

Bil. 24

**Vatten och växtplankton
Samt
Algblomningens bekämpande i Norrviken
1947.**

Av Wilhelm Rodhe

Sammanställt från iscannat originaldokument: Bilaga 1

Härmed får undertecknad avge den andra och avslutande redogörelse över de på initiativ och uppdrag av Svenska Jästfabriks Aktiebolaget under 1946 och 1947 utförda undersökningarna över sjön Norrvikens vatten och växtplankton samt de under sommaren 1947 genomförda åtgärderna för att med kopparsulfat förhindra uppkomsten av algblomning i sjön. I och med detta utlåtandes avgivande betraktar jag mitt uppdrag som slutfört.

Uppsala den 26 november 1947.

Wilhelm Rodhe

I. Inledning

Under år 1947 fortsattes och avslutades de i juli 1946 påbörjades undersökningarna av sjön Norrvikens vattenbeskaffenhet och växtplankton (se första utlåtandet, angivet i december 1946, i det följande betecknas detta som ”Del I”, nedan föreliggande skrift kallas ”Del II”). Vid deras utförande användes samma metoder som tidigare (del I s.1). Beträffande analys av kopparhalten och kvantitativa bestämmningar av de viktigaste fytoplankternas förekomst utökades arbetsprogrammet. En närmare redogörelse återfinnes nedan (s.18 och 25).

De limnologiska undersökningarnas primära syfte var att klarlägga förutsättningarna för och effekten av en kopparbehandling av hela sjön. Den första tillsatsen av kopparsulfat ägde rum den 4-5 juni 1947, den upprepades under sommaren vid tre olika tillfällen. Tillsatsen av kopparsulfat hade en verkan, som helt motsvarade förväntningarna (Del I s. 31). Varken under sommaren eller hösten 1947 uppträdde nämligen, till skillnad från tidigare år, yt blommande planktonalger i sådan frekvens att obehag vållades, i regel saknades yt blomningen helt. Det råder ingen tvekan om att förtjänsten härför helt tillkommer kopparbehandlingen. Under den ovanligt varma sommaren förelåg nämligen annars särskilt gynnsamma förutsättningar för en mycket hög *Microcystis*-produktion och en sådan uppträdde också i grannsjöarna t.ex. i Edssjön, till vilken Norrviken avrinner.

I stället för planktoncyanofyterna uppnådde grönalger (såsom avsetts, jfr Del I s.31-32) under sommaren 1947 en produktion av en omfattning, som säkerligen aldrig tidigare förekommit i sjön.

I synnerhet arter tillhörande släktena *Pediastrum*, *Scenedesmus* och *Ankistrodesmus* förekommo i koncentrationer av storleksordningen 10^6 kolonier per liter. Trots detta invercade dessa alger icke (ur vare sig praktisk eller estetisk synpunkt) ofördelaktigt på vattnets beskaffenhet. I motsats till *Microcystis*aggregaten äro nämligen dessa algers kolonier mikroskopiskt små och de kunna icke – vilket är den väsentliga fördelen i detta sammanhang – som *Microcystis* flyta upp till vattenytan och där bilda "vattenblomning". Trots deras höga produktion vållades därför inga obehag, utan vattnet var tvärtom något genomskinligare än tidigare. Därtill kom som en avsevärd vinst ur hygienisk synpunkt, att grönalgerna genom sin livliga assimilationsverksamhet ökade vattnets syrehalt åtskilligt över värdet för den aktuella mättnaden. Emedan Norrvikens syrgashållning främst på grund av de kommunala avloppsvattnen är mycket ansträngd (Del I. s.13), måste denna effekt av den företagna kopparbehandlingen anses vara särskilt värdefull.

Med det här framlagda utlåtande avslutar jag mitt på uppdrag av Svenska Jästfabriks Aktiebolaget utförda arbete. Jag önskar då framföra mitt tack för det stora förtroende och det utomordentliga stöd som jag under arbetets gång alltid åtnjutit. I första hand riktar sig detta tack till undersökningarnas och kopparsulfatbehandlingsens initiativtagare, överingenjör Henry Brahmer. Utan hans medverkan och synnerligen positiva intresse skulle de nu avslutade arbetena varken ha kommit till eller ha kunnat genomföras på det sätt som skett. Det är främst hans förtjänst att undersökningarna kunde läggas upp på så bred basis, att även frågor av mera teoretisk art kunde beaktas, varigenom resultatet av rent vetenskapligt intresse kunnat erhållas.

Den tyngsta arbetsbördan har vilat på Jästfabrikens centrallaboratorium i Rotebro. Det stora flertalet av undersökningarna på sjön samt praktiskt taget alla kemiska arbeten ha utförts av laboratoriets chef, fil.lic. Georg Menzinsky, samt laboratorieassistenten fru Sundblad. Det har härvid icke endast varit frågan om rutinarbeten, ty i flera fall, t.ex. vid analys av kopparhalten i sjövattnen, tillstötte oväntade metodiska svårigheter som måste övervinnas.

För att få en uppfattning om det kvantitativa förändringarna av sjöns växtplankton efter kopparsulfatbehandling måste under sommaren 1947 räkningar av de viktigaste planktonalgerna företagas. Dessa ha utförts av ingenjör T. Ståhle, som därvid nedlagt ett betydande och mödosamt arbete.

Den tekniska utformningen av anordningarna för sjöns kopparsulfatbehandling har handhavts av ingenjör H. Andrén, som även varit ledare för själva utredningarna.

Beräkningarna av lämpliga koppardoser m.m. ha möjliggjorts genom en av kommandörkaptenen Curt Årfelt (på uppdrag av Svenska Jästfabriks Aktiebolaget) i februari 1947 upprättad djupkarta över Norrviken (med nära 500 angivna djupvärden) och det grundval av karta erhållna volumetriska siffermaterialalet.

Professor H. Skuja, Uppsala, har bearbetat färskas planktonprov och upprättat förteckningar över de i Norrviken förekommande planktonalgerna med samtidig uppskattning av deras ungefärliga frekvens

Till samtliga här nämnda personer, vilka alla medverkat vid undersökningarna av Norrvikens vatten och växtplankton och vid bekämpandet av sjöns algblomning som dom därför ha del i de här framlagda resultaten, ber jag att få framföra mitt tack för ett för...

Anmärkning vid sida 30:

Vid fortsatta och mera omfattande försöksserier över inverkan av olika CU-koncentrationer på tillväxten av *Pediastrum Boryanum*, *P. duplex* och *P. biradiatum* samt *Scenedesmus quadricauda* i renkultur kunde någon positiv effekt av de lägsta koncentrationerna icke iakttagas. Det preliminära resultatet i denna riktning måste därför avvisas såsom betingat av andra och tillfälliga orsaker.

Däremot har jag kunnat göra den intressanta iakttagelsen, att koppelens hämmande effekt i viss utsträckning är beroende av algkulturens ålder och cellkoncentration: om tillsatserna görs samtidigt med ympningen, ligger den lägsta effektivt hämmande koncentrationen betydligt lägre, än vad den gör om Cu-tillsatserna ske till snabbt växande kulturer. För *Pediastrum*-arterna hejdades tillväxten i förra fallet fullständigt redan av $20\mu\text{g Cu/lm}$ i senare fallet först vid $\text{Cu} > 100\mu\text{g/l}$. *Scenedesmus quadricauda* visade sig vara mindre kopparkänsligt än *Pediastrum*: om koppelens tillsatts samtidigt med algerna, växte dessa oförminskat upp till $100\mu\text{g Cu/l}$ (fullständig hämning vid $250\mu\text{g/l}$). För att helt hejda förökningen i en snabbt tillväxande *Scenedesmus*-kultur erfordrades icke mindre än $1000\mu\text{g Cu/l}$. Allt detta tyder på, att icke endast Cu-koncentrationen i vattnet utan kanske ännu mer Cu-mängden per cell är av betydelse för tillväxthämningens omfattning.

W.R.

(januari 1948)

bil. 24

Vatten och växtplankton
samt
algbloomingens bekämpande i Norrviken 1947.

Av
Wilhelm Rodhe

Härmed får undertecknad avge den andra och avslutande redogörelsen öfver de på initiativ och uppdrag av Svenska Jästfabriks Aktiefelaget under 1946 och 1947 utförde undersökningarna öfver sjöna Norrvikens vatten och växtplankton samt de under sommaren 1947 genomförda åtgärderna för att med kopparsulfat förhindra uppkomsten av en algblooming i sjön. I och med detta utlåtandes avgivande betraktar jag mitt uppdrag som slutfört.

Uppsala den 26 november 1947.

Wilhelm Rodhe.

Innehållsförteckning.

	sid.
I. Inledning.....	1
II. Miljöfaktorerna i Norrviken år 1947.....	4
A. Förhållandena under isen.....	4
B. Förhållandena under vegetationsperioden	100
III. Besprutningarna med kepparsulfat.....	16
IV. Keppartillsatsernas inverkan på fytoplankton- produktionen.....	22
V. Diskussion.....	28
VI. Tabeller (nr 1-27)	Bilaga 1
VII. Diagram och fotografier (fig. 1 - 15)	Bilaga 2

I. Inledning.

Under år 1947 fortsattes och avslutades de i juli 1946 påbörjade undersökningarna av sjön Norrvikens vattenbeskaffenhet och växtplankton (se första utlåtandet, avgivet i december 1946; i det följande betecknas detta som "Del I", medan föreliggande skrift kallas "Del II"). Vid deras utförande användes samma metoder som tidigare (del I s. 1). Beträffande analys av kopparhalten och kvantitativa bestämningar av de viktigaste fytoplankternas förekomst utökades arbetsprogrammet. En närmare redogörelse härför återfinnes nedan (s. 18 och 25).

De limnologiska undersökningarnas primära syfte var att klarlägga förutsättningarna för och effekten av en kopparbehandling av hela sjön. Den första tillsatsen av kopparsulfat ägde rum den 4 - 5 juni 1947; den upprepades under sommaren vid tre olika tillfällen. Tillsatsen av kopparsulfat hade en verkan, som helt motsvarade förväntningarna (Del I s. 31). Varken under sommaren eller hösten 1947 uppträdde nämligen, till skillnad från tidigare år, ytblommade planktonalger i sådan frekvens att obehag vållades; i regel saknades ytblomningen helt. Det råder ingen tvekan om att förtjänsten härfür helt tillkommer kopparbehandlingen. Under den ovanligt varma sommaren förelåg nämligen annars särskilt gynnsamma förutsättningar för en mycket hög *Microcystis*-produktion och en sådan uppträdde också i grannsjöarna, t.ex. i Ede sjön, till vilken Norrviken avrinner.

I stället för planktoncyanofycererna uppnådde grönalgerna (såsom avsetts, jfr Del I s. 31-32) under sommaren 1947 en produktion av en omfattning, som säkerligen aldrig tidigare förekommit i

sjta. I synnerhet arter tillhörande släktena *Pediastrum*, *Scenedesmus* och *Ankistrodesmus* förekomma i koncentrationer av steriiskaordningen 10^6 kolonier per liter. Trots detta inverkar dessa alger icke (ur vare sig praktisk eller estetisk synpunkt) ofördelaktigt på vattnets beskaffenhet. I notats till *Microcystis*-aggregaten äro nämligen dessa algers kolonier mikroskopiskt små och de kunna icke - vilket är den väsentliga fördelen i detta sammanhang - som *Microcystis* flyta upp till vattenytan och där bilda "vattenbläsning". Trots deras höga produktion vållades därför inga obehag, utan vattnet var tvärtom något genomskinligare än tidigare. Därtill kan som en avsevärd vinst ur hygienisk synpunkt, att grönalgerna genom sin livliga assimilationsverksamhet skade vattnets syrgashalt åtkilligt öfver värdet för den aktuella mätningen. Emedan Norrvikens syrgashållning främst på grund av de kommundes avloppsvattnen är mycket ansträngd (Del I s. 13), måste denna effekt av den företagna kopparbehandlingen anses vara särskilt värdefull.

Med det här framlegda utlåtandet avslutar jag mitt på uppdrag av Svenska Jästfabriks Aktiebolaget utförda arbete. Jag önskar då framföra mitt tack för det stora förtroende och det utomordentliga stöd som jag under arbetets gång alltid åtnjutit. I första hand riktar sig detta tack till underredningarna och koppar-sulfatbehandlingen Initiativtagare, Överingenjör Henry Brauner. Utan hans medverkan och synnerligen positiva intresse skulle de an avslutade arbetena varken ha kommit till eller ha kunnat genomföras på det sätt som skett. Det är främst hans förtjänst att underredningarna kunde ligga upp på så bred basis, att även frågo av mera teoretisk art kunde beaktas, varigenom resultat av rent vetenskapligt intresse ha kunnat erhållas.

Den tyngsta arbetsbördan har vilat på Jämfabrikens centrallaboratoriet i Botebro. Det stora flertalet av undersökningarna på sjöns samt praktiskt taget alla kemiska arbeten ha utförts av laboratoriets chef, fil. lic. Georg Hennings, samt laboratoriesassistenten fru Sundblad. Det har härvid icke endast varit frågan om rutinarbeten, ty i flera fall, t.ex. vid analys av kopparhalten i sjövattnet, tillstötte, oväntade metodiska svårigheter som måste övervinnas.

För att få en uppfattning om de kvantitativa förändringarna av sjöns växtplankton efter koppartillförseln måste under sommaren 1947 utövningar av de viktigaste planktonalgenas företagas. Dessa ha utförts av ingenjör E. Ståhle, som därvid nedlagt ett betydande och mödosamt arbete.

Den tekniska utformningen av anordningarna för sjöns kopparsulfatbehandling har handhavts av ingenjör H. André, som även varit ledare för själva utspridningarna.

Övermåttningar av lämpliga koppardoser m.m. ha möjliggjorts genom en av kommandörkapten Curt Årfelt (på uppdrag av Svenska Jämfabrikens Aktiebolaget) i februari 1947 upprättad djupkarta över Norrvisken (med näst 500 angivna djupvärden) och det på grundval av denna karta erhållna volimetriska skiftematerialet.

Professor H. Stafa, Uppsala, har bearbetat första planktonprov och upprättat förteckningar över de i Norrvisken förekommande planktonalgenas med snäll hjälp uppskattning av deras ungefärliga frekvens.

Till samtliga här nämnda personer, vilka alla ha medverkat vid undersökningarna av Norrviskens vatten och växtplankton och vid bekämpandet av sjöns algblooming och som därför ha del i de här framlagda resultaten, ber jag att få framföra mitt tack för ett för

Anmärkning till sida 30:

Vid fortsatta och mera omfattande försöksserier över inverkan av olika Cu-koncentrationer på tillväxten av *Pediastrum Boryanum*, *P. duplex* och *P. biradiatum* samt *Scenedesmus quadricauda* i renkultur kunde någon positiv effekt av de lägsta koncentrationerna icke iakttagas. Det preliminära resultatet i denna riktning måste därför avvisas såsom betingat av andra och tillfälliga orsaker.

Däremot har jag kunnat göra den intressanta iakttagelsen, att kopparens hämmande effekt i viss utsträckning är beroende av alg-
och cellkoncentration/
kulturens ålder: om tillsatserna göras samtidigt med ympningen, ligger den lägsta effektivt hämmande koncentrationen betydligt lägre, än vad den gör, om Cu-tillsatserna ske till snabbt växande kulturer. För *Pediastrum*-arterna hejdades tillväxten i förra fallet fullständigt redan av 20 μg Cu/l, i senare fallet först vid Cu > 100 μg /l. *Scenedesmus quadricauda* visade sig vara mindre kopparkänslig än *Pediastrum*: om kopparen tillsatts samtidigt med algerna, växte dessa oförminskat upp till 100 μg Cu/l (fullständig hämning vid 250 μg /l). För att helt hejda förökningen i en snabbt tillväxande *Scenedesmus*-kultur erfordrades icke mindre än 1000 μg Cu/l. Allt detta tyder på, att icke endast Cu-koncentrationen i vattnet utan kanske ännu mera Cu-mängden per cell är av betydelse för tillväxthämningens omfattning.

W.R.

(januari 1948)