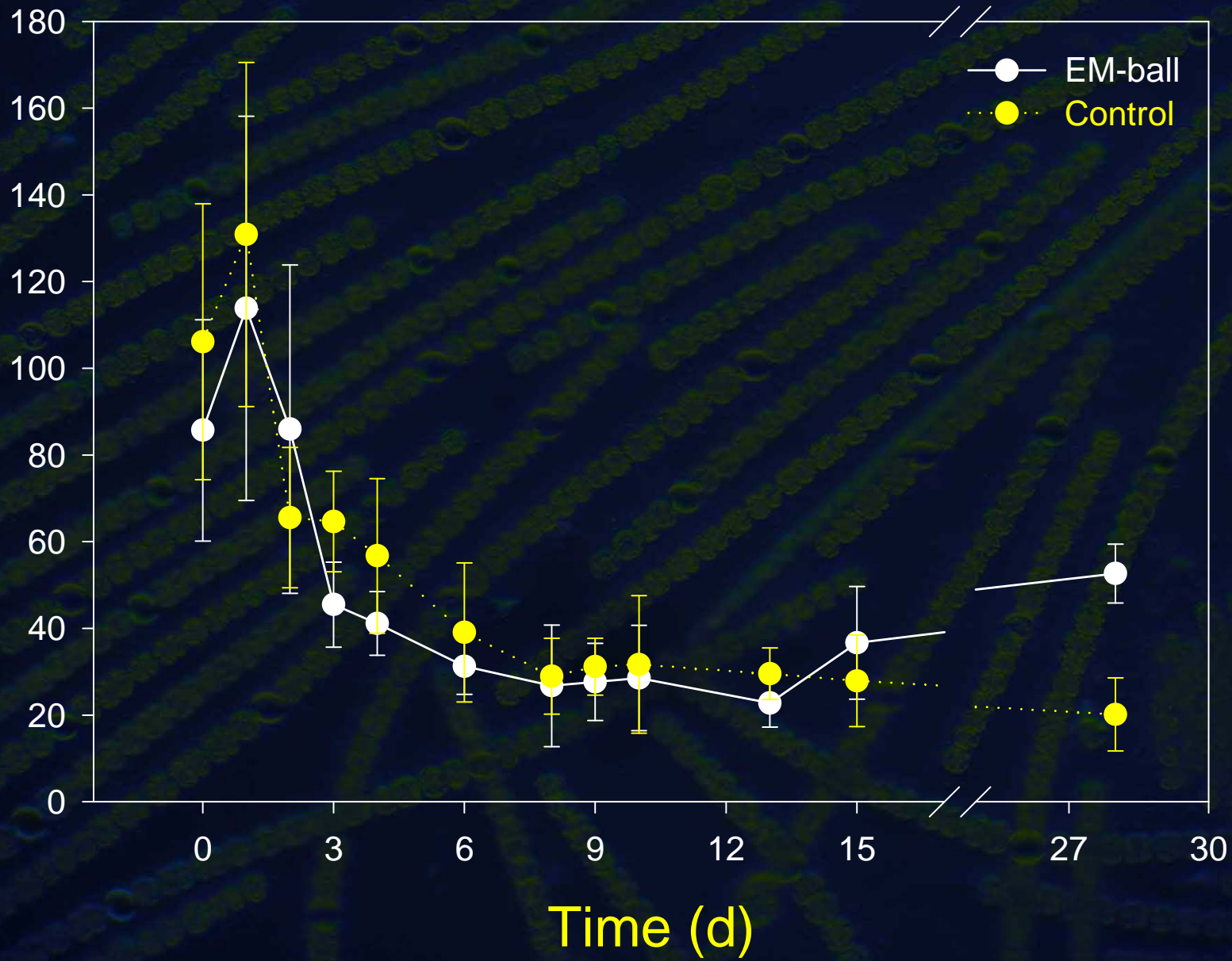








Cyanobacteria chlorophyll-a ( $\mu\text{g l}^{-1}$ )



# After 1 month



Controls



With EM-  
mudball

with EM-mudball

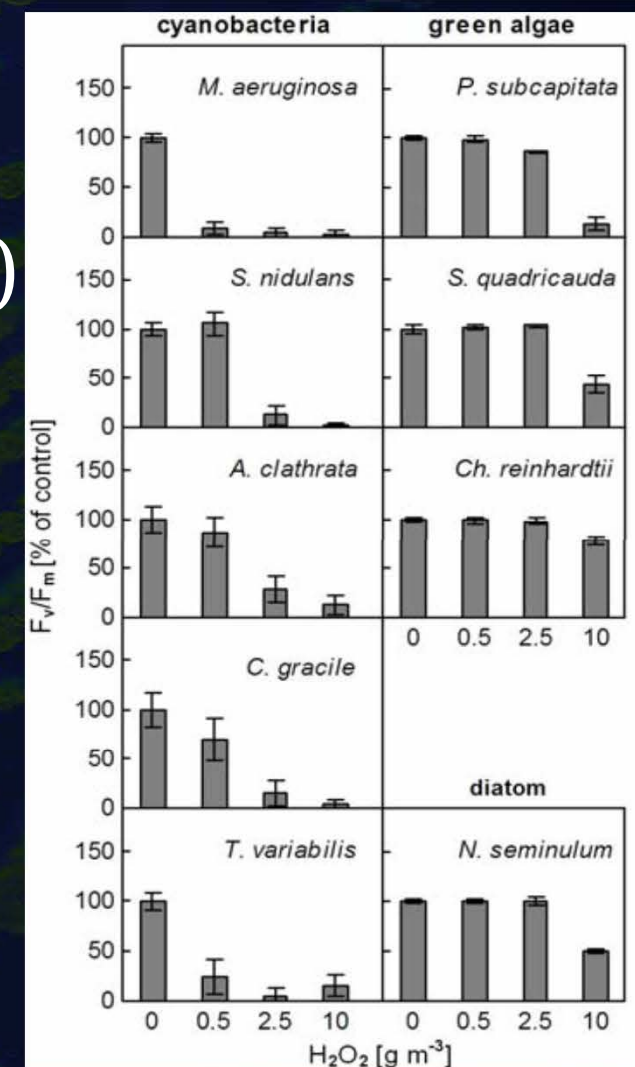


Effective Micro-organisms  
do not control  
cyanobacteria!

# ARCADIS-UvA method: H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>

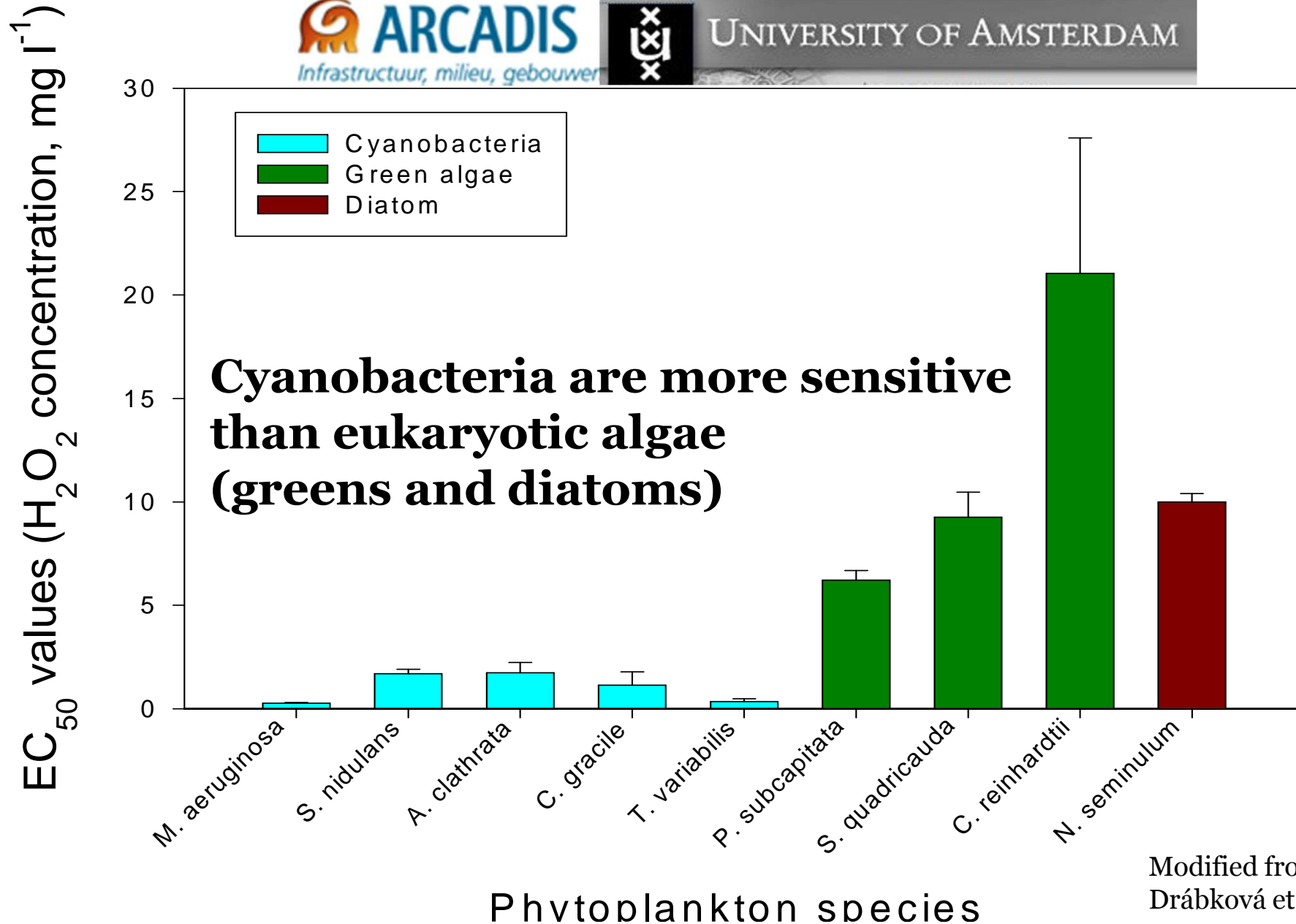
- ☞ Low doses of H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> (< 2.5 mg l<sup>-1</sup>)
- ☞ Kills only cyanobacteria (?)
- ☞ Rapid removal from system

M. Drábková, H.C.P. Matthijs, W. Admiraal & B. Maršálek  
Selective effects of H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> on cyanobacterial photosynthesis  
PHOTOSYNTHETICA 45 (3): 363-369, 2007





Toxicity as EC<sub>50</sub> values (g m<sup>-3</sup>) for H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> (concentration which causes 50 % inhibition of the photosynthetic yield, Fv/Fm)



Modified from Drábková et al 2007

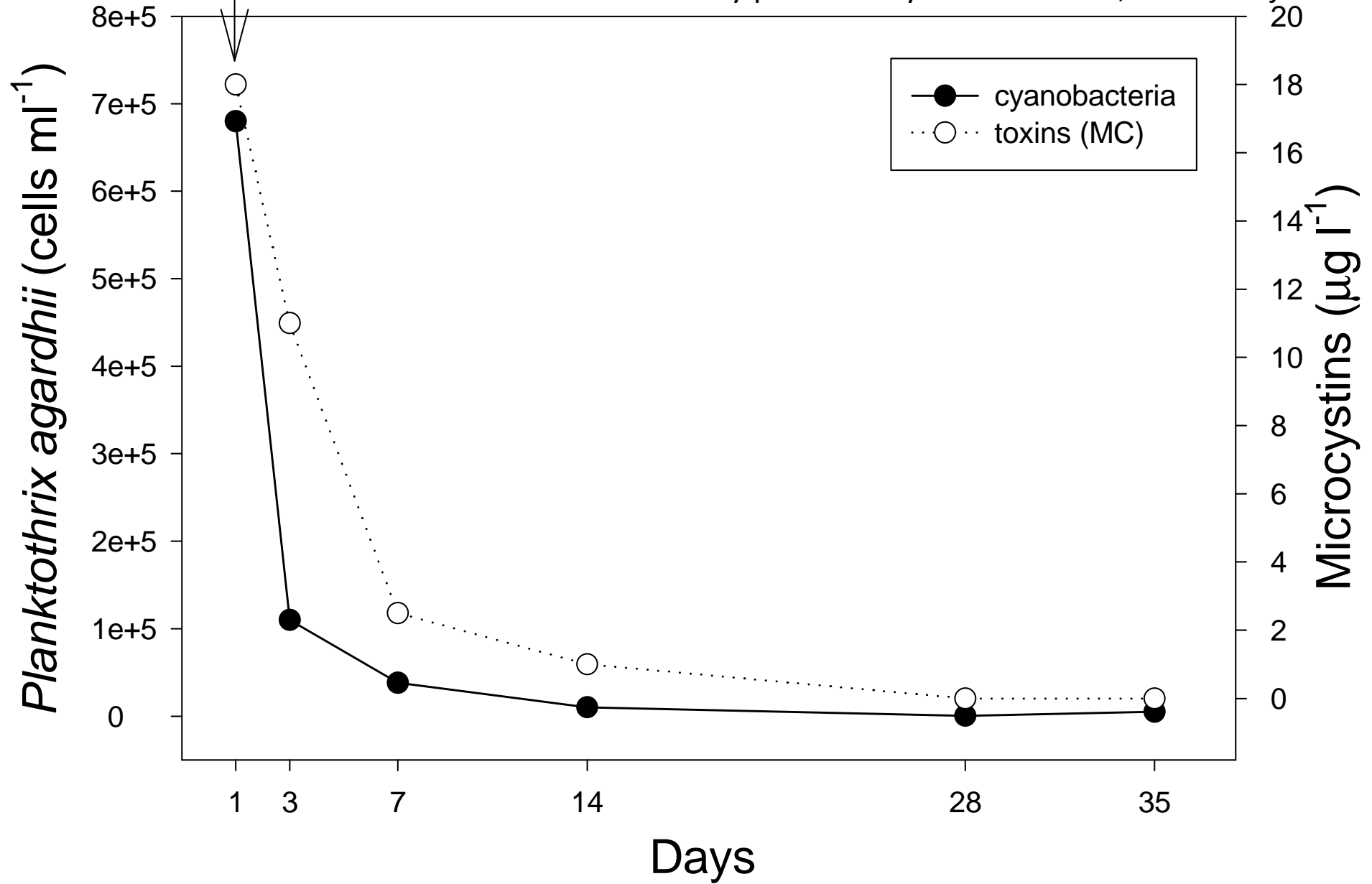
First application of ARCADIS-UvA method  
Koetshuisplas, Veendam Netherlands July 17<sup>th</sup> 2009





H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> (2 mg l<sup>-1</sup>)

Data were kindly provided by ARCADIS-UvA, Dr Matthijs



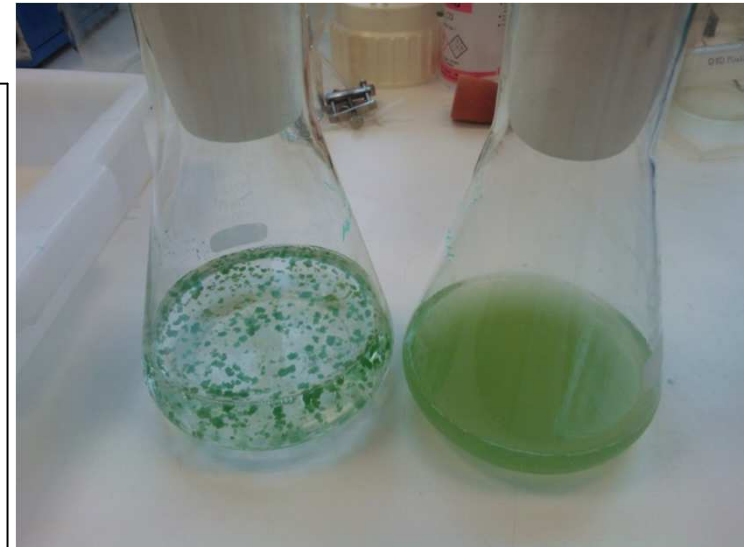
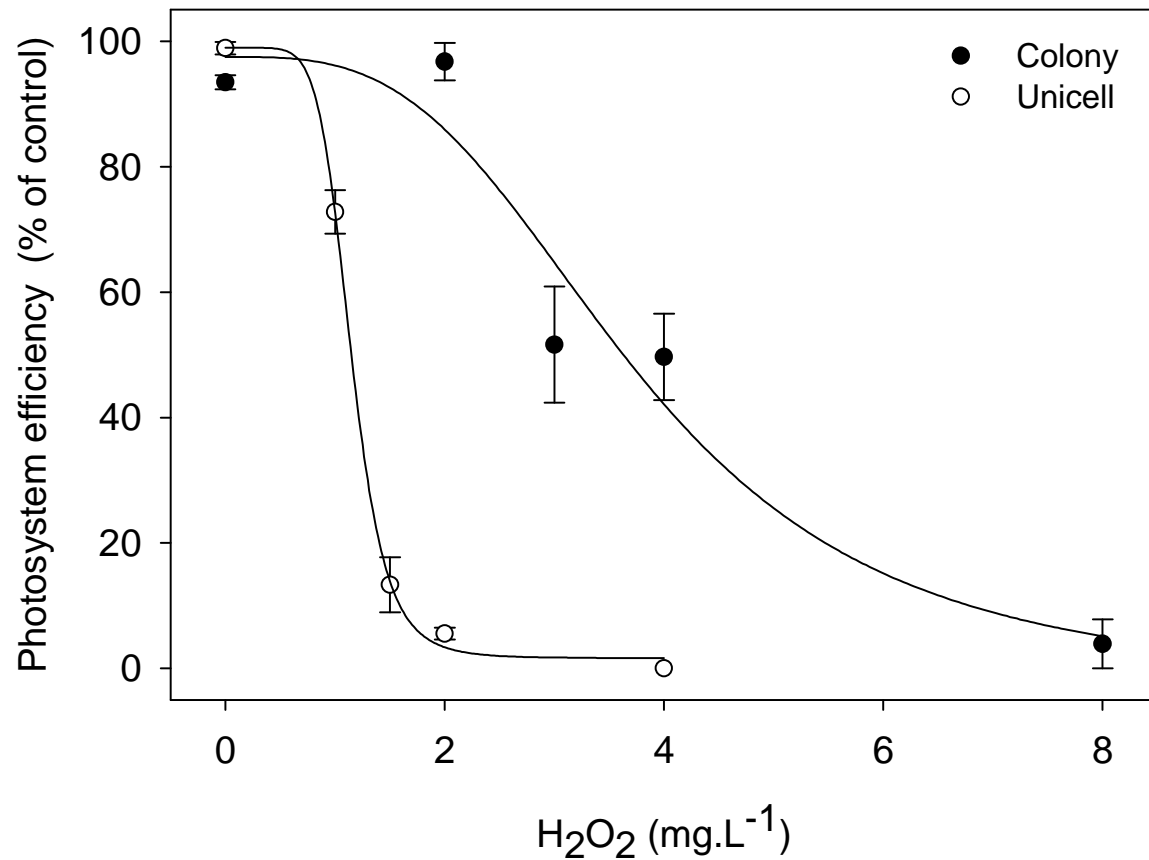
- ➔ 2 mg H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> l<sup>-1</sup> kills >80% of cyanobacteria in 3 hrs
- ➔ No effect on eukaryotic phytoplankton
- ➔ H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> disappears rapidly to < 1 mg l<sup>-1</sup> in few hours
- ➔ Cyanobacteria (*Planktothrix agardhii*) reduced to very low levels
- ➔ Microcystins were released but decreased in time
- ➔ Safe bathing water in Koetshuisplas for long period
- ➔ regular repeating needed



# *M. aeruginosa* Strain LEA 13

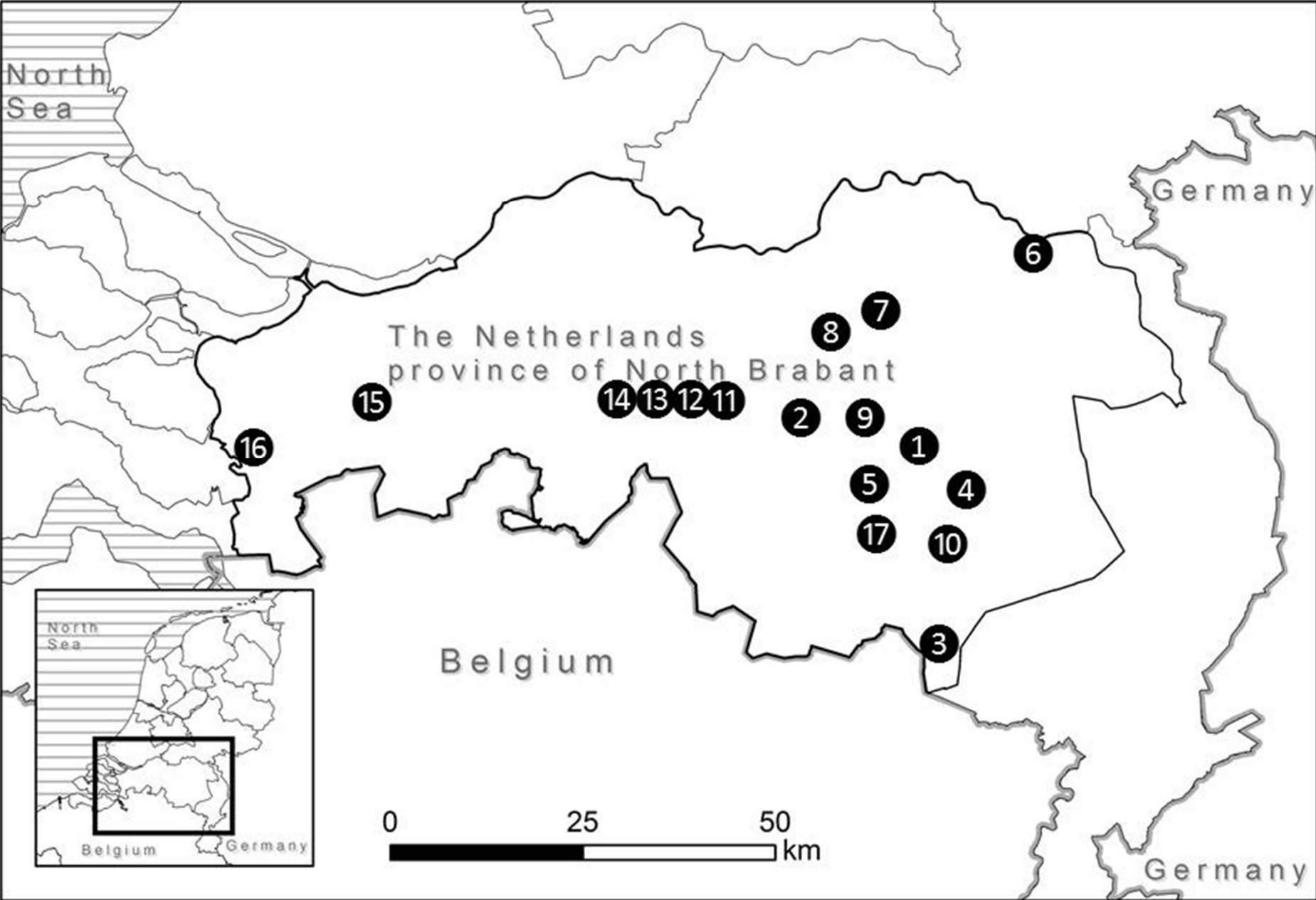
EC50 Values of H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> for two strains of <i>M. aeruginosa</i>	
<i>M. aeruginosa</i> strains	EC50 mg L <sup>-1</sup> (95% confidence limits)
LEA 13 Unicell	1.14 (1.13-1.15)
LEA13 Colony	3.75 (3.28-4.22)
LEA 12 Unicell	0.75 (n.d)
LEA12 Colony	1.35 (1.26-1.44)

\* n.d.: not determinable

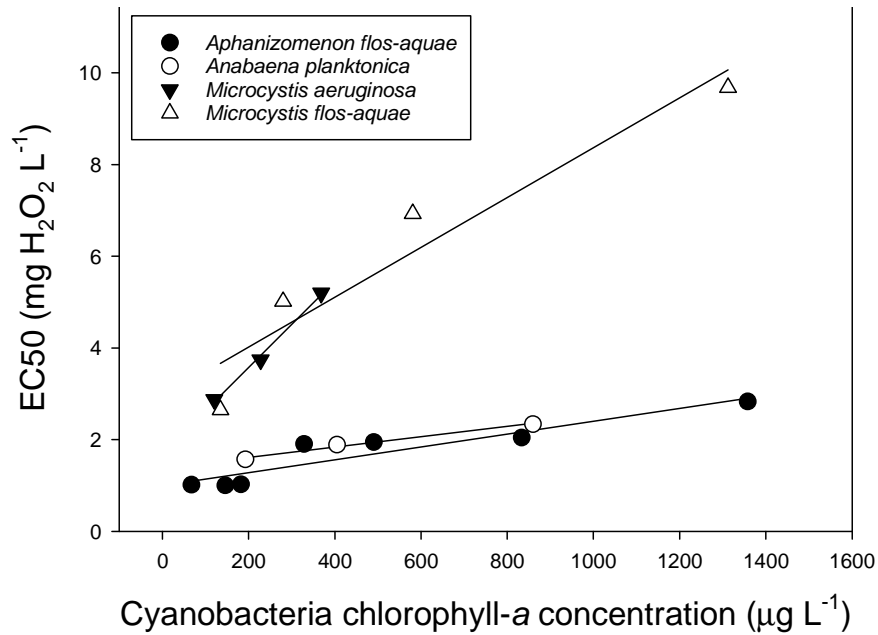
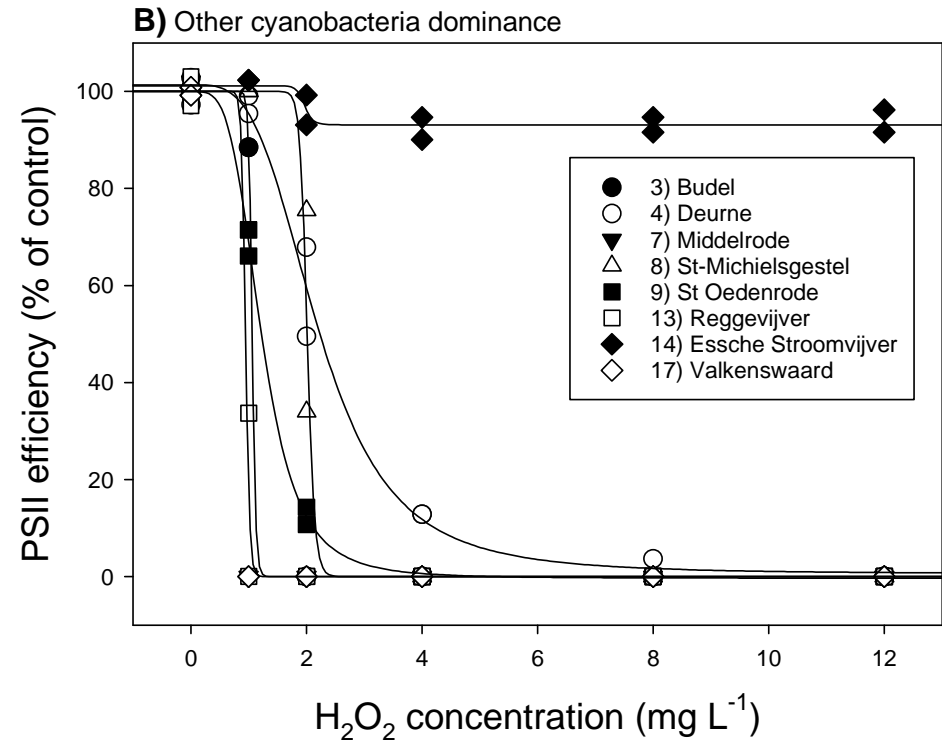
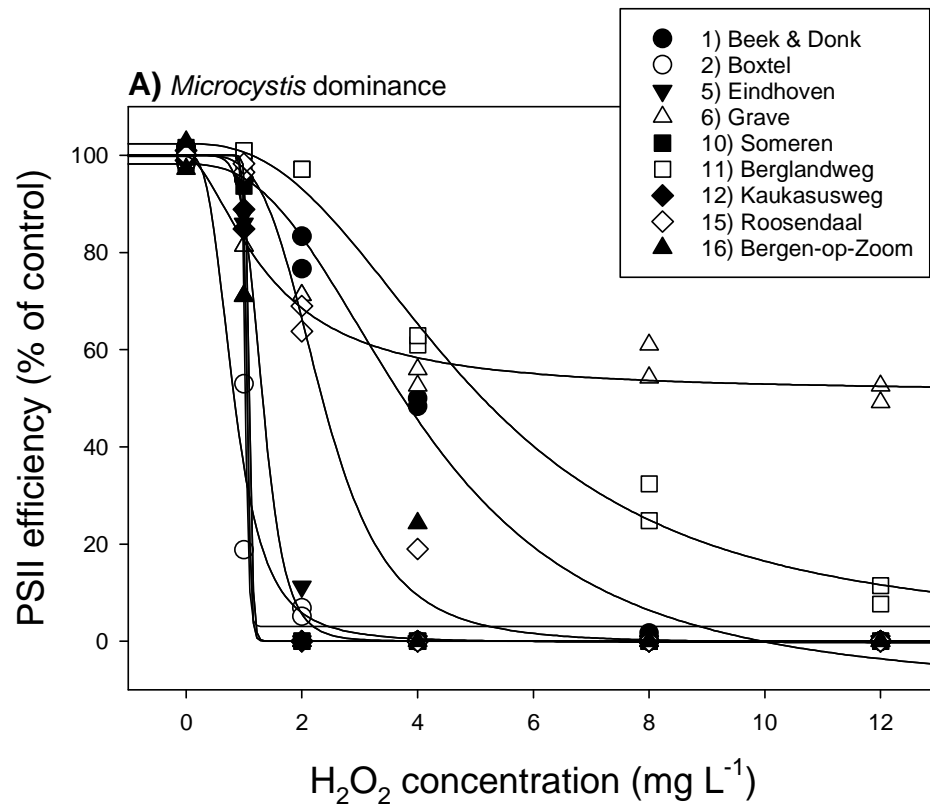


Lab colony is more resistant than unicell (same strain)

# Field samples tested

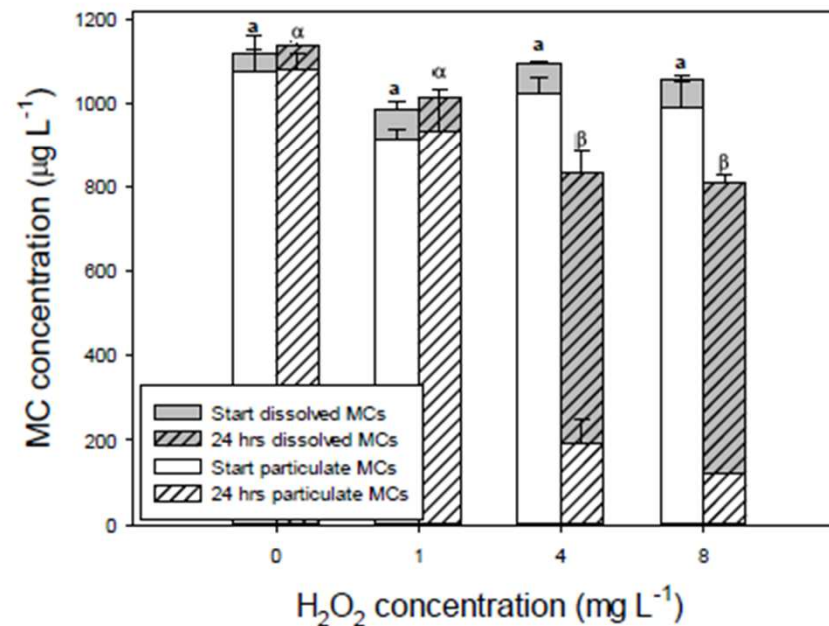






**Variability in the field**  
***Microcystis* in situ can be less sensitive**  
**Floating biomass**

**Figure 3.** Total particulate and dissolved microcystin (MC) concentrations ( $\mu\text{g L}^{-1}$ ) in *Microcystis aeruginosa* PCC 7820 at the start of the experiment (open bars) and after 24 h of exposure to different concentrations of hydrogen-peroxide ( $\text{H}_2\text{O}_2$ , in  $\text{mg L}^{-1}$ ; hatched bars). Error bars indicate 1 SD ( $n = 3$ ). Similar symbols above the bars (a, $\alpha$ , $\beta$ ) indicate homogeneous groups of total MC concentrations that are not different at the  $p = 0.05$  level (Holm–Sidak comparison).



Hydrogen peroxide exposure → **release of microcystins**



ARCADIS-UvA claim  
fighting cyanobacteria  
with low dose  $\text{H}_2\text{O}_2$  is  
efficient, but there are  
doubts on generality  
and toxins release

# Plant-tree and extracts - many claims:

*it will become the most promising method to control algal bloom” (Hu and Hong 2008)*

*“barley straw can be an effective control method” (Purcell et al. 2013)*

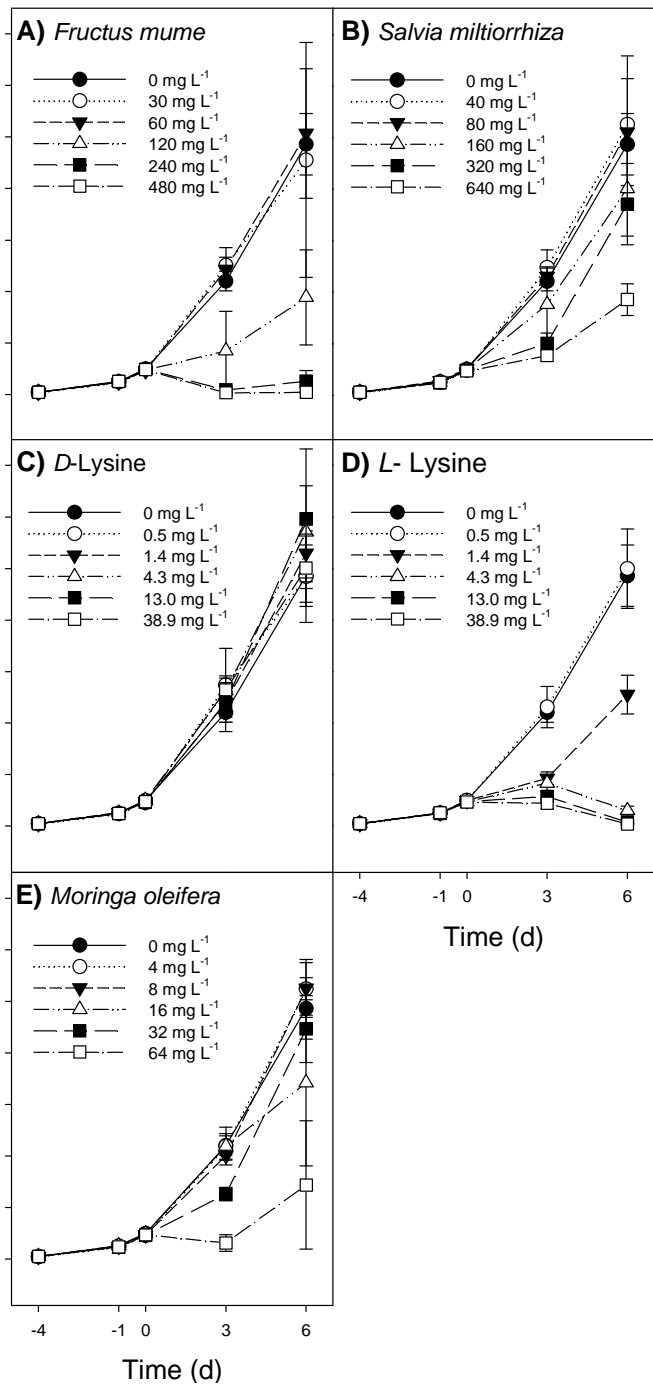
*“effective and environmentally-sound option for the control of cyanobacterial and microalgal blooms” (Iredale et al. 2012)*

*“very useful for controlling of M. aeruginosa based blooms” (Shao et al. 2013)*

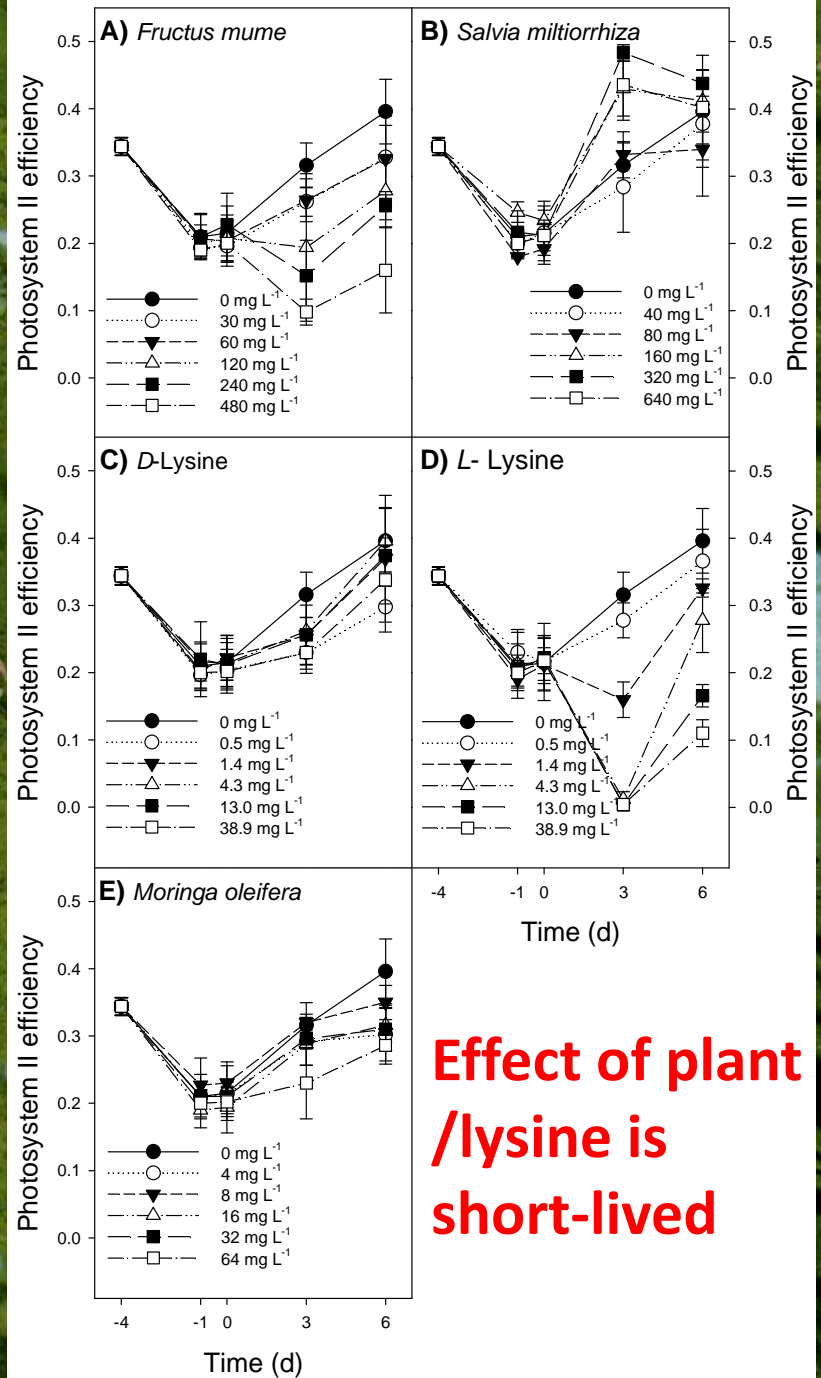
- 
- 
-



Chlorophyll-a concentration ( $\mu\text{g L}^{-1}$ ) Chlorophyll-a concentration ( $\mu\text{g L}^{-1}$ )



Chlorophyll-a concentration ( $\mu\text{g L}^{-1}$ ) Chlorophyll-a concentration ( $\mu\text{g L}^{-1}$ )



**Effect of plant /lysine is short-lived**

## Chemical characterization of the aqueous algistic fraction of barley straw (*Hordeum vulgare*) inhibiting *Microcystis aeruginosa*

Timothy J. Waybright · Daniel E. Terlizzi · M. Drew Ferrier

*Hydrobiologia* 340: 301–305, 1996.  
J. M. Caffrey, P. R. F. Barrett, K. J. Murphy & P. M. Wade (eds),  
©1996 Kluwer Academic Publishers. Printed in Belgium.

*Journal of Applied Phycology* 2: 241–248, 1990.  
© 1990 Kluwer Academic Publishers. Printed in Belgium.

## Barley straw as an inhibitor of algal growth II: laboratory studies

M.T. Gibson,<sup>1</sup> I.M. Welch,<sup>1,2</sup> P.R.F. Barrett<sup>1\*</sup> & I. Ridge<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Aquatic Weeds Research Unit, (University of Bristol, 1 Arable Crops Research, Long Ashton Research Station, Lane, Sonning-on-Thames, Reading, RG4 0TH, U.K.)  
<sup>2</sup>Department of Biological Sciences, Walton Hall, Milton

*J. Aquat. Plant Manage.* 31: 203–206

## Towards understanding the nature of algal inhibitors from barley straw

Irene Ridge & J. M. Pillinger\*

Departments of Biology and \*Earth Sciences, The Open University, Milton Keynes, MK7 6AA, UK

## Control of *Microcystis aeruginosa* by Decomposing Barley Straw

JONATHAN R. NEWMAN AND P.R.F. BARRETT<sup>1</sup>

## THE IDENTIFICATION AND SIGNIFICANCE OF CHEMICALS RELEASED FROM DECOMPOSING BARLEY STRAW DURING RESERVOIR ALGAL CONTROL

N. C. EVERALL<sup>1\*</sup> and D. R. LEES<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Severn Trent Water Limited, Quality and Environmental Services, P.O. Box 51, Raynesway, Derby, Derbyshire DE21 7JA, U.K. and <sup>2</sup>Severn Trent Water Limited, Water Supply Group, Northern Area Office, Little Eaton Water Treatment Works, Alfreton Road, Little Eaton, Derby, Derbyshire DE21 5DB, U.K.



Parkvijver Roosendaal 2000



# Field experiment Barley

**NO** success



Available online at [www.sciencedirect.com](http://www.sciencedirect.com)



Bioresource Technology 96 (2005) 1788–1795

BIORESOURCE  
TECHNOLOGY

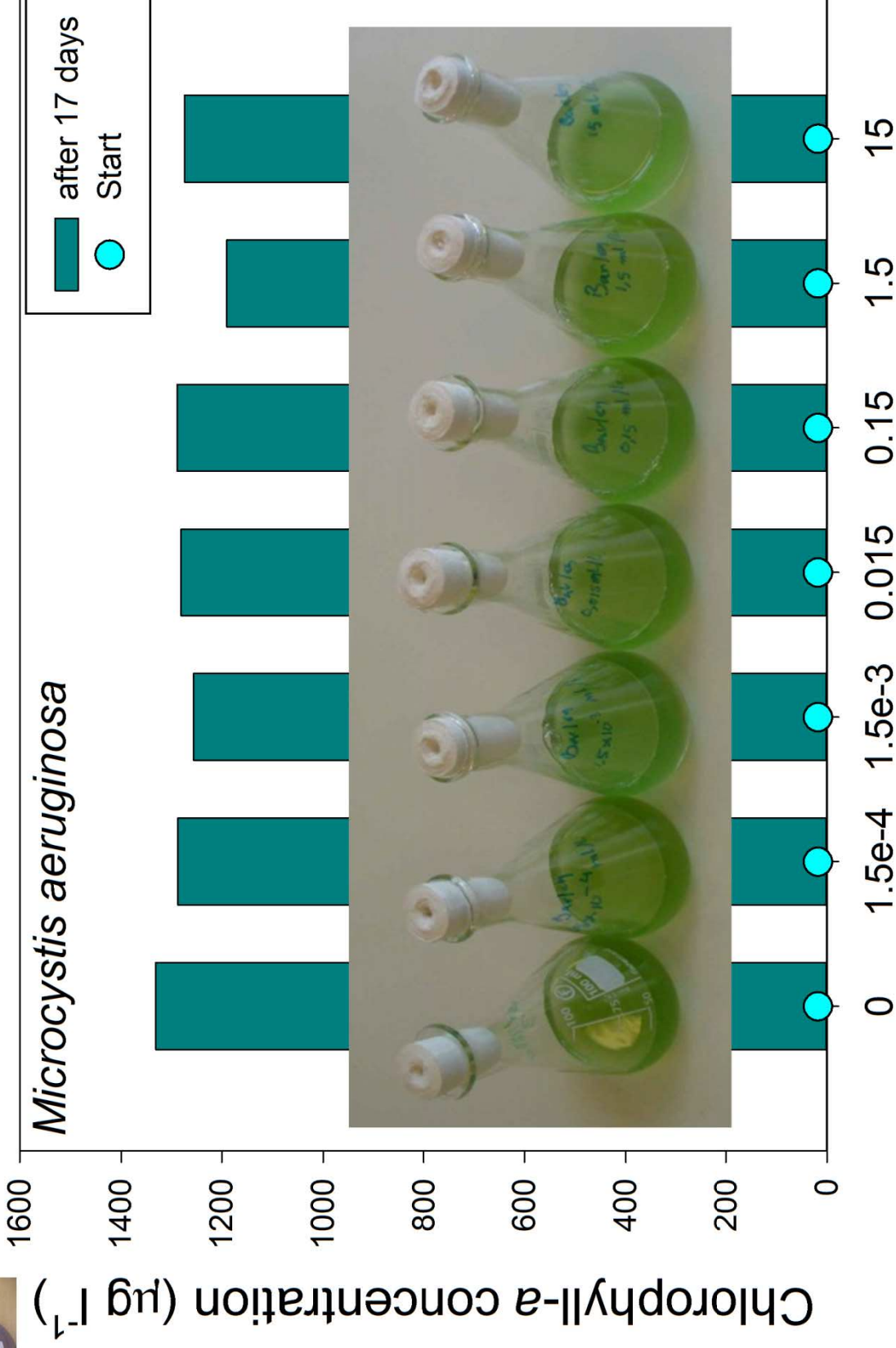
## The effects of barley straw (*Hordeum vulgare*) on the growth of freshwater algae

M.D. Ferrier <sup>a,\*</sup>, B.R. Butler Sr. <sup>b</sup>, D.E. Terlizzi <sup>c</sup>, R.V. Lacouture <sup>d</sup>

In a related field study, we treated four of six ponds with barley straw and monitored their chlorophyll *a* levels for one growing season. While phytoplankton populations in all ponds decreased in midsummer, the phytoplankton biomass in treated ponds did not differ significantly from that of control ponds, suggesting that the application of barley straw had no effect on algal growth in these systems.

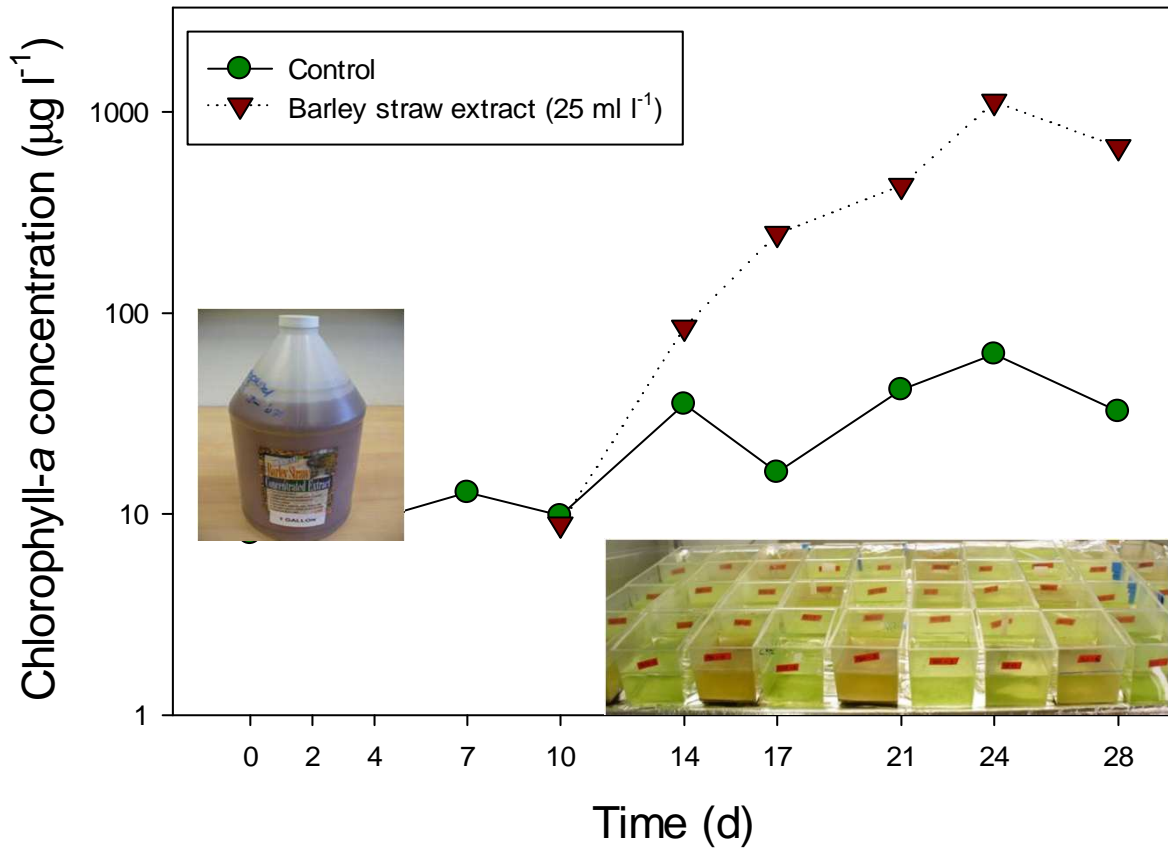
**No effect in other pond study too**

PHYTOPLANKTON (CELLS/mL)



Barley straw concentrated extract ( $\text{ml l}^{-1}$ )





## Nutrients in Barley straw extract promote algae

WATER RESEARCH 41 (2007) 25 03–25 12



ELSEVIER

Available at [www.sciencedirect.com](http://www.sciencedirect.com)



journal homepage: [www.elsevier.com/locate/watres](http://www.elsevier.com/locate/watres)



- Doses of barley straw extract were ineffective at reducing the exponential growth rate, abundance, or toxicity to fish of *P. parvum*.

### Laboratory tests of ammonium and barley straw extract as agents to suppress abundance of the harmful alga *Prymnesium parvum* and its toxicity to fish

James P. Grover<sup>a,\*</sup>, Jason W. Baker<sup>a</sup>, Fabiola Ureña-Boeck<sup>b</sup>, Bryan W. Brooks<sup>b</sup>, Reagan M. Errera<sup>c</sup>, Daniel L. Roelke<sup>c</sup>, Richard L. Kiesling<sup>d</sup>



## Beating the blues: Is there any music in fighting cyanobacteria with ultrasound?

Miquel Lürling <sup>a,b,\*</sup>, Yora Tolman <sup>a,c</sup>

Hydrobiologia (2010) 646:133–143  
DOI 10.1007/s10750-010-0173-3

SHALLOW LAKES

## Cyanobacteria blooms cannot be controlled by Effective Microorganisms (EM<sup>®</sup>) from mud- or Bokashi-balls

Miquel Lürling · Yora Tolman · Frank van Oosterhout

Water 2014, 6, 1807–1825; doi:10.3390/w6061807

OPEN ACCESS

water

ISSN 2073-4441

[www.mdpi.com/journal/water](http://www.mdpi.com/journal/water)

Article

## Effect of Selected Plant Extracts and D- and L-Lysine on the Cyanobacterium *Microcystis aeruginosa*

Miquel Lürling <sup>1,2,\*</sup> and Frank van Oosterhout <sup>1</sup>

## Evaluation of several end-of-pipe measures proposed to control cyanobacteria

Miquel Lürling <sup>1,2,\*</sup>, Guido Waajen <sup>1,3</sup> & Lisette N. de Senerpont Domis <sup>1,2</sup>



accepted

Toxins 2014, 6, 3260–3280; doi:10.3390/toxins6123260

OPEN ACCESS

toxins

ISSN 2072-6651

[www.mdpi.com/journal/toxins](http://www.mdpi.com/journal/toxins)

Article

## Effects of Hydrogen Peroxide and Ultrasound on Biomass Reduction and Toxin Release in the Cyanobacterium, *Microcystis aeruginosa*

Miquel Lürling <sup>1,2,\*</sup>, Debin Meng <sup>1</sup> and Elisabeth J. Faassen <sup>1</sup>

Water 2014, 6, 3247–3263; doi:10.3390/w6113247

OPEN ACCESS

water

ISSN 2073-4441

[www.mdpi.com/journal/water](http://www.mdpi.com/journal/water)

Article

## Effects of Commercially Available Ultrasound on the Zooplankton Grazer *Daphnia* and Consequent Water Greening in Laboratory Experiments

Miquel Lürling <sup>1,2,\*</sup> and Yora Tolman <sup>1,3</sup>

Lakes & Reservoirs: Research and Management 2009 14: 353–363

## Mitigating cyanobacterial blooms: how effective are ‘effective microorganisms’?

Miquel Lürling, <sup>1\*</sup> Yora Tolman <sup>1,2</sup> and Marieke Euwe <sup>1,3</sup>

J Appl Phycol (2010) 22:503–510  
DOI 10.1007/s10811-009-9485-y

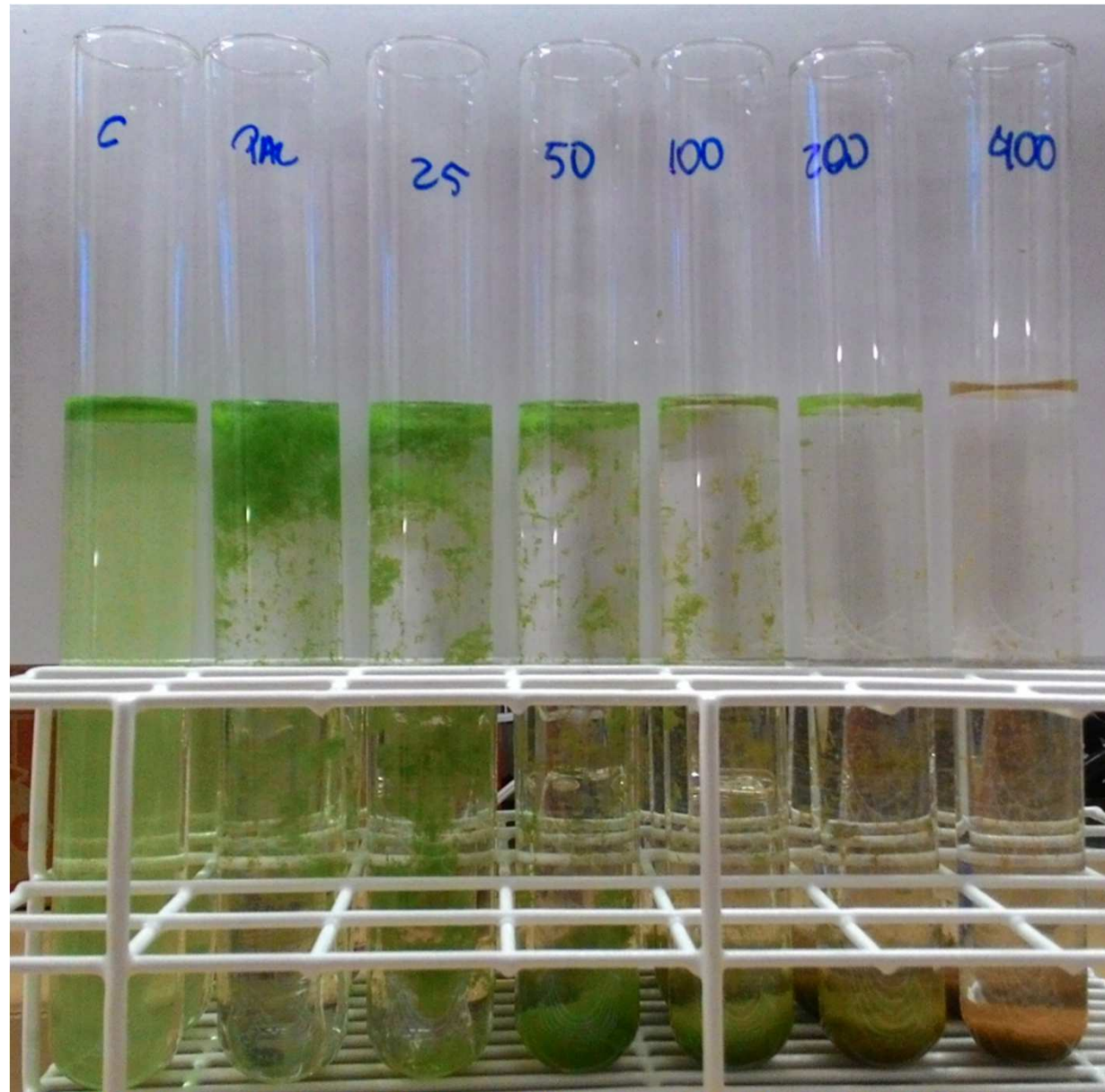
Author's personal copy

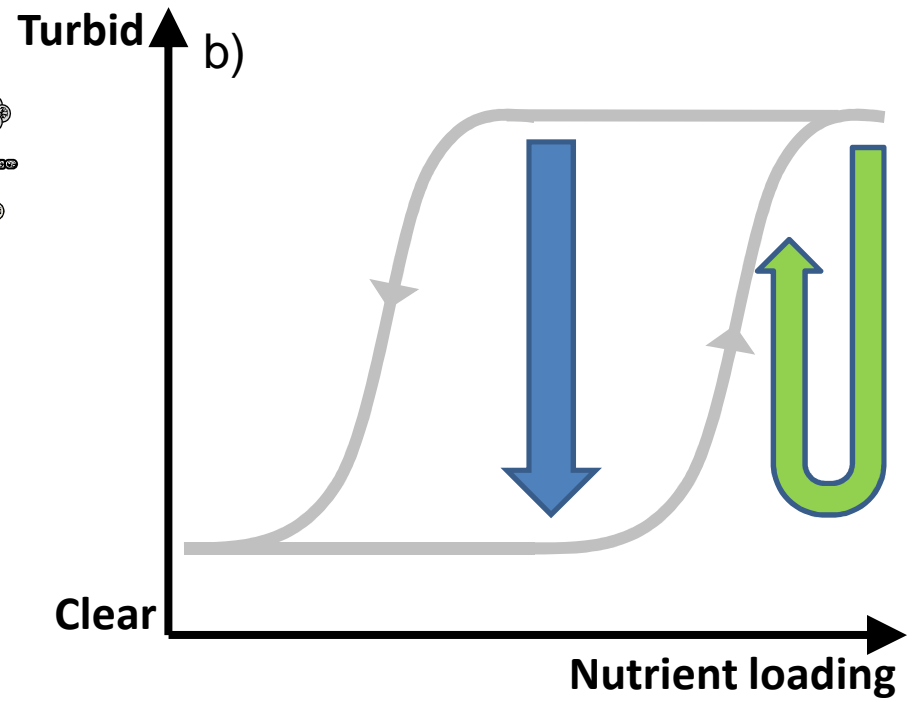
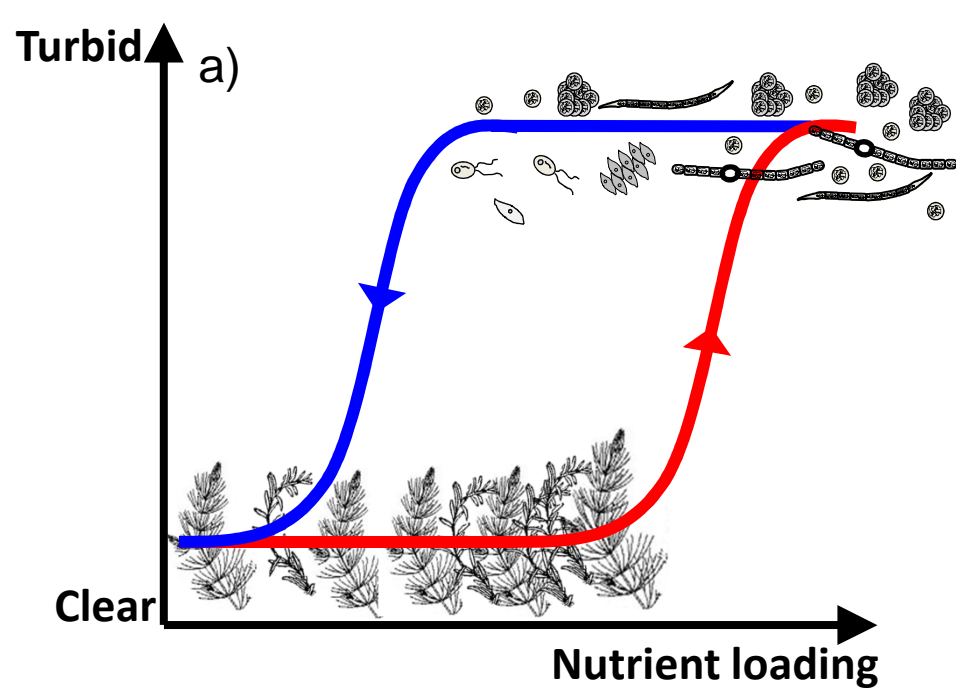
## Anti-cyanobacterial activity of *Moringa oleifera* seeds

Miquel Lürling · Wendy Beekman



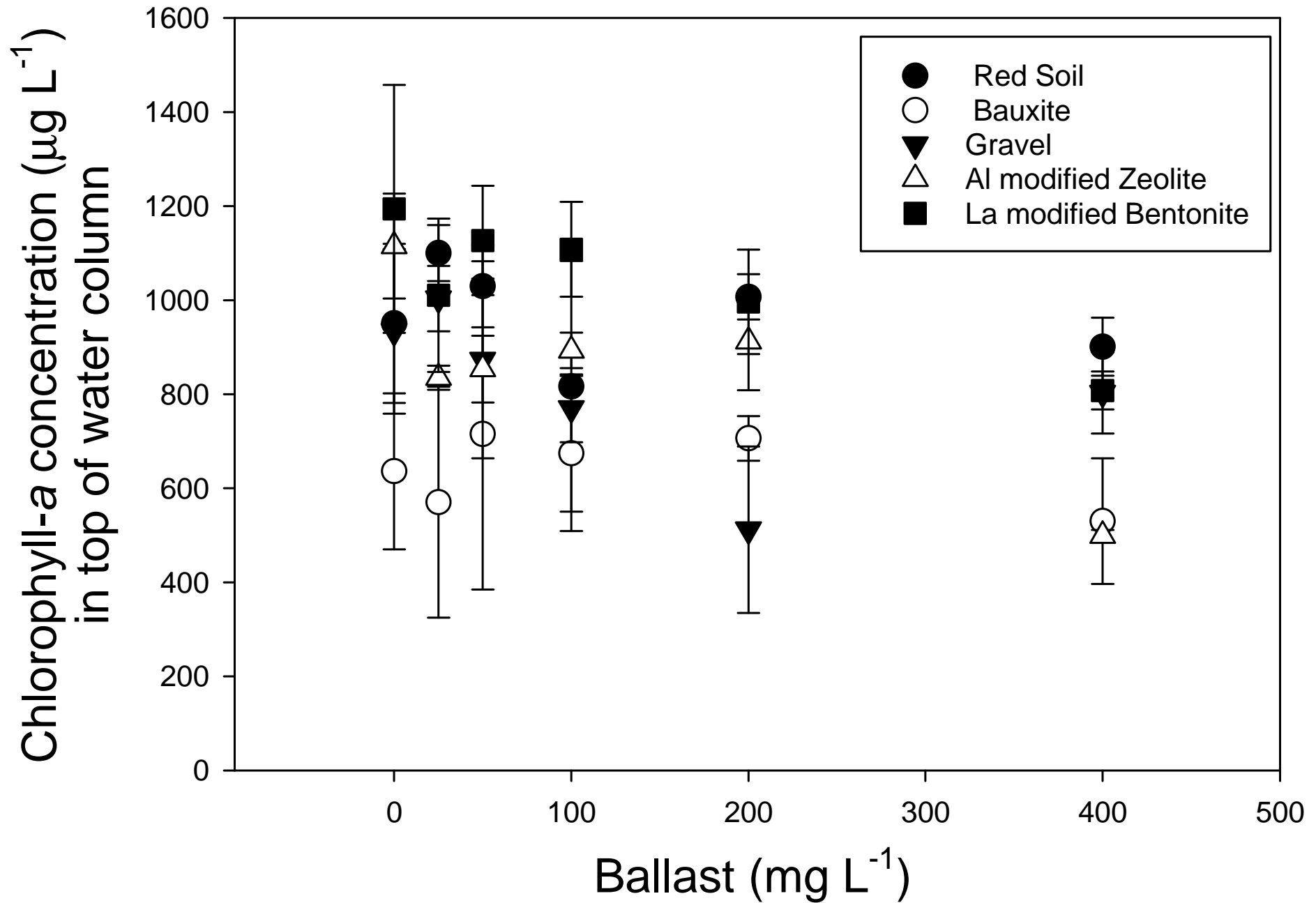
# Flocking and sinking cyanobacteria out the water column



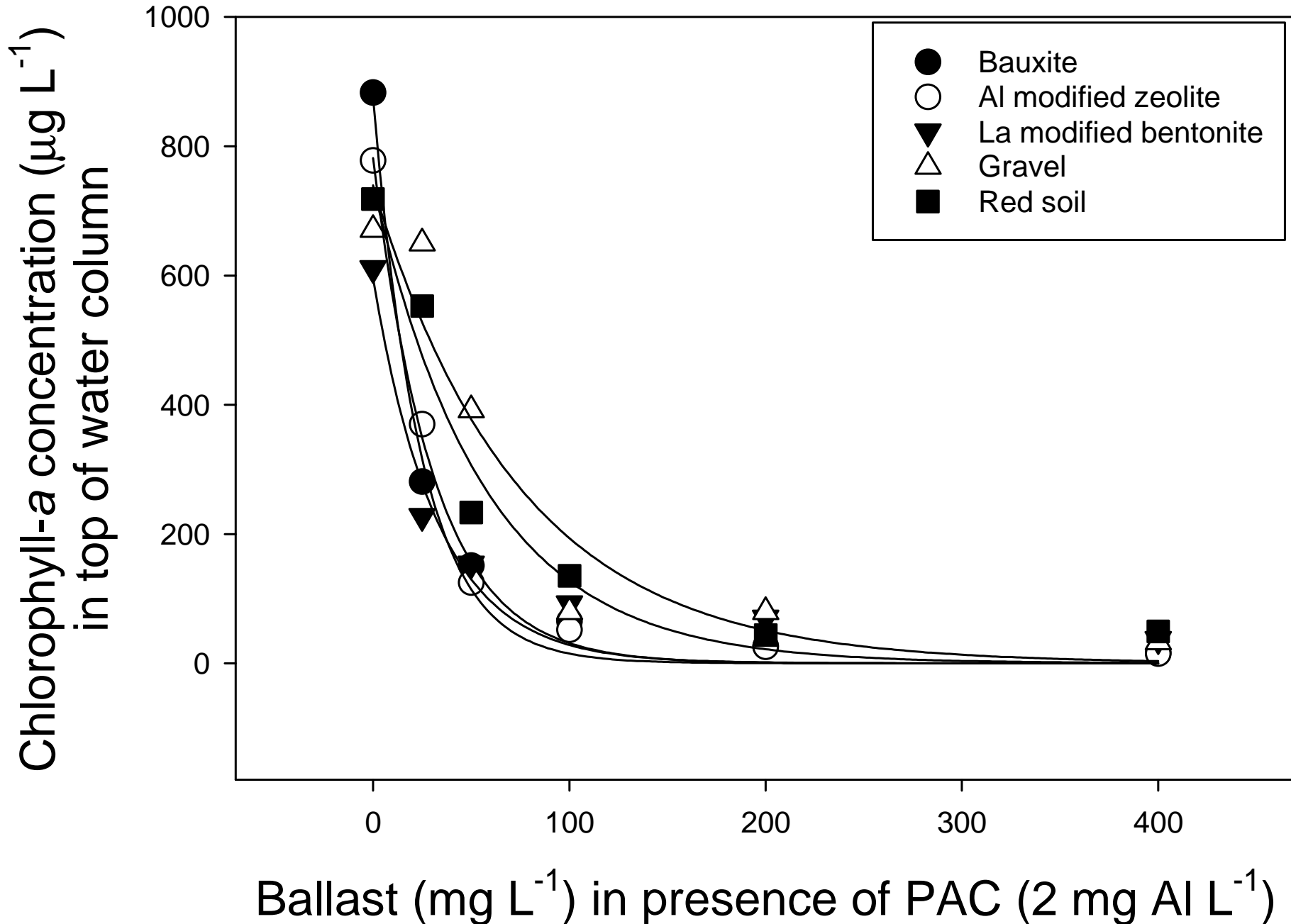




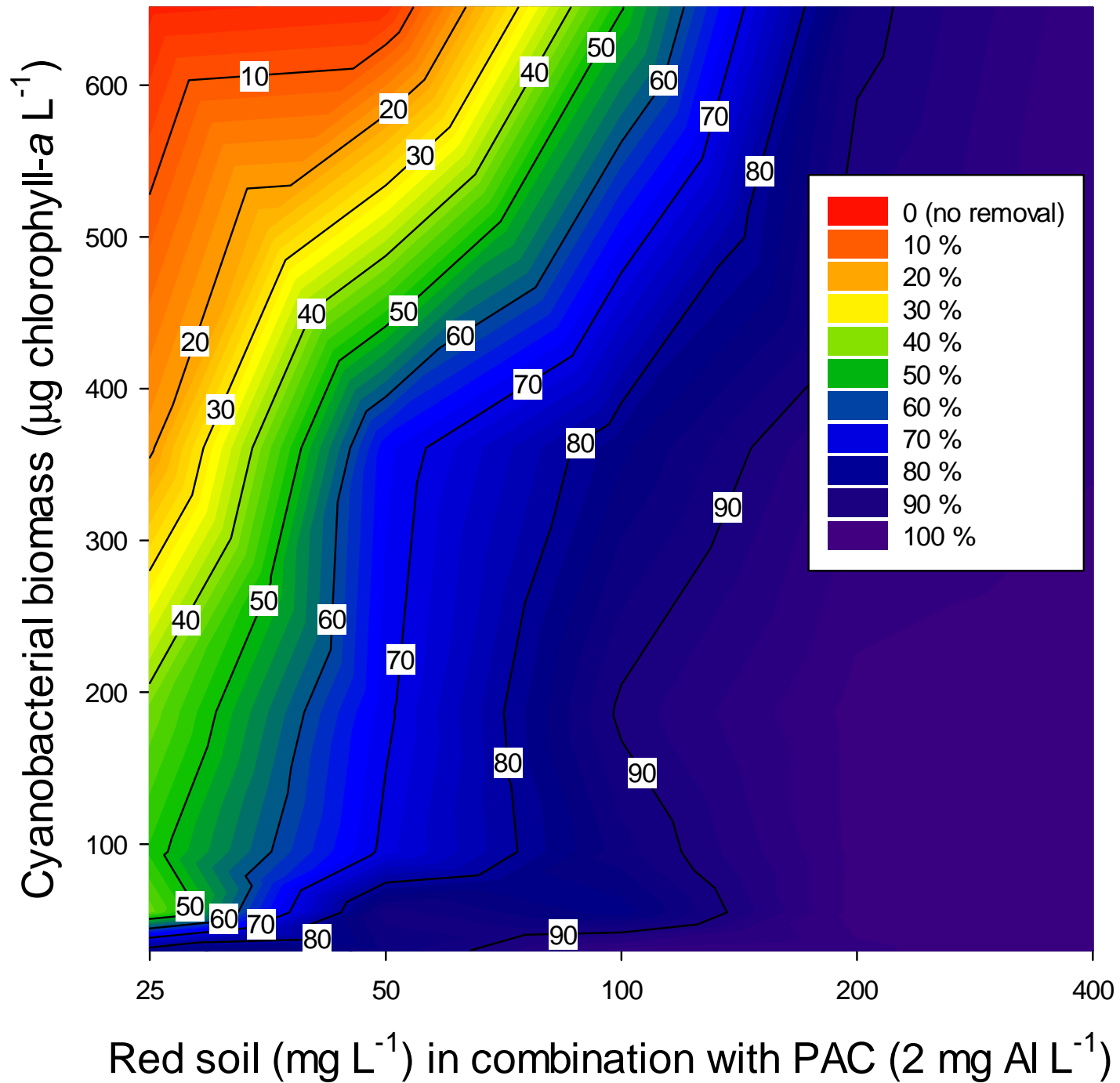
# Only ballast is not effective in sinking cyanobacteria

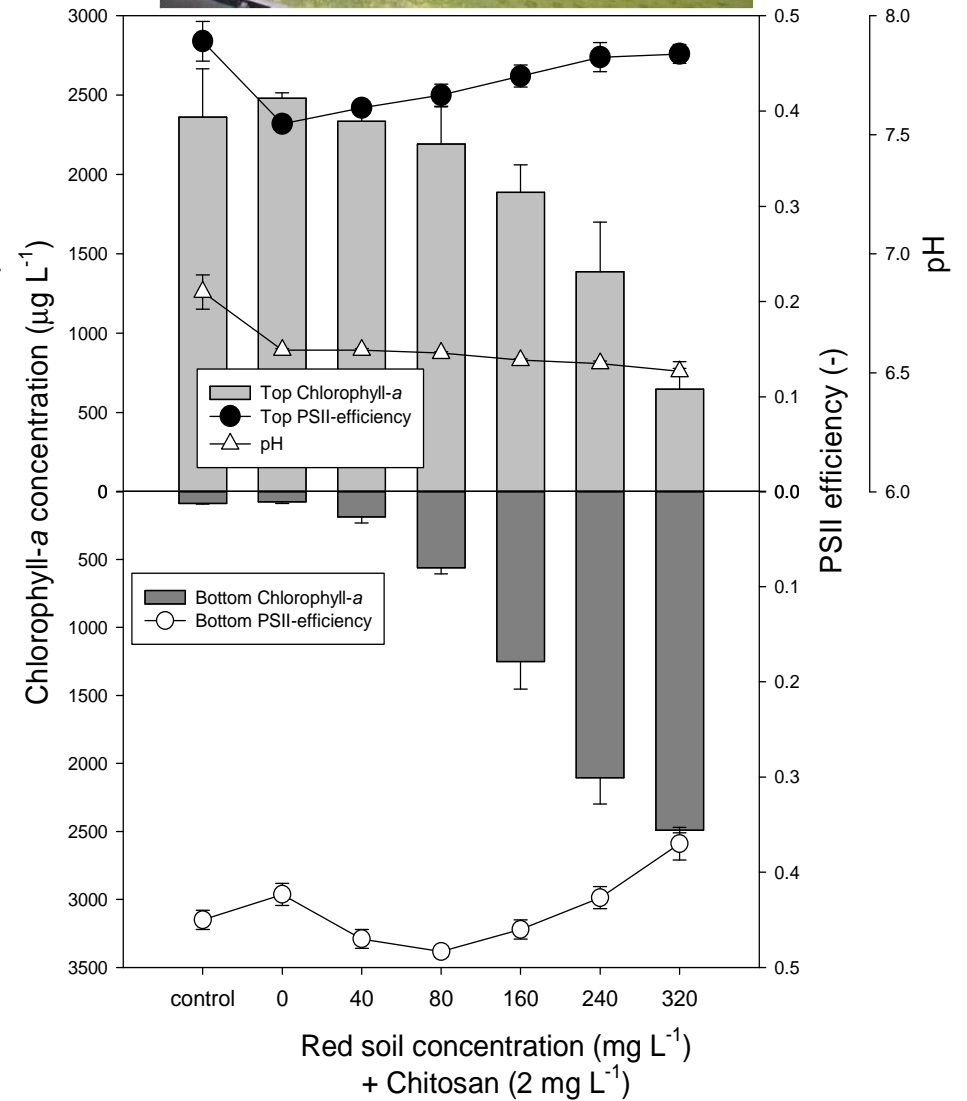
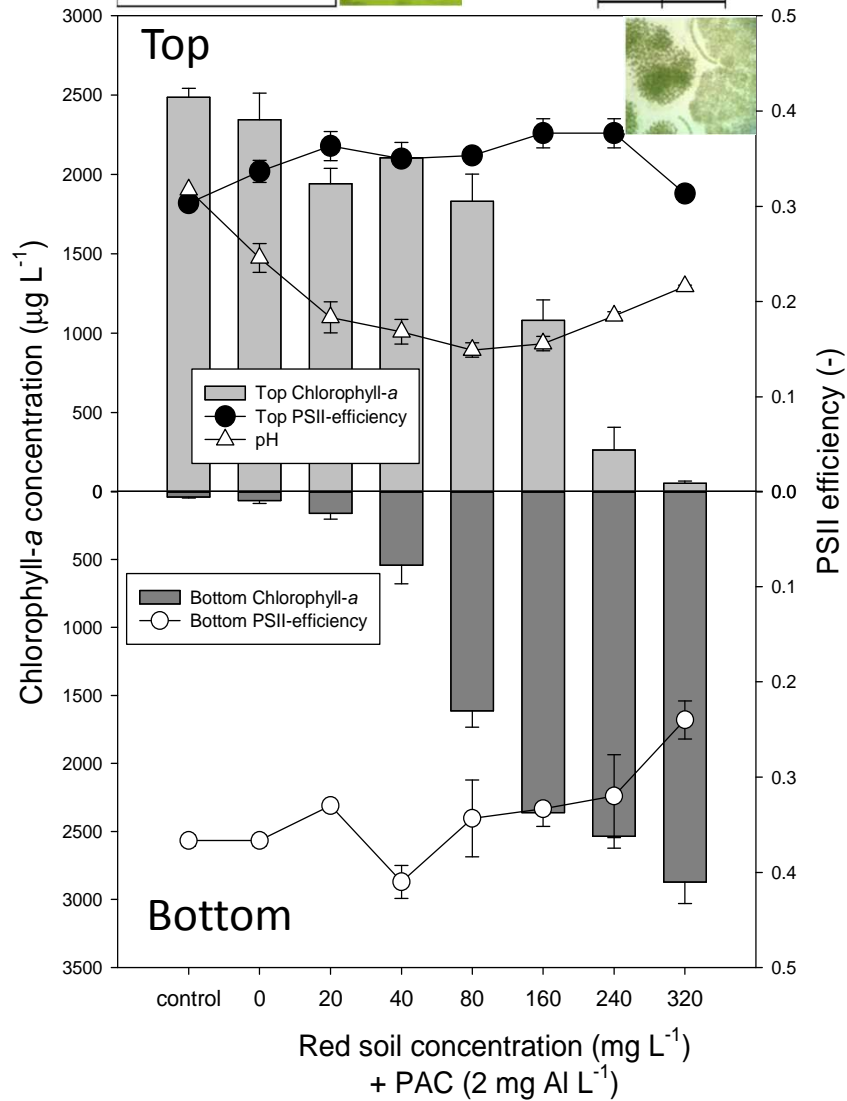
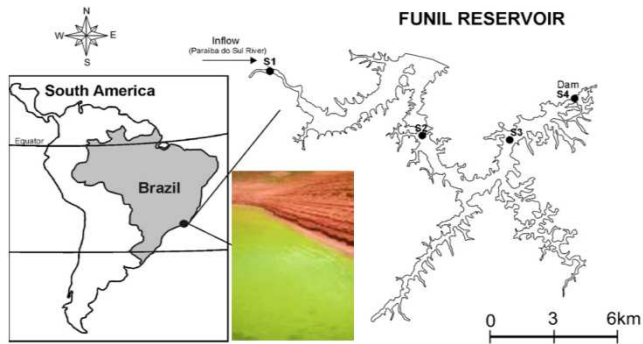


# Effective sinking cyanobacteria with low dose flocculent

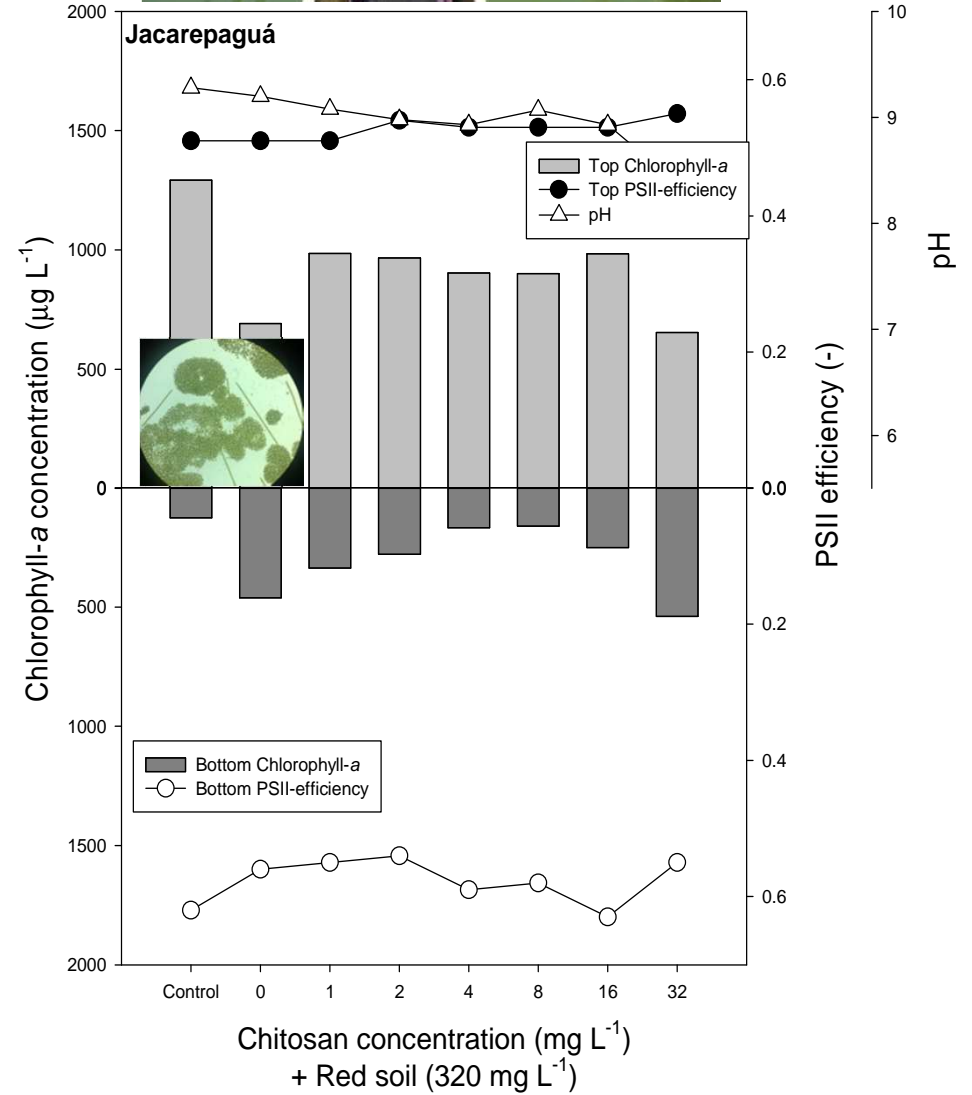
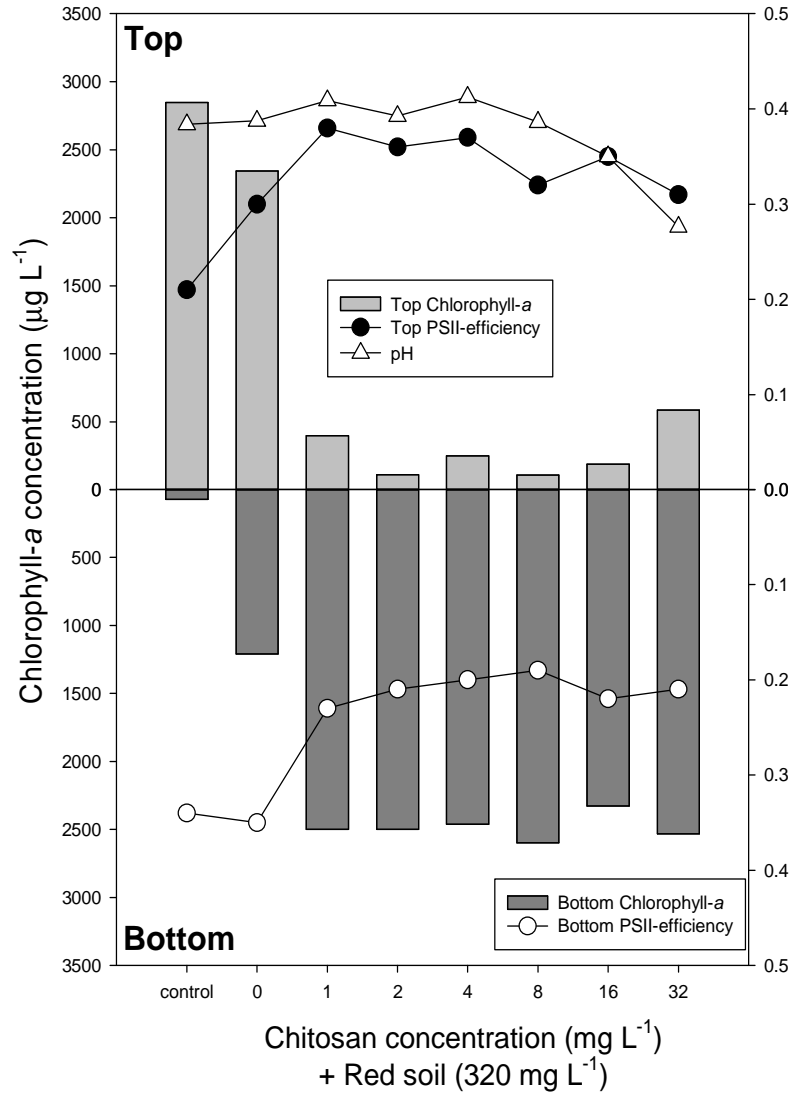


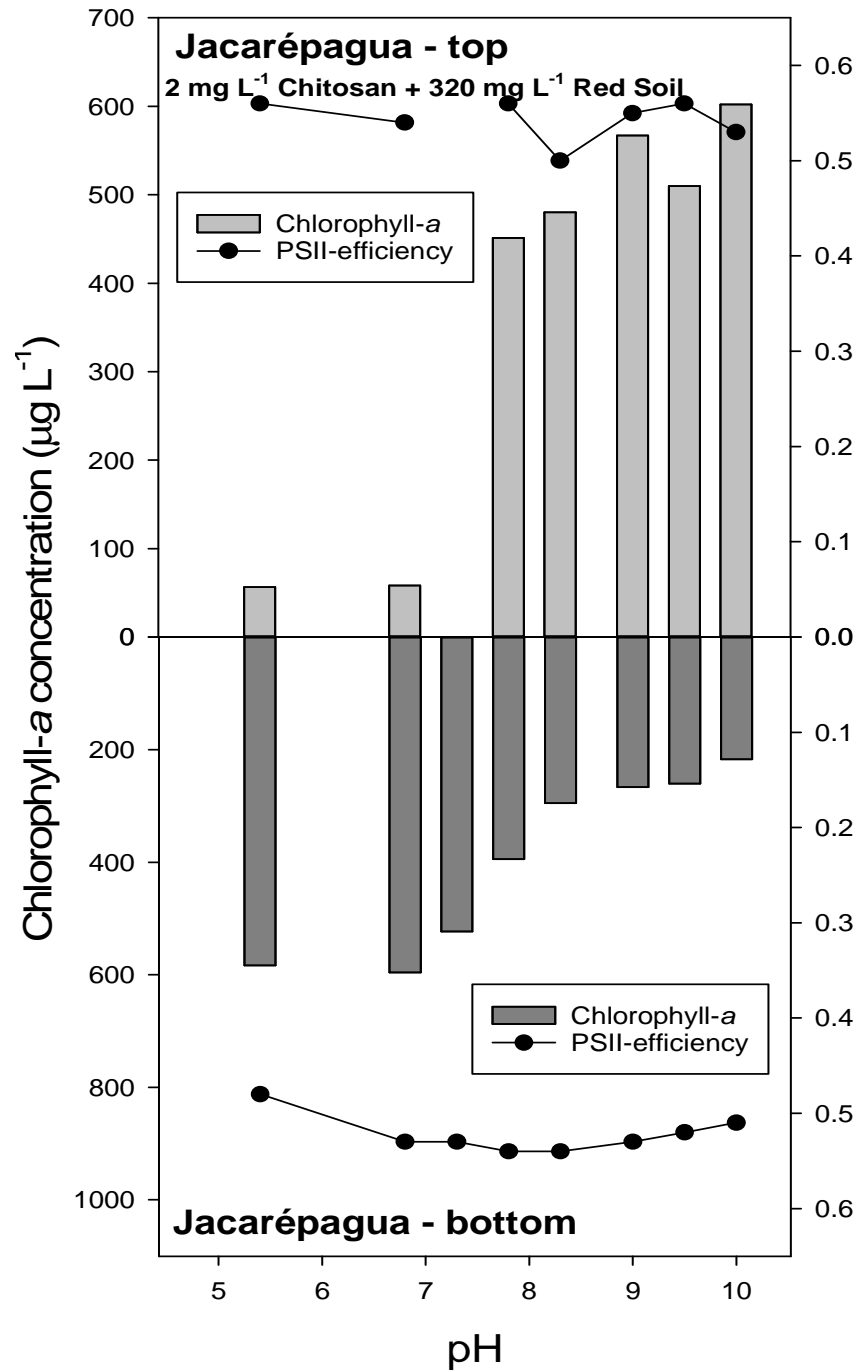




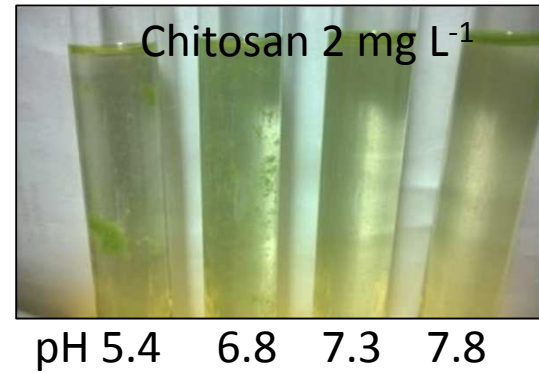






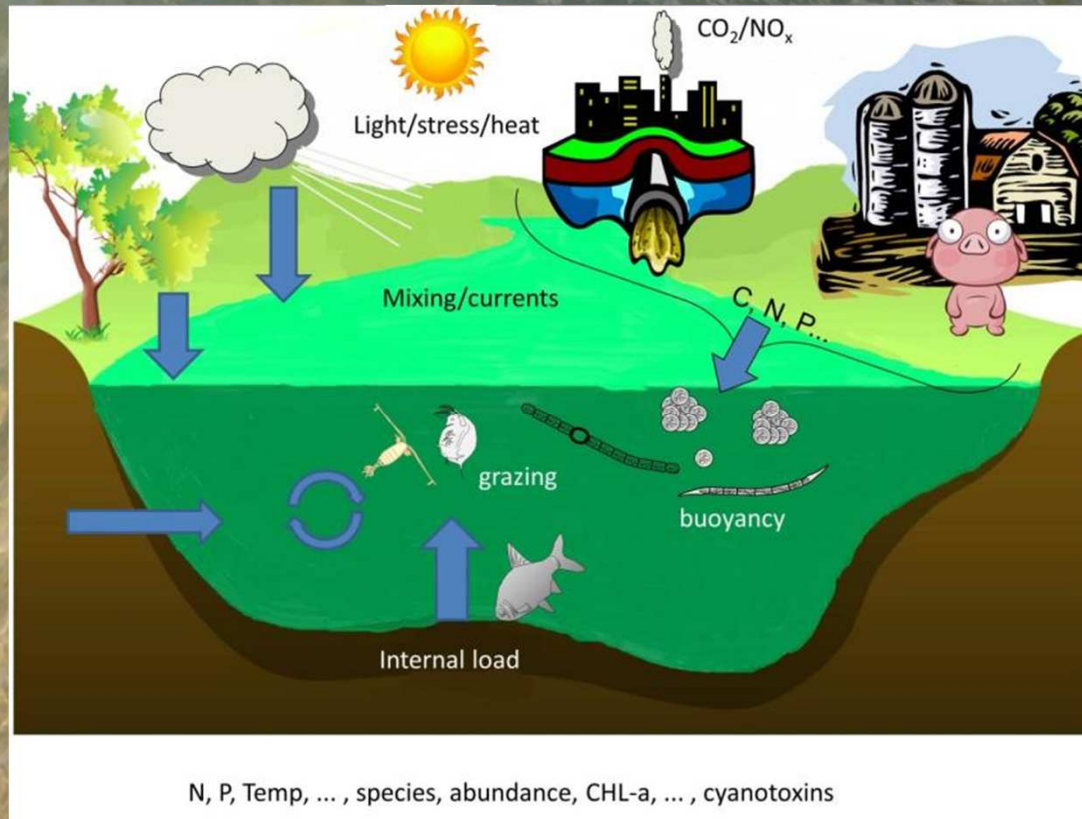


Vandamme et al 2013 Trends in Biotechnonology 31(4):  
Chitosan is a very efficient flocculant but it works only at low pH





# Mitigation should always start with a system analysis



## Scenarios:

☹️ Doing nothing

☹️ Curative measures  
= fighting the symptoms  
→ Flock & Sink 👍  
→ Algaecides 👎

😊 Preventive measures  
= tackling nutrient fluxes  
→ External/internal

😊 Combined measures  
= speeding up recovery

Email: [miquel.lurling@wur.nl](mailto:miquel.lurling@wur.nl)