

# KAN DET FINNAS CYANOTOXINER I DRICKSVATTEN?

## Are there cyanotoxins in the drinking water?

av JING LI<sup>1,2</sup>, KENNETH M PERSSON<sup>1,2</sup>

1. Teknisk vattenresurslära, Lunds universitet, Box 118, 221 00 Lund, Sweden, jing.li@tvrl.lth.se

2. Sweden Water Research AB, Ideon Science Park, Scheelevägen 15, 223 70 Lund, Sweden, kenneth\_m.persson@tvrl.lth.se



### Abstract

This study aims to preliminarily evaluate changes in the risk of cyanobacterial blooms in a eutrophic lake, Lake Vombsjön, in the southern Sweden and test the role of nutrients (phosphorus and nitrogen) in algae formation. Surface water such as lakes service great importance for drinking water supply, such as half of the drinking water in Sweden is from surface water. According to risk matrix, Lake Vombsjön is of high risk of blooms and special attention should be paid in late summer and autumn as the later the blooms occur, the more likely they are cyanobacteria induced. Results confirmed phosphorus control to be the key for controlling cyanobacterial blooms in eutrophic lakes such as Lake Vombsjön as well as keeping N/P ratio (Nitrogen/phosphorus) at certain high level. The most frequent types of cyanobacteria in Lake Vombsjön are *Planktothrix agardhii*. *Pseudanabaena* should be monitored. Future work should consider long term pattern analysis, including the hydrodynamic condition in the lake. This work will support harmful algae blooms management in practice.

*Key words* – Harmful Algae Blooms, nutrients, N:P ratio, Lake Vombsjön

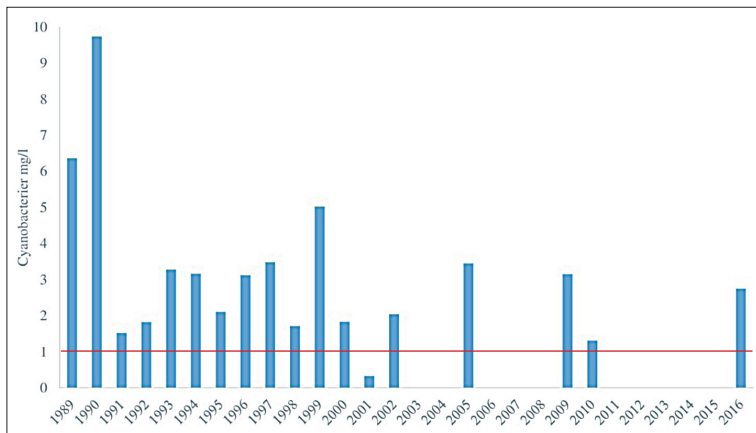
### Sammanfattning

Denna studie syftar till att preliminärt utvärdera förändringar i risken för cyanobakteriella blomningar i en eutrof sjö, Vombsjön, som ligger i södra Sverige och testa hur näringsämnen (fosfor och kväve) påverkar algväxten. Ytvatten som sjöar har stor betydelse för dricksvattenförsörjningen, till exempel hälften av dricksvattnet i Sverige är från ytvatten. Enligt riskmatrisen har Vombsjön en stor risk för blomningar och särskild uppmärksamhet bör ägnas på sensommar och höst, eftersom resultat också visar att ju senare blomningen uppstår, desto mer sannolikt är det att de framkallar cyanobakterier. Resultaten bekräftade att fosforkontroll är nyckeln för att begränsa cyanobakteriella blomningar i eutrofa sjöar som Vombsjön. Om N/P-förhållandet (kväve/fosforkvoten) hålls högt minskar också risken för blomning. Den vanligaste typen av cyanobakterier i Vombsjön är *Planktothrix agardhii*. *Pseudanabaena* bör övervakas. Framtida arbete bör inkludera hur cyanobakterier förekommer långsiktig och hur sjöns hydrodynamiska tillstånd ser ut. Ett sådant arbete kommer att hjälpa till att motverka blomningar i praktiken.

### Inledning

Ytvatten som sjöar har stor betydelse för dricksvattenförsörjningen, till exempel hälften av dricksvattnet i Sverige är från ytvatten. Algblomning (harmful algae blooms, HAB) förekommer tämligen ofta, speciellt sommartid, i Vombsjön. Det är viktigt dricksvattenresurs till Malmö stad, södra Sverige. Detta är en av de största utmaningarna för eutrofa sjöar som används till vattentäkter, inte bara i Sverige, utan i hela världen (Chorus and Bartram,

1999). Blomningar med cyanobakterier kan orsaka besvärande igensättningar i silar och filter, men värre är att vissa av blomningarna genererar giftiga toxiner (Gustafsson et al., 2005; Ger et al., 2016). Om man badar i grönt vatten kan man få klåda och utslag, och man riskerar att få invärtes skador om man dricker vatten med för höga toxinhalt. Risken för att giftiga cyanobakterier förekommer ökar med graden av eutrofiering (kväve-/fosforhalter). Mängden cyanobakterier är också beroende av miljöförhållanden, såsom temperatur, hy-



Figur 1. Medelvärde av Cyanobakterie-biomassan i Vombsjön i juli, augusti, september, oktober och november under de flesta åren från 1989–2016.

drodynamik, ljusintensitet och tillgänglighet av järn eller kol (Konopka, 1987; Whitto, 2007; Bakker, 2016; Jiang, 2015).

För att möta framtida utmaningar när det gäller ekosystemtjänster, såsom rent dricksvatten, är det därför viktigt att minska näringstillförseln till akvatiska ekosystem (Xu, 2010; Yuan, 2015). Fosfor anses allmänt som det begränsande näringsämnet i sötvattens ekosystem (O’Neil et al., 2012) och höga koncentrationer av P samverkar ofta med svåra cyanobakteriella blomningar i många regioner i världen, som i de stora sjöarna, USA och Taihu Lake, Kina (Patel 2017; Huang 2016). För att minska sannolikheten för HABs biomasskoncentration som skulle nå WHO’s Alert Level 1 (1 mg / l) har en total P-koncentration under 20 µg / L rekommenderats i exempelvis svenska sjöar (Li, 2017). Förutom de absoluta koncentrationerna av näringsämnen har förhållandet mellan kväve och fosfor (N: P-förhållande) ansetts vara en av huvudparametrarna vid bestämning av cyanobakteriell tillväxt (Schindler 1977; Jeppesen et al., 2006). En preliminär studie gjordes i Vombsjön i det här projektet för att utvärdera sjöns cyanobakteriesituation och hur näringsämnen påverkar cyanobakteriebildning.

## Cyanobakteriesituationen i Vombsjön

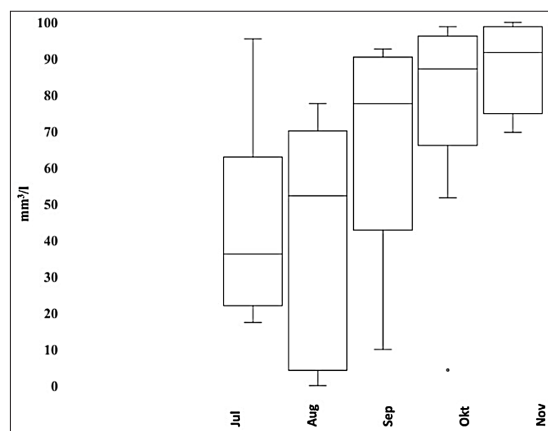
Förståelse av tidpunkten för när cyanobakterieblomningar sker är viktig för att kontrollera dem. Enligt observationer (Figur 1), behöver många månader under året följas, från juli till november. Den röda linjen visar en nivå då låg risk för blomningar föreligger. Ju senare blomningarna inträffar desto mer troligt består de av cyanobakterier. Figur 2 visar hur andelen cyanobakterier i fytoplanktongruppen ökar till nästan 100% i oktober och november. Vi behöver alltså vara uppmärksamma även på senhöstblomningar.

## Risakanalys om cyanobakterier i Vombsjön

Algblomningar inträffar nästan varje år under sommar och höst. Dessa blomningar påverkar vattenförsörjningen och turistverksamheten, bland annat. Med ledning av hur cyanobakterier undersöks i Australien kan åtgärder och analyser tillföras övervakningsprogrammet i sjön. Enligt Tabell 1 bör frekvensen och intensiteten av övervakningen i Vombsjön ökas, både under och utanför blomperioden. då risken för cyanobakteriell blomning i sjön är hög och algblomningar uppträder flera gånger per säsong

## Anledningarna till blomningar

En av de viktigaste anledningarna till blomningar med cyanobakterier är om sjöarna har tagit emot förhöjda mängder näringsämnen från jordbruk och avloppsvatten



Figur 2. Cyanobakteriernas andel av Phytoplanktongruppen.

Tabell 1. Riskmatris (Sample BGA (blue green algae) Risk Management Plan, Victoria State Government. 2017.)

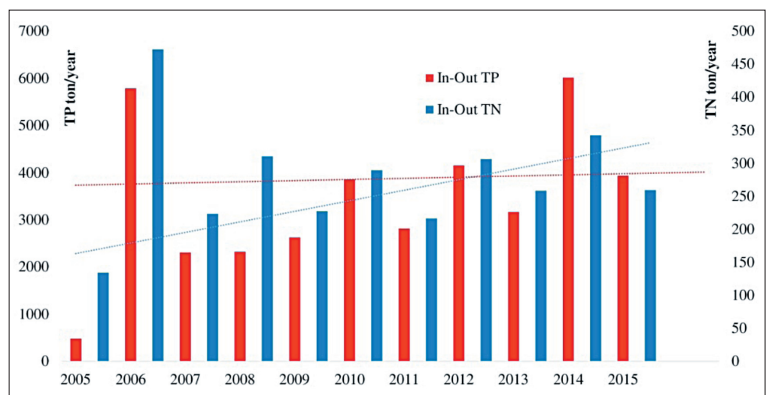
| Likelihood         | Consequences       |            |               |            |                   |
|--------------------|--------------------|------------|---------------|------------|-------------------|
|                    | Insignificant<br>1 | Minor<br>2 | Moderate<br>3 | Major<br>4 | Catastrophic<br>5 |
| A (Almost certain) | Moderate           | High       | Very High     | Very High  | Very High         |
| B (Likely)         | Moderate           | High       | High          | Very High  | Very High         |
| C (Possible)       | Low                | Moderate   | High          | Very High  | Very High         |
| D (Unlikely)       | Low                | Low        | Moderate      | High       | Very High         |
| E (Rare)           | Low                | Low        | Moderate      | High       | High              |

(WHO, 2018). Avloppsvatten och dräneringsvatten från åkermark behöver renas från närsalter, annars blir recipienten övergödd. Övergödning gör vårt vatten grönt och kan göra det giftigt. Halten näringsämnen från mark till Vombsjön för perioden 2005 till 2015 visas i Figur 3, som skillnad i mängden TN och TP vid huvudinloppet och utloppet. Den visar att Vombsjöns

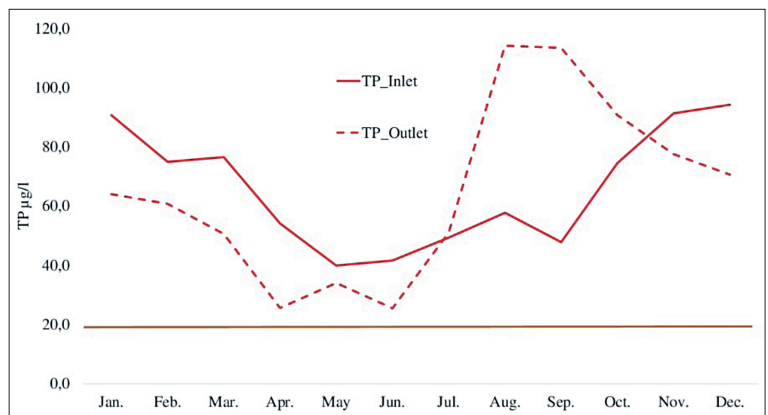
vatten fortfarande innehåller mycket höga mängder fosfor som ackumulerats under 1900-talet. I sjöns sediment finns nästan 600 ton fosfor varav mer än 200 ton är direkt biologiskt tillgängliga för cyanobakterier och alger att växa av.

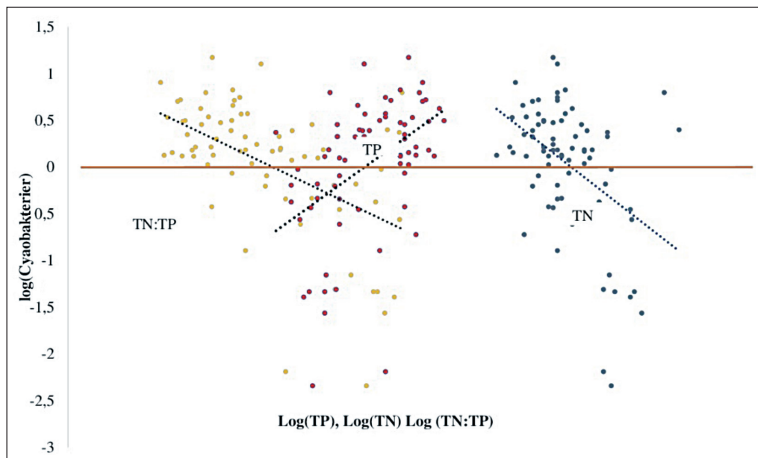
Figur 4 visar månatliga medelvärden av halten TN och TP i huvudinloppet och utloppet för Vombsjön

Figure 3. Månatliga mellanskillnade av medelvärden för TN och TP vid Vombsjöns huvudingång och utlopp från 2005–2015.



Figur 4. Månatliga medelvärden av TN och TP koncentration vid Vombsjöns huvudingång och utlopp från 2005–2015.



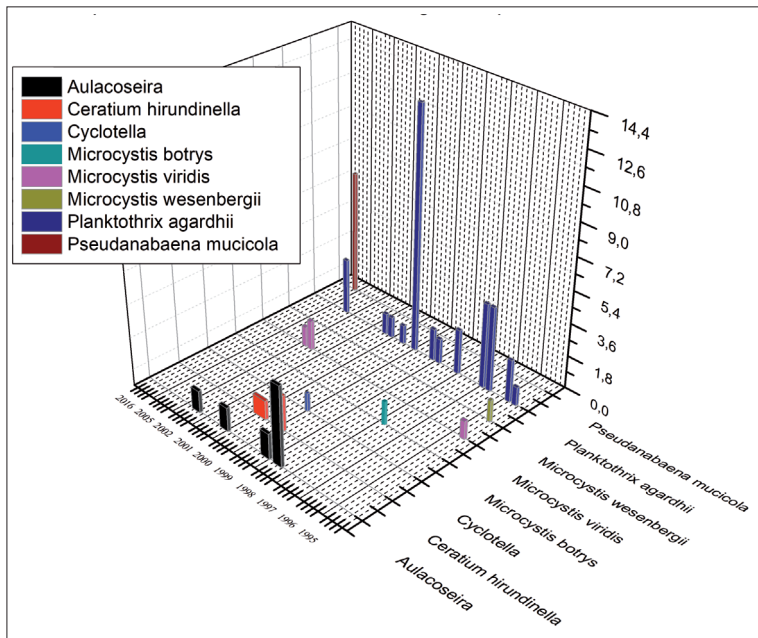


Figur 5. Relationen mellan Cyanobakterier med TP, TN och TN:TP.

2005–2015. Av figuren framgår att höga halter TP förekommer under sommaren och hösten, huvudsakligen på grund av intertransport från bottensediment. Den orange linje markerar 20 µg/L som är en TP-nivå då risken för blomningar av cyanobakterier minskar signifikant (Li, 2017).

Enligt våra tidigare undersökningar, behöver TP kontrolleras om blomningar med cyanobakterier ska hindras eftersom de själva klarar sin kväveförsörjning, då de är kvävefixerande och kan binda kväve från luften. Figur 5 visar relationen mellan cyanobakterier,

TN, TP och kvoten TN:TP. I figuren redovisas halterna som Log värden. Det som framför framgår av i figuren är att en hög nivå av TP orsakar en hög nivå cyanobakterier och vid en låg nivå kväve blir cyanobakterierna särskilt konkurrenskraftiga. Undersökningar och litteratur visar att låga TN:TP kvoter (mindre än 20) indikerar mycket goda möjligheter för höga nivåer cyanobakterier. Om halterna näringsämnen i sjön skall förhindra blomningar med cyanobakterier behöver TP minska till under 20 µg/l och TN:TP förhållandet hållas över 20.



Figur 6. Artfördelning av blomningar i augusti, september, oktober och november under 1995–2016.

## Cyanobakterieslag i vattnet

Det är viktigt att kontrollera vilka cyanobakterier som förekommer i Vombsjön. Vi måste särskilt uppmärksamma de mer frekventa och toxinbildande typerna. I Vombsjön identifieras alla arter som förekommer över i en halt över 1 mg/l. Den mest frekventa är *Planktothrix agardihii*. en ganska ny grupp av arter i Vombsjön är de som tillhör släktet *Pseudanabaena*.

*Pseudanabaena*-arterna dominerade under 2016, och bör uppmärksammas i framtiden eftersom vissa arter av *Pseudanabaena*, såsom *P. tenuis*, kan producera substanser som alstrar akut toxicitet i *Daphnia magna* och *Ceriodaphnia dubia neonates* (Olvera-Ramírez et al., 2010).

### Slutsats

För att förhindra blomningar i våra sjöar krävs mycket uppströmsarbete för att sänka halterna av näringsämnen i sjöarna (Fältström, 2017). Uppströmsarbetet undersöks för närvarande i ett större projekt delvis finansierat av Sweden Water Research (Emma Fältström, 2018). Ett tydligt mål bör vara att minska TP till under 20 µg/l och hålla kvoten TN:TP över 20. I Vombsjön behöver också specifika arter av cyanobakterier som *Planktothrix agardihii* och *Pseudanabaena* övervakas. Detta behöver göras även under senhösten för att tillräcklig kunskap om sjöns tillstånd skall finnas så att en god vattenförvaltning genomförs. Framtida arbete bör också omfatta en långsiktig mönsteranalys av vilka cyanobakterier som förekommer i sjön och en mer omfattande hydrodynamisk analys av sjön. Ett sådant arbete kommer att stödja HAB: s hantering i praktiken.

### Referenser

- Bakker, E.S., Hilt, S. (2016) Impact of water-level fluctuations on cyanobacterial blooms: options for management *Aquat Ecol* 50: 485. <https://doi.org/10.1007/s10452-015-9556-x>
- Chorus I. (2001) Introduction: Cyanotoxins – research for environmental safety and human health. In: Chorus I, editor. *Cyanotoxins – Occurrence, Causes, Consequences*. Berlin: Springer-Verlag.
- Fältström, E. (2017) Uppströmsarbete: Detektivarbete för ett renare vatten, VATTEN – Journal of Water Management and Research 73:51–52.
- Huang, L., Fang, H., He, G., Jiang, H., Wang, C. (2016) Effects of internal loading on phosphorus distribution in the Taihu Lake driven by wind waves and lake currents. *Environ Pollut*. 219:760–773. doi: 10.1016/j.envpol.2016.07.049. Epub 2016 Jul 29.
- Gustafsson, S., Rengefors, K. and Hansson, L.-A. (2005) Increased consumer fitness following transfer of toxin tolerance to offspring via maternal effects. *Ecology*. 86: 2561–2567.
- Ger, A.K., Urrutia-Cordero, P., Frost, P.C., Hansson, L.-A., Sarnelle, O., Wilson, A.E., Lürling, M. (2016) The interaction between cyanobacteria and zooplankton in a more eutrophic world. *Harmful Algae* 54: 128–144.
- Jeppesen, E., Kronvang, B., Meerhoff, M., Søndergaard, M., Hansen, K.M., Andersen, H.E., Lauridsen, T.L., Liboriussen, L., Beklioglu, M., Ozen, A., Olesen, J.E. (2009) Climate change effects on runoff, catchment phosphorus loading and lake ecological state and potential adaptations. *J Environ Qual*, 38:1930–1941.
- Jiang, H.-B., Lou, W.-J., Ke, W.-T., Song, W.-Y., Price, N.M., Qiu, B.-S. (2015) New insights into iron acquisition by cyanobacteria: an essential role for ExbB-ExbD complex in inorganic iron uptake. *The ISME Journal*, 9(2), 297–309. <http://doi.org/10.1038/ismej.2014.123>
- Konopka, A., Kromkamp, J.C., Mur, L.R. (1987) Buoyancy regulation in phosphate-limited cultures of *Microcystis aeruginosa*. *FEMS Microbiology Letters*, 45: 135–142. doi:10.1111/j.1574-6968.1987.tb02349.x
- Li, J., Persson, M.K, Pekar, H. (2017) Improving Cyanobacteria and Cyanotoxin Monitoring in Surface Waters for Drinking Water Supply, *Journal of Water Security (JWS)*.
- Olvera-Ramírez R. Centeno-Ramos, C., Martínez-Jerónimo F. (2010) Toxic effects of *Pseudanabaena tenuis* (Cyanobacteria) on the cladocerans *Daphnia magna* and *Ceriodaphnia dubia* *Pseudanabaena* toxicity on cladocerans 203 Vol. 20 No. 3.
- O’Neil, J.M., Davis, T.W., Burford, M.A., Gobler, C.J. (2012) The rise of harmful cyanobacteria blooms: The potential roles of eutrophication and climate change. *Harmful Algae* 14: 313–334, doi:10.1016/j.hal.2011.10.027
- Patel, J.K., Parshina-Kottas, Y. (2017) Miles of Algae Covering Lake Erie, *Newyork Times*, Oct. 3, 2017, <https://www.nytimes.com/interactive/2017/10/03/science/earth/lake-erie.html>
- Schindler, D.W. (1977) Evolution of phosphorus limitation in lakes. *Science* 195, 4275: 260–262.
- SWR (2018) Vi forskar om vatten, <http://www.swedenwater-research.se/author/emma-faltstrom/>
- Victoria State Government (2017) Sample BGA Risk Management Plan. Available at [www.water.vic.gov.au/\\_\\_data/assets/pdf\\_file/0032/65597/Sample-BGA-Risk-Management-Plan-2014.pdf](http://www.water.vic.gov.au/__data/assets/pdf_file/0032/65597/Sample-BGA-Risk-Management-Plan-2014.pdf)
- WHO (2017) Water-related diseases, [http://www.who.int/water\\_sanitation\\_health/diseases-risks/diseases/cyanobacteria/en/](http://www.who.int/water_sanitation_health/diseases-risks/diseases/cyanobacteria/en/)
- Xu H, Paerl H.W., Qin B, Zhu G, Hall N.S., Wu, Y. (2015) Determining critical nutrient thresholds needed to control harmful cyanobacterial blooms in eutrophic Lake Taihu, China. *Environment Science Technology*. 49(2):1051-9. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/25495555>
- Yuan, L.L. and Pollard, A.I. (2015) Deriving nutrient targets to prevent excessive cyanobacterial densities in U.S. lakes and reservoirs. *Freshw Biol*, 60: 1901–1916. doi:10.1111/fwb.12620