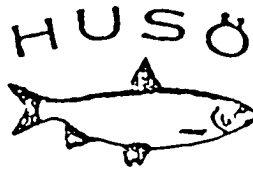


Husö
Arkivet

FORSKNINGSRAPPORT
TILL
ÅLANDS LANDSKAPSSTYRELSE



BIOLOGISKA STATION
ÅBO AKADEMI – ÅLANDS
LANDSKAPSSTYRELSE

N R 68 (1 9 8 9)

Författare: Diana Toivola¹, Jussi Meriluoto² & John Eriksson¹

UNDERSÖKNING AV FÖREKOMSTEN AV TOXISKA BLÅGRÖNALGER I
LÅNGSJÖN OCH MARKUSBÖLEFJÄRDEN

Åbo Akademi

¹Institutionen för biologi

²Institutionen för biokemi och farmaci

INNEHÅLLSFÖRTECKNING

1	INLEDNING.....	2
2	UNDERSÖKNINGSOMRÅDET.....	2
3	MATERIAL OCH METODER.....	4
3.1	Provtagning.....	4
3.2	Artbestämning.....	4
3.3	Vattenkvalitet och klorofyll a-bestämning.....	4
3.4	Toxinanalys.....	5
3.4.1	Toxinextrahering.....	5
3.4.2	Detektion med HPLC (High Pressure Liquid Chromatography).....	5
3.4.3	Toxinstandarder.....	6
4	RESULTAT OCH DISKUSSION.....	6
4.1	Långsjön.....	6
4.1.1	Vattenkvalitet.....	6
4.1.2	Artsammansättning.....	9
4.1.3	Toxinanalys.....	9
4.1.4	Diskussion.....	10
4.2	Markusbölefjärden.....	10
4.2.1	Vattenkvalitet.....	10
4.2.2	Artsammansättning.....	13
4.2.3	Toxinanalys.....	13
4.2.4	Diskussion.....	14
5	KONKLUSIONER.....	14
6	LITTERATUREFÖRTECKNING.....	15

1 INLEDNING

Sommaren 1989 undersöktes, på uppdrag av Ålands Vatten AB, förekomsten av toxiska blågrönalger i vattentäkterna för centrala Åland, Långsjön och Markusbölefjärden. Undersökningen genomfördes utgående från Husö biologiska station, med hjälp av praktikanter från stationen.

Undersökningens mål var att reda ut förekomsten av toxiska blågrönalger; främst arterna Microcystis aeruginosa och Oscillatoria agardhii. Detektion av algtoxiner skedde med högtrycksvätskekromatografi (HPLC). Undersökningen berör även dominerande växtplanktonarter samt analyserar sjöarnas vattenkemi och klorofyll a-halter.

2 UNDERSÖKNINGSOMRÅDET

De undersökta sjöarna är två av vattentäkterna för centrala Åland och Mariehamn; Markusbölefjärden och Långsjön i Finströms kommun. Sjöarna är förbundna med varandra med en grund kanal. Långsjön, som tidigare stått i förbindelse med havet och visat meromiktiska förhållanden, isolerades från havet 1972. Sjön utsötades fullständigt under de närmast följande åren. Sjön kantas av höga klippor, tät skog och åkrar. Markusbölefjärden ligger söder om byn Markusböle och kantas av skog i söder och odlingar och betesmarker i norr. (Litteraturöversikt: Wikgren 1965, Lindholm 1975, Lindholm 1982, Eriksson och Lindholm 1985, Porvari et al. 1987 och Östman 1988).

Under sommaren 1989 har vatten från Långsjöns tagits som råvatten för dricksvatten. I sjön har luftare hållits för att syresätta vattnet. Provpunkterna för undersökningen i vardera sjön representerar sjöarnas djupaste punkter. Provpunkterna framgår ur fig. 1b.

a.

Husö biologiska station

Markusbölefjärden

Långsjön

Kariehamn

10 km

b.

Markusbölefjärden

Långsjön

Figur 1 a. Långsjöns och Markusbölefjärdens läge på centrala Åland.
b. Provpunkterna i Långsjön (I) och Markusbölefjärden (II).

3 MATERIAL OCH METODER

3.1. Provtagning

Prover togs en gång per månad per sjö (Långsjön 13.6; 19.7; 9;8 och Markusbölefjärden 14.6; 20.7; 10.8). Vattenprov för vattenkvalitets-, klorofyll a- och toxinanalyser togs med en Ruttnerhämtare med en meters djupintervall från provstationerna (se fig 1).

För artbestämning av plankton togs koncentrerade planktonprov från ytvattnet med planktonhåv (maskstorlek 25 µm).

3.2 Artbestämning

Vatten- och håvprovens artsammansättning bestämdes med ett omvänt mikroskop. Bestämningen gjordes på provtagningsdagen på levande material. Artbestämningen gjordes på vatten från varje meter. De dominerande växtplanktonarterna bestämdes med speciell tyngdpunkt på blågrönalger.

3.3 Vattenkvalitet och klorofyll a-bestämning

Följande parametrar analyserades:

- siktdjup
- temperatur (°C)
- pH (SFS 3021)
- ledningsförmåga (µS/cm)
- syrehalt (mg/l, Finsk standard SFS 3040)
- klorofyll a-halten (µg/l) bestämdes genom att filtrera 200 - 300 ml vatten och extrahera filtren enligt Finsk standard SFS 3013, 1983-10-24.

Temperatur och siktdjup mättes i fält. pH, ledningsförmåga och syrehalt analyserades på Husö Biologiska station på provtagningsdagen. För klorofyll a-bestämning filtrerades vatten på provtagningsdagen, filtren frystes ned och analyserades senare.

3.4 Toxinanalys

3.4.1. Toxinextrahering

- För toxinbestämning extraherades 150 - 200 ml vatten på Whatman GF/C filter från varje meter.
- Filtren lufttorkades, frystes ned och frystorkades. Vid frystorkning elimineras vatten från proven med hjälp av vakuum och kyla.
- Filter (från varannan meter; 0, 2, 4 m o.s.v) extraherades med elueringsmedel (15% acetonitril (ACN) i 0,1 M KH_2PO_4 , pH 6,8)
Till varje filter tillsattes 1000 μl elueringsmedel; kraftig omblandning, sonikering med ultraljud (Branson B 12 badsonikator) 3 minuter, ny omblandning och sonikering 3 min.
- Proven centrifugerades 15 min. 11 000 rpm och supernatanten tillvaratogs
- Filteren extraherades en gång till enligt ovan och supernatanterna sammamfördes och filtrerades genom 0,45 μm filter
- Före HPLC körning centrifugerades proven en gång 15 min. (Meriluoto och Eriksson, 1988).

3.4.2 Detektion med HPLC (High Pressure Liquid Chromatography)

Vid användning av HPLC körs prov genom en kolonn med en viss hastighet, jon- och salthalt samt ett visst tryck. Kolonnen innehåller partiklar vilka tillåter endel ämnen passera snabbare än andra genom kolonnen. Föreningar elueras ut ur kolonnen med olika hastighet (olika retentions-tid) beroende på deras polaritet. Med hjälp av HPLC kan ämnen och föreningar lätt separeras och komponenterna kan analyseras kvalitativt och kvantitativt.

Som elueringsmedel används 15 % ACN i 0,1 M KH_2PO_4 , pH 6,8. Kolonnen som användes är modell Regis Pinkerton GFF ISRP, 25 cm. Separeringen utfördes med flödes-hastigheten 1 ml/min. som gav ett tryck på ca 100 bar. Detektionen skedde vid 238 nm. (Meriluoto och Eriksson, 1988)

Koncentrationen av toxin beräknades utgående från kromatogramtoppens höjd och area. Den använda metoden kan detektera koncentrationer ner till ca 1 μg per liter vatten.

3.4.3 Toxinstandarder

Som standarder användes samlat material av toxiska blomningar av arterna Microcystis aeruginosa och Oscillatoria agardhii. Toxiner från cyanobakteriesläktet Anabaena spp. fanns inte tillgängliga som standarder. Levertoxinerna från detta släkte påminner mycket om oscillatoriatoxinerna och elueras således ut ur kolonnen i närheten av dem.

Retentionstiden för oscillatoriatoxinerna varierar mellan 7,0 -7,5 min. P.g.a. detta användes 3 O. agardhii-standarder med olika retentionstider (Östra kyrksundet 1987, Långsjön 1987/88 (Cya 129) och från NIVAS (Norskt institutt för vannforskning) samling, Cya 29.

Retentionstiden för microcystistoxinet var kring 5,0 min. Som standard användes en toxisk M. aeruginosa från Akersvatn i Norge.

Standarderna förvarades som frystorkat algpulver. För varje HPLC-körning extraherades de på samma sätt som filtren (100 ul elueringsmedel /mg algpulver).

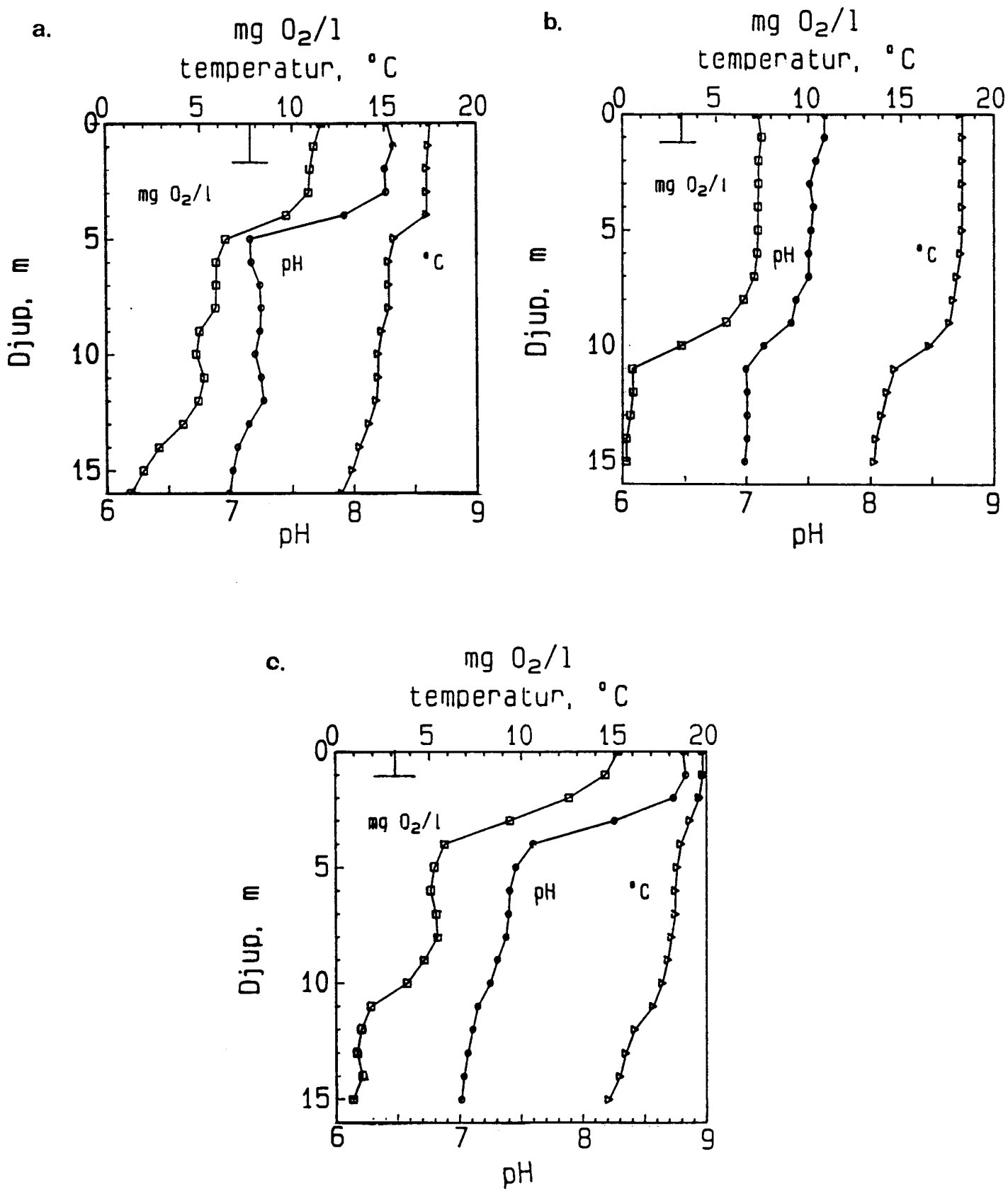
4 RESULTAT OCH DISKUSSION

4.1 Långsjön

4.1.1 Vattenkvalitet

En lätt temperaturskiktning uppträdde hela sommaren (se figur 2.) Syretillgången var i juli rätt låg och sjönk nästan till 0 mg O₂/l under språngskiktet. Ytvattnet i juni och augusti innehöll omkring 10 mg O₂/l och halten sjönk till under 5 mg/l under språngskiktet. I juni och augusti befann sig språngskiktet vid 4-5 meter medan det i juli fanns på 9-10 meters djup (figur 2).

De rätt höga syre och pH-värdena vid ytan, speciellt i augusti, återspeglar en livlig fotosyntesaktivitet ovanför språngskiktet. Ledningsförmågan varierade inte mycket mellan provtagningarna (tabell 1.).



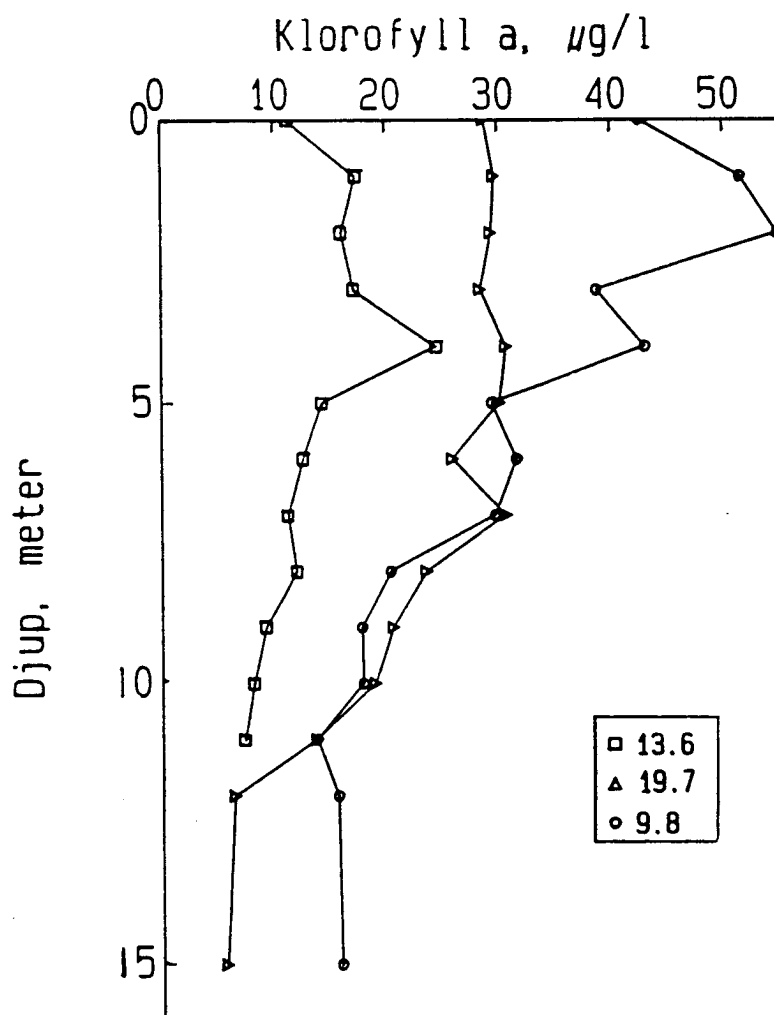
Figur 2: pH, syre, temperatur och siktdjup (åskdåliggörs av inverterat T) i Långsjön under de tre provtagningstidpunkterna; a. 13.6, b. 17.7 och c. 9.8.

Klorofyll a-halterna ökade märkbart mot slutet av sommaren (figur 3). Vid provtagningen i juni rörde sig värdena kring 10-20 μg klorofyll a/l medan det i augusti vid ytan uppmättes värden kring 40-50 $\mu\text{g}/\text{l}$. Siktdjupet försämrades längsmed sommaren, (figur 2), till följd av högre klorofyll a-halt och kraftig blomning av Anabaena spp.

Tabell 1: Ledningsförmågan i Långsjön i $\mu\text{S}/\text{cm}$. Värden är medeltal av de uppmätta värden (från en metersdjupintervall) från 0-15 meter.

Datum:	13.6	19.7	9.8

Ledningsförmåga:	310	315	315



Figur 3: Klorofyll a-halterna ($\mu\text{g}/\text{l}$) i Långsjön.

4.1.2 Artsammansättning

Växtplanktonsammansättningen i Långsjön åskådliggörs i tabell 2. Tabellen åskådliggör provpunktens artsammansättning från ytan till 12 meter eftersom de flesta arter som noterades förekom i hela vattenspeglån.

Tabell 2: Dominerande planktongrupper i Långsjön (13.6, 19.7, 9.8). De mest dominerande grupperna kommer överst i tabellen.

JUNI	JULI	AUGUSTI
Peridinium sp.	Anabaena spp.	Peridinium sp.
Dinobryon sp.	Peridinium sp.	Anabaena spp.
Microcystis aeruginosa	Cryptomonas sp.	Trachelomonas sp.
Pediastrum sp.	Trachelomonas sp.	Cryptomonas sp.
	Melosira sp.	Melosira sp.
	Aphanizomenon fl.aq.	Microcystis aeruginosa

Planktonförekomsten i Långsjön i juni var låg i jämförelse med de två följande sommarmånaderna. Dominerande alggrupp var Peridinium-arter, pansaralgerna. Rikligt förekom även Pediastrum-arter, Dinobryon samt endel kiselalger. Bland blågrönalgerna kan nämnas Microcystis aeruginosa som dock inte förekom i stora mängder.

I juli dominerades planktonsammansättningen av en kraftig Anabaena blomning. Dominerande arter var A. solitaria, A. spiroides och A. flos-aquae. Pansaralger förekom fortfarande i stora mängder.

I augusti dominerades artsammansättningen av en mycket kraftig Peridinium blomning. Dessa pansaralger förekom rikligt på varje djup. Blågrönalgbloomingen i form av Anabaena arter förekom fortfarande i stor utsträckning. Några Microcystis aeruginosa kolonier kunde också noteras. Trachelomonas- och Cryptomonas arter förekom hela sommaren i artsammansättningen.

4.1.3 Toxinanalys

Vid provtagningarna i juni, juli och augusti kunde inga toxiner från

Microcystis aeruginosa eller Oscillatoria agardhii detekteras med HPLC. I juli kunde små okända toppar av mycket låg koncentration detekteras.

4.1.4 Diskussion

Tidvis dåliga syrehalter har tidigare dokumenterats från Långsjön (Lindholm 1985). Låga syrevärden kunde även i år noteras under språngskiktet. De rätt höga syre- och pH-värdena vid ytan speciellt i augusti, återspeglar en livlig fotosyntesaktivitet ovanför språngskiktet. Detta bestyrks av de höga klorofyll a-värdena (30-55 µg/l) vid samma tidpunkt. De höga klorofyll a-värdena kan anses härstamma från de rikliga Anabaena spp. blomningen som dominerade plantonsammansättningen i sjön i juli och augusti. Klorofyll a-värdena är dock lägre än värden från 1986, då somarmedeltalet var 47,2 µg/l (Porvari et al. 1986).

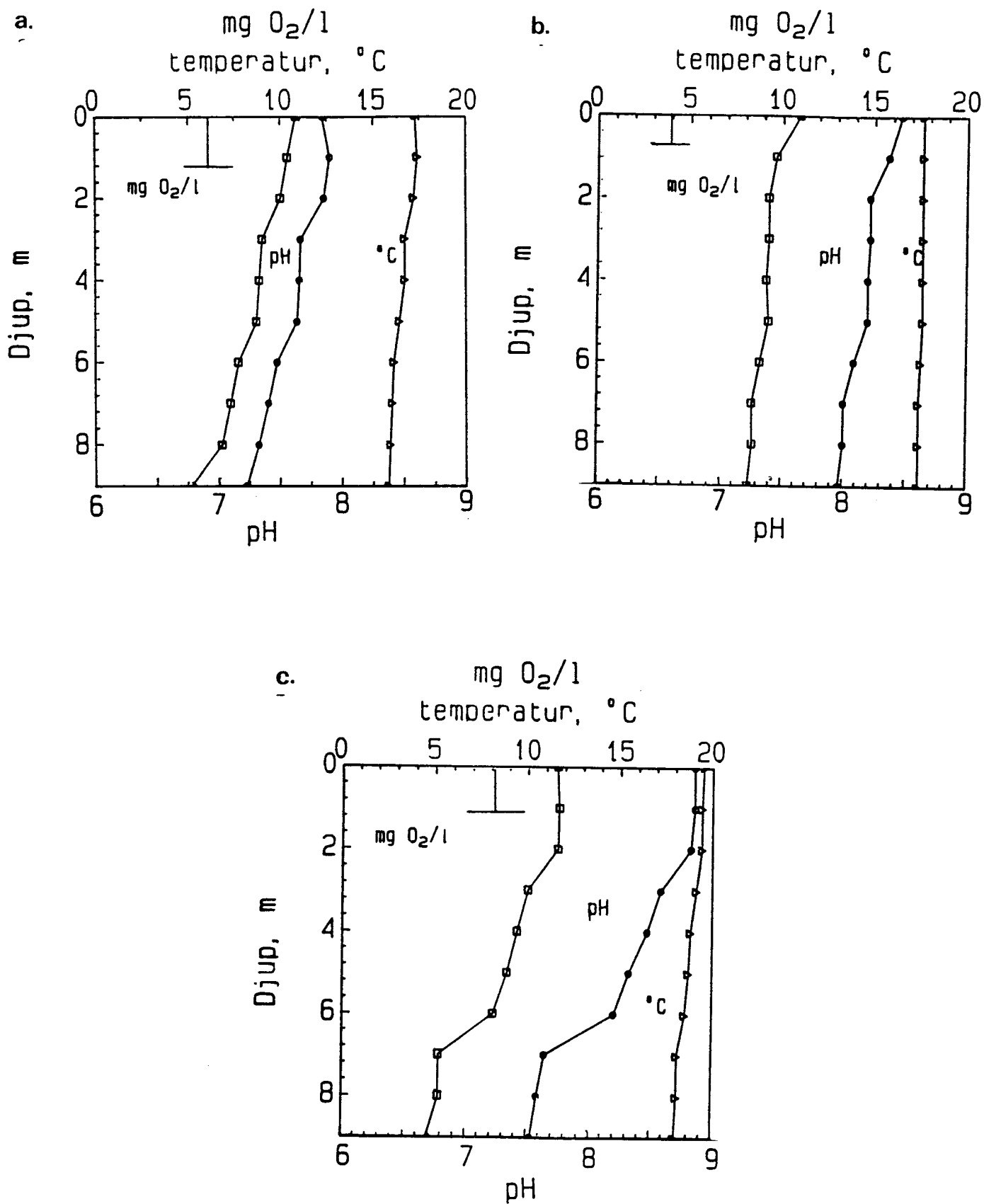
Toxiska blågrönalger har undersökts i Långsjön sen mars 1984 då en röd stam av arten Oscillatoria agardhii hittades under isen. Under följande sommar och höst hittades en grön stam av samma art. Båda dessa visade sig vara toxiska. Sedan dess har toxiska blågrönalger påträffats i Långsjön (Eriksson och Lindholm, 1985, Eriksson et al. 1986, Lindholm och Eriksson, 1989, Toivola et al. 1988). Vid undersökningen 1988 noterades små mängder, upptill 5 µg oscillatoriatoxin/l samt 2 µg microcystistoxin/l i Långsjön. Vid provtagningarna från 1989 har inga algtoxiner detekterats. Arter som tidigare varit vanliga och toxiska, ss. O. agardhii och M. aeruginosa, har under sommaren funnits i mycket sparsamma mängder och inte visat någon toxicitet.

4.2 Markusbölefjärden

4.2.1 Vattenkvalitet

Inga större temperaturskiktningar var rådande i sjön vid undersökningsperioden (figur 4). Nordliga och sydliga vindar blandar lätt om vattenmassorna i denna grunda sjö.

Syretillgången var rätt god vid alla provtagningar och nådde aldrig syrebrist vid botten (figur 4). Inget språngskikt förekom i juni och juli, medan det fanns ett svagt språngskikt i augusti vid 6-7 meter.



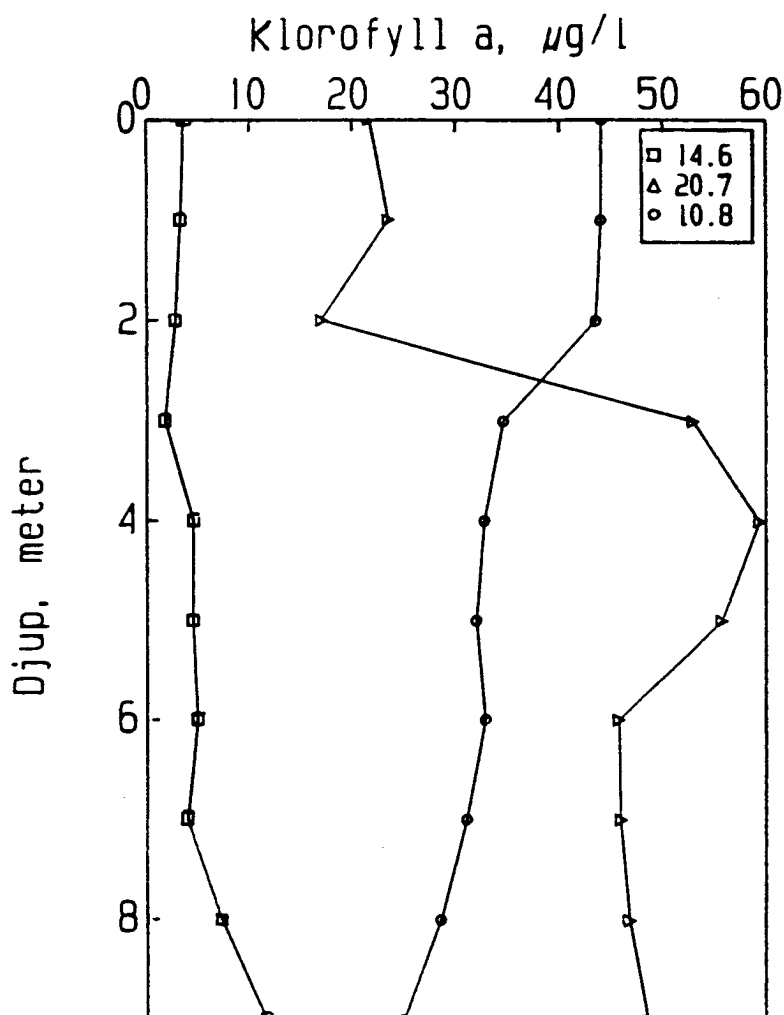
Figur 4: pH, syre, temperatur och siktdjup (åskådliggörs av inverterat T) i Markusbölefjärden vid provtagningarna. a. 14.6, b. 20.7 och c. 10.8.

Klorofyll a-halterna var i juni i Markusbölefjärden exeptionellt låga (figur 5). I juli mättes högre klorofyll a-halter på 3-5 meters djup, en topp vars orsak dock inte noterades med blotta ögat vid mikrosopering. Klorofyll a-halterna i augusti var kring 25-45 $\mu\text{g}/\text{l}$. Siktdjupet var sämst i juli. Ledningsförmågan var stabil, kring 340 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (tabell 3).

Tabell 3: Ledningsförmågan i Markusbölefjärden i $\mu\text{S}/\text{cm}$. Talen är medeltal av de uppmätta värdena (med enmetersdjupintervall) från 0-9 meter.

Datum:	14.6	20.7	10.8

Ledningsförmåga:	344	339	344



Figur 5: Klorofyll a-halterna i Markusbölefjärden.

4.2.2 Artsammansättningen

Växtplanktonsamammansättningen i Markusbölefjärden vid provpunkten åskådliggörs i tabell 4. Vid provpunkten noterades inga större skillnader på de olika djupen.

Tabell 4:

Dominerande planktongrupper i Markusbölefjärden (14.6, 20.7, 10.8)

JUNI	JULI	AUGUSTI
Peridinium sp.	Anabaena spp.	Peridinium sp.
Stephanodiscus sp.	Peridinium sp.	Anabaena spp.
Cryptomonas sp.	Stephanodiscus sp.	Microcystis aeruginosa
Trachelomonas sp.	Trachelomonas sp.	Oscillatoria agardhii
Oscillatoria agardhii	Cryptomonas sp.	Trachelomonas sp.
Microcystis aeruginosa	Melosira sp.	Cryptomonas sp.
Anabaena spp.		

14.6 var förekomsten av plankton liten i Markusbölefjärden i jämförelse med sommarmånadernas andra provtagningar. Blågrönalgerna M. aeruginosa och O. agardhii samt olika Anabaena arter förekom i sparsamma mängder i sjön. Peridinium sp. noterades också.

I juli fanns, liksom i Långsjön, en kraftig blomning av Anabaena arter. Blomningen påträffades i hela vattenspegeln, dock med en dominans i ytvattnet. Stephanodiscus-arter som hör till Eupodiscales påträffades i stora mängder. Peridinium sp. förekom även vid denna provtagning i rikliga mängder.

4.2.3 Toxinanalys

Vid provtagningarna i juni och juli kunde inga toxiner detekteras med HPLC. I augusti skönjdes en liten topp av ett oscillatoriatoxin på 2 meters djup. Toppen motsvarade omkring 1 ug toxin/l vatten, vilket kan anses som ett lågt värde. I juli och augusti detekterades även i Markusbölefjärden små okända toppar av liten kvantitet.

4.2.4 Diskussion

Syreförhållandena var rätt goda i Markusbölefjärden vid alla provtagningstidpunkter. Utgående från vattenkvalitetsundersökningarna 1988 (Östman, 1988) kunde sjön i jämförelse med analyser från 1986 (Porvari et al. 1986) klassas som eutrof i stället för hypertrof. Denna förbättring av vattenkvaliteten kan ses även 1989, då de maximala klorofyll a-värdena, ca 59 µg/l, är mycket lägre än sommarmedelvärdet från 1986, 107,2 µg/l. Klorofyll a-halterna var låga i juni, (under 10 µg/l). I juli och augusti, rörde sig värdena kring 20-60 µg/l, förhöjda p.g.a. bl.a. den kraftiga Anabaena-blomningen som då var rådande.

Förekomsten av toxiska blågrönalger har undersökts i samma utsträckning som i Långsjön (se sid 10). Vid undersökningen 1988 (Toivola et al. 1988) detekterades i juli på 6 meters djup 3 µg/l oscillatoriatoxin, medan microcystistoxin noterades i augusti i koncentrationer av 1 µg/l. Dessa två blågrönalgararter fanns i rätt stora mängder 1988. I år noterades något M. aeruginosa men mycket sparsamt med O. agardhii. Vid toxindetektionen i denna undersökning kunde endast en topp oscillatoriatoxin, motsvarande 1 µg/l, detekteras i augusti.

5 KONKLUSIONER

- Undersökningen visar att inga betydande blomningar av toxiska stammar av blågrönalgerna M. aeruginosa och O. agardhii förekom i sjöarna Markusbölefjärden och Långsjön under sommaren 1989

- Trots att båda sjöarna uppvisade en algproduktionstopp under sensommaren med åtföljande blågrönalgbloomningar, var sjöarnas genomsnittliga algproduktion inte så hög som under vissa tidigare somrar under 1980-talet. Detta trots att sommaren var varm och relativt gynnsam för algproduktionen. Samma trend kunde iakttas sommaren 1988.

- Det är ännu svårt att förutspå huruvida en reell och bestående förbättringstrend är rådande i sjöarna. För att utreda detta föreslås att återkommande undersökningar liknande denna vidtas även i framtiden. I dessa undersökningar borde även närsaltsparametrarna totalkväve och totalfosfor ingå.

6 LITTERATURFÖRTECKNING

ERIKSSON, J.E. och T. LINDHOLM. 1985. The occurrence of toxin producing cyanobacteria in two eutrophic freshwater reservoirs on Åland (SW Finland). V International symposium on photosynthetic prokaryotes. Abstract.

ERIKSSON, J.E. 1985. Förekomsten av toxinproducerande alger i sjöarna Markusbölefjärden och Långsjön. Preliminär rapport till Ålands landskapsstyrelse, 3 sid.

ERIKSSON, J.E., J. MERILUOTO och T. LINDHOLM. 1986. Can cyanobacterial peptide toxins accumulate in aquatic food chains? Proc IV ISME (International Symposium in Microbial Ecology) eds. F. Megusar och M. Gantar. sid. 655-658.

LINDHOLM, T. 1975. Utvecklingen mot holomixi i Långsjön, en meromiktisk kustsjö på Åland, efter isoleringen från havet år 1972. Vesitalous, 1/1975: 20-23.

LINDHOLM, T. 1982. Dynamics of hydrography and primary production in three stratified coastal lakes on Åland (sw Finland). Acta Acad. Abo., ser.B, Vol.42. 75 sidor.

LINDHOLM, T. och J. E. ERIKSSON. 1985. problemalger och fiskdöd i Åländska vattentäkter. Ympäristö ja terveys, 1/1985: 41-44.

LINDHOLM, T. och J.E.ERIKSSON. 1989 (in press). Limnological changes in two recently isolated lakes. Limnologica (Berlin) 21(1).

MERILUOTO, J.A.O. och J.E. ERIKSSON. 1988. Rapid analysis of peptide toxins in cyanobacteria. J.Chrom. 438:93-99.

PORVARI, P., A. VEIJANEN, och J. ERIKSSON. 1987. Vattenkvaliteten i sjöarna Markusbölefjärden, Långsjön och Dalkarbyträsk sommaren 1986. Forskningsrapport till Ålands landskapsstyrelse. Ny serie nr. 54, 21 sidor.

TOIVOLA, D., J.E. ERIKSSON och J. MERILUOTO. 1988. Förekomsten av toxiska blågrönalger i åländska insjöar. Forskningsrapport till Ålands landskapsstyrelse, Ny serie, nr. 63, 28 sidor.

ÖSTMAN, M. 1988. Vattenkvalitet och bottenfauna i åländska vattentäkter. Forskningsrapport till Ålands landskapsstyrelse. Ny serie nr. 62, 40 sidor.

WIKGREN, B-J. 1965. Salt vatten i insjöar. Husö biol. stat. medd. nr.8.

Forts.

- 32 1983 ERIKSSON, J. & LEPPÄKOSKI, E.: Bottenfaunan på Al-stationer i den åländska skärgården. - 17 s.
- 33 1983 LEPPÄKOSKI, E. & BLOMQVIST, E.: Redogörelse för verksamheten år 1982. - 16 s.
- 34 1983 BONSDORFF, E. & KARLSSON, O.: Grumlingseffekten i samband med småskaliga muddringar i skärgården. - 5 s.
- 35 1983 WEPPLING, K.: Undersökning av Bocknäs vattentäkter sommaren 1983. - 17 s.
- 36 1983 RÖNNBERG, O.: Blåstångens utbredning i den åländska skärgården 1981-82. - 8 s.
- 37 1983 RUOKOLAHTI, C.: Undersökning av tre åländska reningsverk och recipienter sommaren 1983. - 34 s.
- 38 1984 KARLSSON, O.: Odling av sikyngel i belysta nätkassar. - 19 s.
- 39 1984 LEPPÄKOSKI, E. & NYSTRÖM, R.: Verksamhetsberättelse för år 1983. - 13 s.
- 40 1984 MATTILA, J. & RÖNN, C.: Undersökning av tre åländska reningsverk och deras recipienter sommaren 1984: Degerby, Stenbro och Kastelholm. - 26 s.
- 41 1984 RUOKOLAHTI, C.: En kassodlings inverkan på påväxten i en havsvik (Eckerö) 1984. - 21 s.
- 42 1984 RÄISÄNEN, R.: Undersökning av Tjudö Storträsk och Uppsjön på Kökar samt deras tillrinningsområden sommaren 1984. - 28 s.
- 43 1985 SUOMALAINEN, S.: Inventering av Kungsöfjärden och Katthavet i Jomala i samband med uttag av bevattningstvatten 1984. - 38 s.
- 44 1985 LEPPÄKOSKI, E. & NYSTRÖM, R.: Verksamhetsberättelse för år 1984. - 12 s.
- 45 1985 ADJERS, K.: Övervakningen av tre åländska kassodlingar 1980-1985. - 34 s.
- 46 1985 RÖNN, C.: Undersökning av Toböle- och Mora träsk med tillrinningsområde, samt Hamnsunds träsk sommaren 1985. - 19 s.
- 47 1985 RUOKOLAHTI, C.: Kassodlingars inverkan på Cladophora glomerata (grönslick) i två åländska havsvikar (Järsö, Eckerö) 1985. - 14 s.
- 48 1985 ERIKSSON, J. & LINDHOLM, T.: Belastningen från Markusbölefjärdens och Långsjöns viktigaste tillflöden. - 12 s.
- 49 1986 SUOMALAINEN, S.: Effekter av vasskörd på vattentäkter. Undersökningar i Markusbölefjärden. - 27 s.
- 50 1986 RUOKOLAHTI, C.: Undersökning av vattnen kring Brännholmens fisk, Andersö. - 18 s.
- 51 1986 LEPPÄKOSKI, E., LINDHOLM, T. & ÖSTERMAN, C-S.: Verksamhetsberättelse för år 1985. - 12 s.
- 52 1986 RUOKOLAHTI, C.: Förekomsten av blåstång invid några fiskodlingar i Föglö. - 12 s.
- 53 1986 ADJERS, K.: Undersökning av Vargsundet 1986. - 18 s.
- 54 1987 PORVARI, P., VEIJANEN, A. & ERIKSSON, J.: Vattenkvaliteten i sjöarna Markusbölefjärden, Långsjön och Dalkarby träsk sommaren 1986. - 21 s.
- 55 1987 ÖSTMAN, M.: Undersökning av Godby reningsverk och markbädden i Sund sommaren 1987. - 21 s.
- 56 1987 RÖNNBERG, O., LEPPÄKOSKI, E. & ÖSTERMAN, C-S.: Verksamhetsberättelse för år 1986. - 7 s.
- 57 1987 ADJERS, K.: Miljöpåverkan från fiskodling i brackvatten på Åland. - 24 s.
- 58 1987 GRANLID, M.: Vattenkvaliteten i utloppsdiket från Ålands fiskodling. - 25 s.
- 59 1987 HENRIKSSON, S-H.: Undersökning av Tjudö Svartträsk och dess tillrinningsområde. - 30 s.

Forts. på pärmens baksida

Forts. från pärmens insida

- 60 1988 RÄISÄNEN, R.: Undersökning av Bruksviken 1986. - 20 s.
61 1988 SANDBERG, E.: Undersökning av hydrografi och bottenfauna
vid Ålands Forell 1988. - 15 s.
62 1988 ÖSTMAN, M.: Vattenkvalitet och bottenfauna i åländska
vattentäkter. - 40 s.
63 1988 TOIVOLA, D., ERIKSSON, J. & MERILUOTO, J.: Förekomsten
av toxiska blågrönalger i åländska insjöar. - 28 s.
64 1988 LAURÉN-MÄÄTTÄ, C. & RÄISÄNEN, R.: Undersökning av vatten-
miljön vid Brännholmens fisk, Andersö 1988.- 41 s.
65 1988 SANDBERG, E.: Undersökning av Bruksviken 1988. - 24 s.
66 1988 AARNIO, K. & ÖSTMAN, T.: Undersökning av kyrksunden i
Sund: vattenkvalitet, planktonsammansättning och
fiskbestånd. - 41 s.
67 1988 BLOMQVIST, E.M., LEPPÄKOSKI, E. & SANDBERG, E.: Verksam-
hetsberättelse för år 1987. - 6 s.