

2000-10-19

Utvärdering av biologiska förhållanden i metallförorenade sjöar i Gladhammarområdet 1992-94 med användande av Bersbosjöar och opåverkade sjöar som jämförelsebas.

Göran Lithner, Einar Hörnström
ITM

1. Bakgrund och uppdrag

Det är väl känt att gruvavfall från den nedlagda koppar-och kobolt gruvan i Gladhammar medför omfattande läckage av metaller (Cu, Co, Pb och Fe) till den närbelägna Tjursbosjön. Dessa föroreningar påverkar också nedströms liggande sjöar som Ekenässjön, Kyrksjön och Maren i nu nämnd ordning. Mätningar som utfördes 1992 visade att kopparhalterna i sjösediment var mycket höga i Tjursbosjön ($M_v=8630 \mu\text{g/g TS}$) och även i nedströms belägna sjöar där halten minskade successivt i Ekenässjön ($1423 \mu\text{g/g TS}$), Kyrksjön ($557 \mu\text{g/g TS}$) och Maren ($40-87 \mu\text{g/g TS}$) (Johansson & Willaredt 1992). Vattnets kopparhalt var i Tjursbosjön $77 \mu\text{g/l}$ och i nedströms liggande sjöar $20 \mu\text{g/l}$, $10 \mu\text{g/l}$ respektive $<1-3 \mu\text{g/l}$. Liknande men något lägre halter av metaller i vatten och sediment uppmättes 1992-94 av ITM.

Kinsten (1990) ansåg att metallföroreningar i Tjursbosjön kunde vara orsaken till varför glacialrelikta kräftdjur saknas i denna sjö som är förhållandevis djup och belägen under den högsta kustlinjen och därför borde ha glacialrelikter (Kinsten 1990). Även avsaknaden av vitfisk (mört m m) har påtalats för Tjursbosjöns del (Johansson & Willaredt 1992).

ITM har bedrivit biologiska undersökningar i ett antal olika gruvområden, däribland Gladhammar, som studerats både i regionalt perspektiv och i lokalt perspektiv (Bersbo). Eftersom även Gladhammar ingår i dessa undersökningar har vi blivit ombedda att sammanställa biologiska data som kan vara belysande för behovet av åtgärder i detta område. Till vår hjälp har vi haft ett relativt omfattande *jämförelse* material från andra gruvområden och bakgrundsområden, vilket gör det möjligt att sätta in Gladhammar i ett större sammanhang. Bedömningen av biologiskt status omfattar växtplankton, djurplankton och bottenfauna (på grunda mjukbottnar) och inbegriper därigenom en stor del av ekosystemet.

Följande redovisning berör i första hand Tjursbosjön och Ekenässjön samt i någon mån Kyrksjön och Maren. Dessa sjöar har jämförts med referenssjöar och med metallpåverkade sjöar i Bersbo-området, där man 1988 genomförde åtgärder mot läckande gruvavfall. Åtgärderna hade fram till 1992-94 medfört en halvering av metallhalterna (Cu, Zn) i sjövatten¹.

¹ Bersbojöarna är större ($4,8-27,6 \text{ km}^2$) och djupare ($33-70 \text{ m}$) än Gladhammarsjöarna. Vattenomsättningen är långsam ($2-14 \text{ år}$) vilket även är fallet i Tjursbosjön ($4,6 \text{ år}$) och Ekenässjön ($2,2 \text{ år}$). Maren har extremt snabb vattenomsättning ($0,03 \text{ år}$) p g a Botorpsströmmen. Metaller från gruvavfallet i Bersbo belastar i tur och ordning sjöarna Risten, Såken, Borken och Yxningen. Halterna i sjövatten av Cu, Pb och Co är högre i Tjursbosjön och Ekenässjön än i Risten och Såken, medan halterna av Zn är högst i sistnämnda sjöar. I Yxningen ligger halterna av metaller i närheten av naturliga bakgrundshalter. Sjöarna har påtagligt humösare karaktär i Gladhammar än i Bersbo.

Bilaga 1

2. Provtagning och metodik

De undersökta sjöarnas belägenhet framgår av karta. Provtagning har skett centralt i sjöarna eller vid markerade punkter (Fig. 1). Vattenkemiska prover samt klorofyll a har tagits på ca 0.3 meters djup. 1992-93 togs även fytoplankton på detta djup, medan djurplankton håvades vertikalt från ca 15 meters djup, dels med maskstorlek 75 μm (diam=27 cm), dels med 25 μm -håv för insamling av smärre rotatorier. I Maj - September 1994 utfördes integrerade provtagningar av växtplankton med Rambergrör där även djurplankton i vattenskiktet 0 -16 m insamlades för kvantitativ analys.

Kemisk/fysikaliska analyser har i huvudsak följt svensk Standard, medan analys av växtplankton och djurplankton utförts med beprövad teknik med hjälp av reverterat mikroskop respektive lupp, där förekommande taxa har identifierats och kvantifierats.

Bottenfaunaprover togs med Ekmanhuggare (1/33 m^2). Vid sällning användes nät med 0,6 mm maskstorlek. Proverna plockades färskt mot vit bakgrund vid 4 ggr förstoring. Djuren klassificerades, räknades samt vägdes med 0,01 mg noggrannhet efter 5-10 sek avfuktning på filterpapper. Provtagningen ägde mestadels rum på 3-5 m djup i slutet av april. Provtagningen omfattade i Tjursbosjöns NO, NV och SO delar (N=3, 5, 3), Ekenässjöns N och S delar (N=6, 6) samt Marens N och S delar (N=6, 10). Förekommande vegetation avskiljdes och vägdes i vått skick (Bilaga 1).



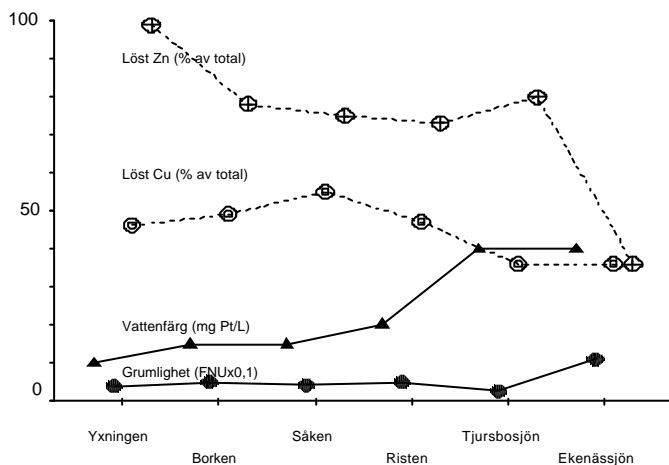
Figur 1. Undersökningsområde

3. Resultat och diskussion

3.1. Vattenkemi

De undersökta sjöarna är ej försurade, utan har normala och ibland relativt höga pH-värden (Bersbosystemet) i jämförelse med svenska sjöar i allmänhet. Det organiska innehållet i sjövattnen, särskilt humus (av betydelse för metalltoxicitet) är relativt betydande i Gladhammar med färgtal på uppemot 50 mg Pt/l, medan Bersbosystemets sjöar i stort sett saknar humusämnen (Fig. 2). Högre vattenfärg kan också vara en viktig orsak till det lägre siktdjupet i Gladhammar jämfört med Bersbo (Fig. 9).

Halten av närsalter, särskilt fosfor, styr den biologiska produktionen. Totalfosforhalten varierar i huvudsak mellan 1 och ca 20 $\mu\text{g/l}$ i oligotrofa sjöar, en kategori som klart dominerar i Sverige. Inom detta koncentrationsintervall återfinns de studerade sjöarna där Tjursbosjön och referenssjön Yxningen har de lägsta halterna medan Risten och referenssjöarna Taggen och Önn hade betydligt högre halter (Fig. 6 Bil. 2), vilket är väsentligt att observera när man jämför artantalet, eftersom inte bara algvolymen utan också artantalet inom vissa gränser ökar med näringsnivån.



Figur 2. Vattenfärg, grumlighet och metallers löslighet (dialyserbarhet) i sjövattnen i Gladhammar och Bersbo maj-sep 1994 (Mv).

Kopparhalten i vatten och sediment var i Tjursbosjön och Ekenässjön 5-50 gånger *högre* än den var i Risten och Såken (Fig. 4 Fig. 10), medan zinkhalten var 1-5 gånger *lägre* i Gladhammar (Fig. 3).

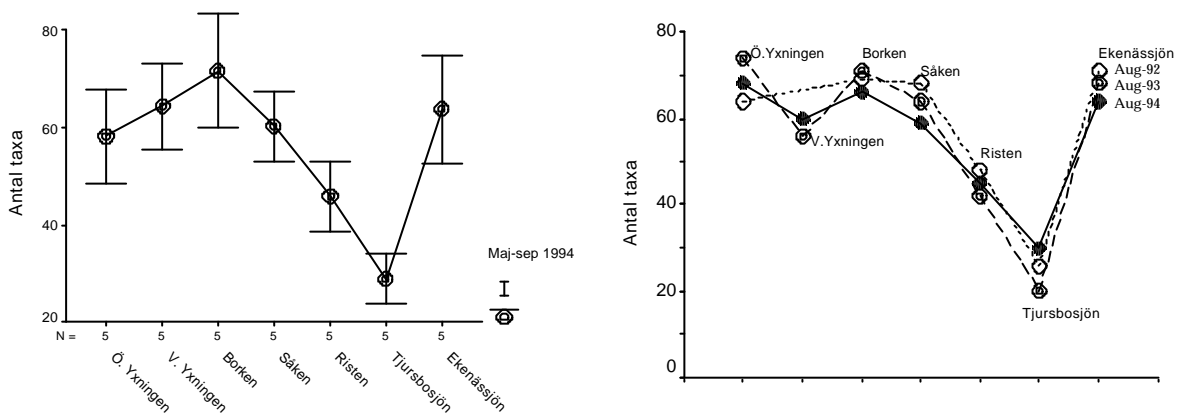
Tjursbosjön kännetecknas av höga halter av kobolt i vatten (15 $\mu\text{g/l}$) och sediment (500-1200 $\mu\text{g/g}$ TS). Även halten av bly i sediment var påfallande hög i Tjursbosjön (600-1400 $\mu\text{g/g}$ TS). Blyhalten i vatten var absolut mätt låg (1-2 $\mu\text{g/l}$) men var ändå väsentligt högre än i Risten och Såken (0,04-0,1 $\mu\text{g/l}$).

Bilaga 1

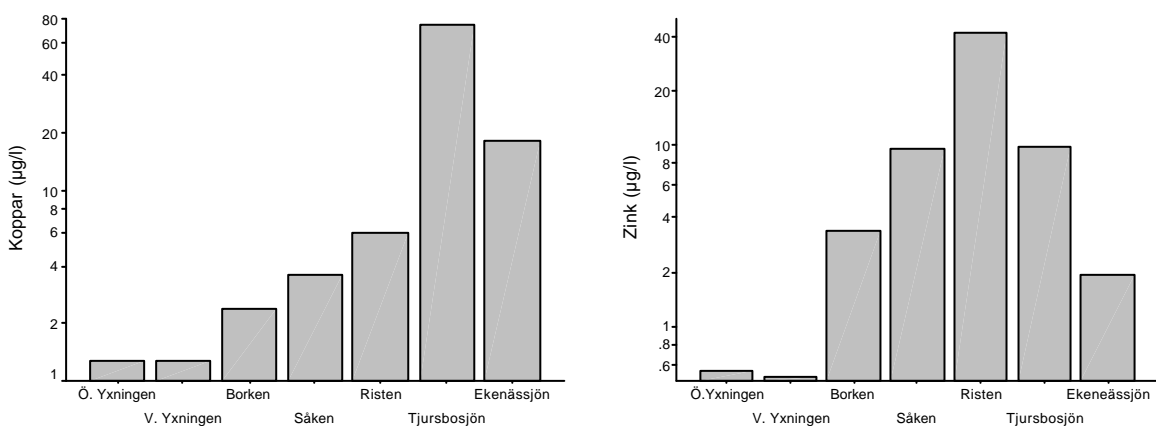
3. 1 Växtplankton

Det totala antalet taxa av växtplankton var påtagligt lägre i Tjursbosjön än i övriga studerade sjöar (Bil. 2a-b) och påverkan noterades även i Risten (Bersbo) vid ca $6 \mu\text{g Cu/l}$ (Fig. 3). I Tjursbosjön noterades c 25 taxa och i Risten c 45 taxa, vilket motsvarade ungefär 35 % respektive 65 % av normalvärdena i opåverkade sjöar.

Sjö-jämförelsen i Bilaga 2a-b ger vid handen att även artrikedomen i Ekenässjön är påverkad. Det totala antalet taxa i denna sjö var emellertid, inklusive oidentifierade monader, något högre än det här angivna, och det är således tveksamt om metalleffekter på växtplankton föreligger, trots hög totalhalt av koppar. Biotester med grönalgen *Selenastrum* 1993 indikerade inte heller förekomst av fria Cu-joner i toxiska koncentrationer (se bifogat manus).



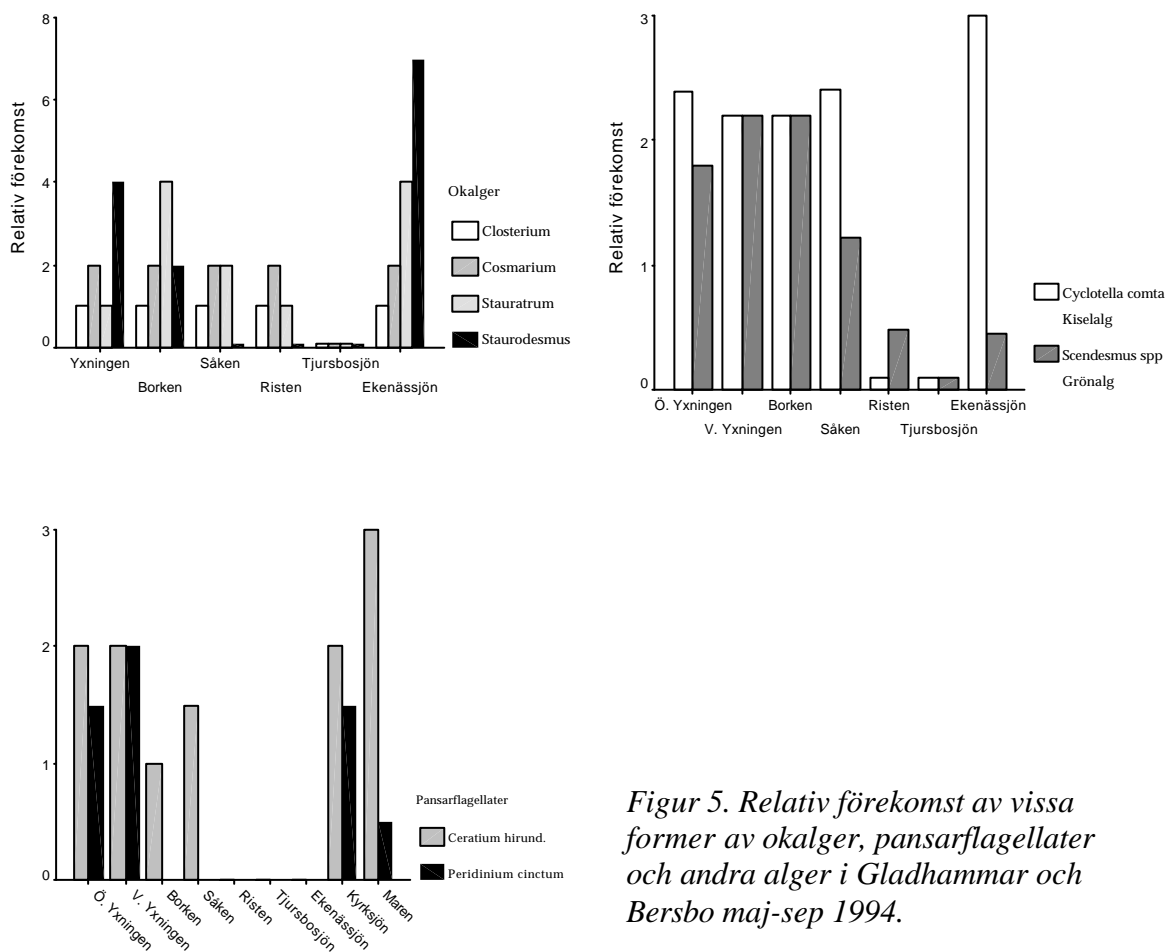
Figur 3. Antal växtplankton taxa i Gladhammar och Bersbo i maj-sep 1994 ($Mv \pm 95\% K.I.$) resp. aug 1992-1994.



Figur 4. Genomsnittliga totalhalter av koppar och zink i sjövattnet maj-september 1994 i Gladhammar och Bersbo.

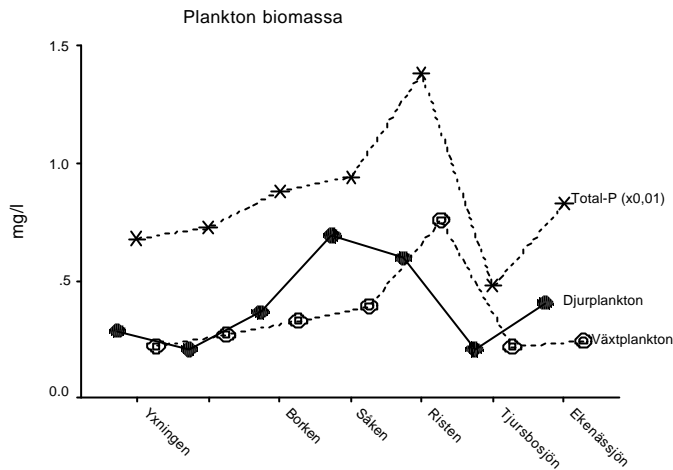
Antalet taxa var i stort sett omvänt korrelerat mot vattnets kopparhalt, med undantag för Ekenässjön där antalet taxa var högt samtidigt som kopparhalten var hög (Fig. 4). Diskrepansen kan tänkas bero på att Ekenässjön hade högre humushalt och grumlighet jämfört med Bersbo, vilket kan ha medfört ökad komplexbindning och minskad biotillgänglighet hos koppar (Fig. 2). Även lägre zinkhalter kan bidra till ökad artrikedom i Ekenässjön jämfört med Risten och Såken (Fig. 4) medan nävaron av kobolt (0,5 µg/l) kan tänkas ha en viss stimulerande effekt på vissa arter i Ekenässjön.

Bland huvudgrupperna, saknades i Tjursbosjön cyanobakterier (Cyanophyceae), okalger (Conjugatophyceae) och i stort sett kiselalger (Bacillariophyceae) (Bil. 2). En jämförelse av sjöar med varierande kopparhalter visar att även arter av gruppen pansarflagellater (Dinophyceae) minskar med stigande halt av koppar (Fig. 5). Bland okalgerna saknades *Closterium*, *Cosmarium*, *Staurastrum* och *Staurodesmus* helt i Tjursbosjön medan de fanns t ex i Risten (Fig. 5). Den vanligt förekommande pansarflagellaten *Ceratium hirundinella* saknades helt i Tjursbosjön och Risten medan den fanns i Såken om än i deformerat skick. Även kiselalgen *Cyclotella comta* och grönalgen *Scenedesmus*, saknades nästan helt i Tjursbosjön och Risten men var annars vanligt förekommande (Fig. 5).



Figur 5. Relativ förekomst av vissa former av okalger, pansarflagellater och andra alger i Gladhammar och Bersbo maj-sep 1994.

Bilaga 1

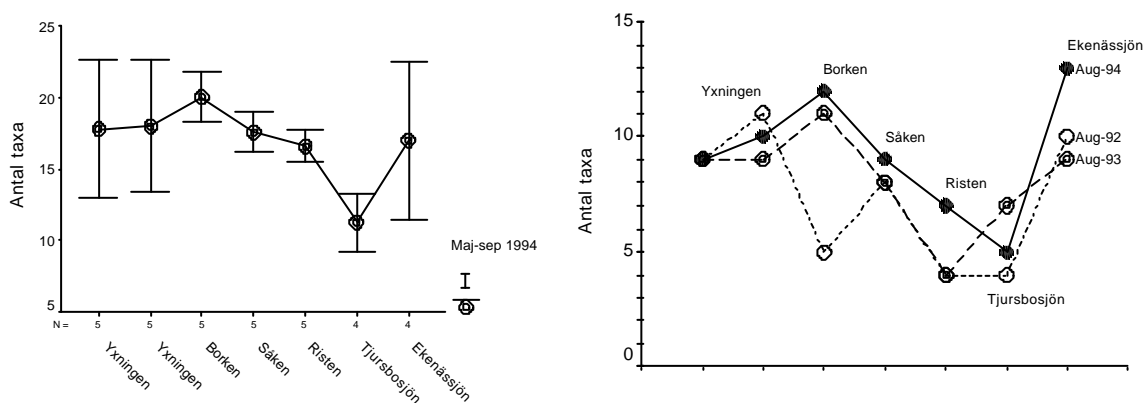


Figur 6. Planktonbiomassa och totalfosforhalt i Gladhammar och Bersbo maj-sep 1994 (Mv).

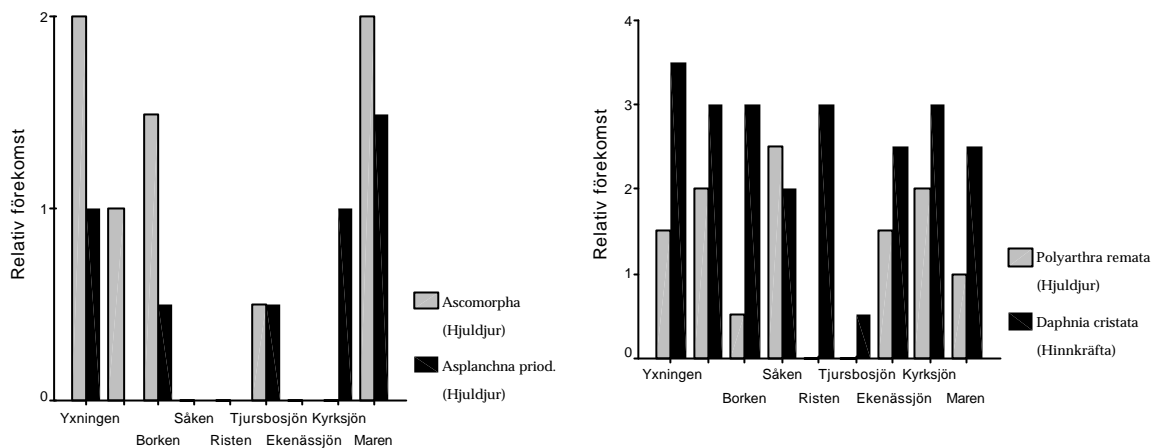
Algvolymen (~biomassan) uppvisade ett minimum i Tjursbosjön som sannolikt beror på låga fosforhalter ($M_v=4\mu\text{g/l}$) snarare än metallförorening. Sålunda samvarierade biomassa och fosfor starkt i bägge undersökningsområden (Fig. 6). Även erfarenheter från andra områden tyder på att algbiomassan som sådan är förhållandevis okänslig för metallpåverkan (se t ex Lithner 1998).

3.2 Djurplankton

Det totala antalet taxa av djurplankton var signifikant reducerat i Tjursbosjön från ca 21 till 13 (Bil. 2c, Fig. 7). Djurplankton uppvisade alltså en likartad utbredning som växtplankton. Likheten förstärks vid jämförelse av hjuldjur enbart (Rotatoria) (Fig. 7 t h). Liknande markanta effekter förelåg inte hos hinnkräftor (Cladocera) och hoppkräftor (Copepoda). Reproducerbarheten i tiden var inte lika god hos hjuldjur som den var hos växtplankton (jfr. Fig. 3).



Figur 7. Antal djurplankton taxa 1994 ($M_v\pm 95\%$ KI) och 1992-94.

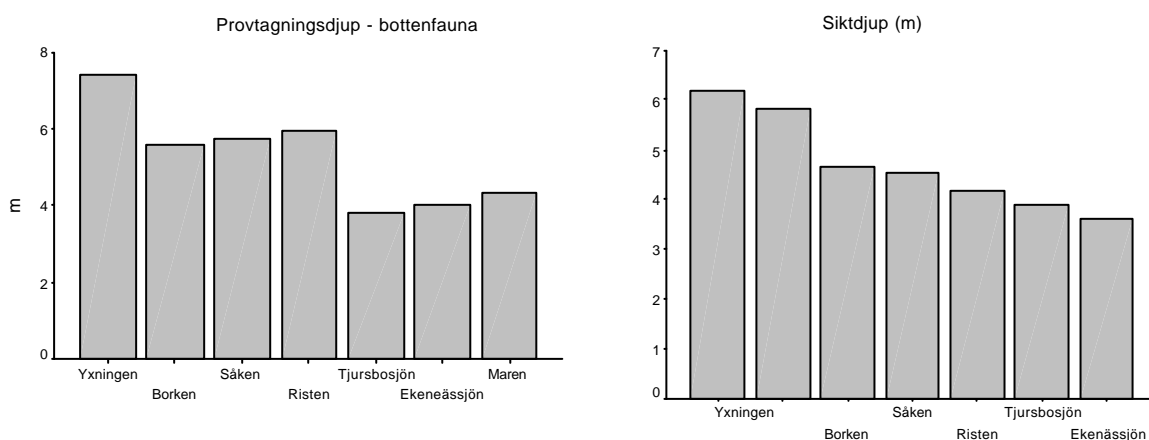


Figur 8. Relativ förekomst av vissa arter av hjuldjur och hinnkräftor i Gladhammar och Bersbo augusti 1992-93.

Av de arter som påverkades negativt kan nämnas två storväxta former av hjuldjur, *Ascomorpha* och *Asplanchna priodonta*, vilka bägge saknades eller förekom sparsamt i Tjursbosjön, Ekenässjön, Risten och Såken. (Fig. 8, t v). I Tjursbosjön och Risten saknades även arten *Polyarthra remata*. Hinnkräftan *Daphnia cristata* förekom sparsamt i Tjursbosjön men var annars väl representerad (Fig. 8, t h).

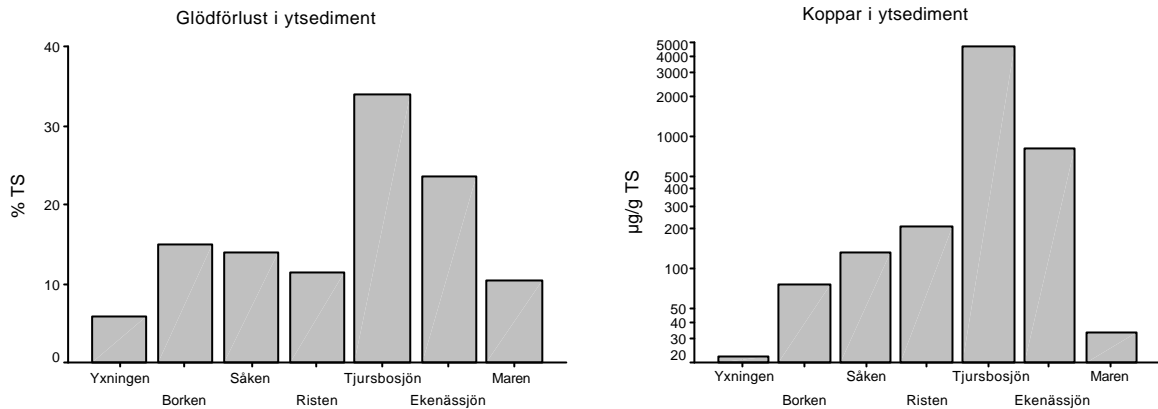
3.3 Bottenfauna på grunda mjukbottnar

Provtagningen ägde rum på djup som var genomsnittligt mindre i Gladhammar (c 4 m) än i Bersbo (5,5-7,5 m). Eftersom provtagningsdjupet sammanfaller ganska väl med siktdjupet (Fig. 9) kan proverna karakteriseras som sublitoral-prover. Sedimentets innehåll av organiskt material var betydligt högre i Tjursbosjön (35 %) och Ekenässjön (20 %) än i övriga sjöar (6-15 %), vilket kan bero på att de sistnämnda sjöarna är mer exponerade för vindar och strömmar (Maren) som försvårar sedimentationen av organiskt material (Fig. 9). Även högre humushalter kan medverka till höga halter av organiskt material i Tjursbosjön. Kopparhalten i sediment (Fig. 10) varierade på likartat sätt som kopparhalten i vatten.

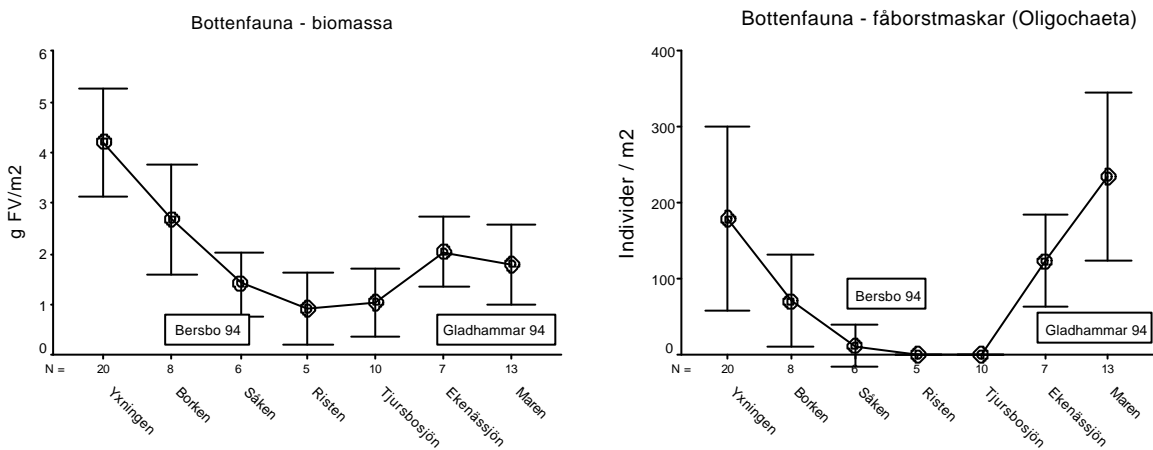


Figur 9. Provtagningsdjup för bottenfauna samt siktdjup.

Bilaga 1



Figur 10. Kopparkoncentrationer och organiskt material (glödförlust) i ytsediment.



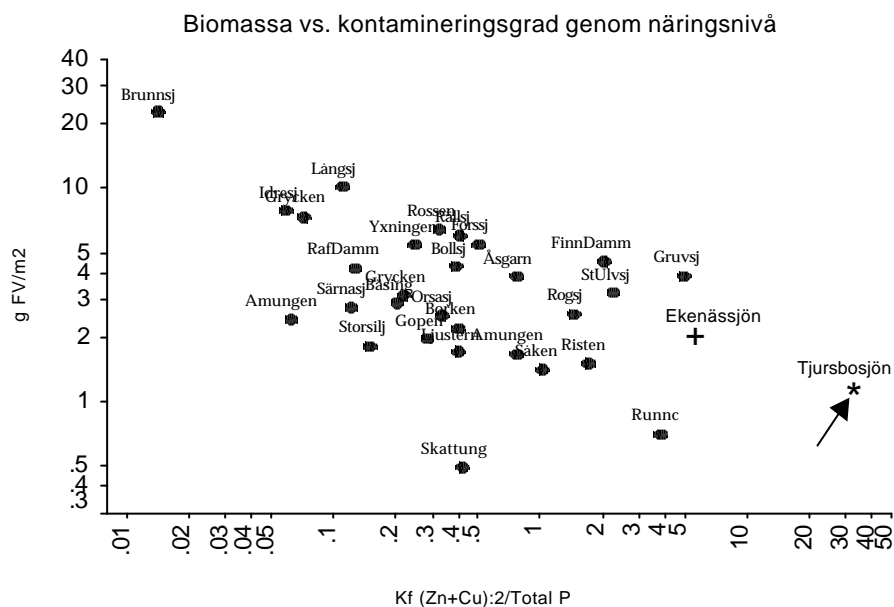
Figur 11. Bottenfaunans totala biomassa (mjukvävnad), respektive individtäteten hos fårborstmaskar. Gladhammar och Bersbo april-maj 1994 ($M_v \pm 95\% \text{ KI}$).

Resultaten av bottenfaunastudierna i Gladhammar redovisas i [Bilaga 1](#). Där framgår att vattenmossa och annan vegetation var vanligt förekommande i prover från 2,5-3 m djup i Ekenässjön och Maren. Däremot saknades vegetation helt i de prover som togs i Tjursbosjön. Bottenfaunan gav ett magrare intryck i Tjursbosjöns NO delar (där varphögarna finns) jämfört med Tjursbosjöns NV och SO delar. Vattengråsuggan, *Asellus aquaticus*, som är relativt tålig mot metallförorening, var väl representerad i proverna från Tjursbosjöns NV och SO delar. Märkligt nog observerades inga vattengråsuggor i Ekenässjön och Maren trots gynnsamma substrat i form av vattenmossa och högre vegetation.

Ett annat påfallande drag hos bottenfaunans fördelning är avsaknaden av fårborstmaskar i Tjursbosjön, liksom i Risten och Såken (Fig. 11, t h). Även den totala biomassan var påfallande låg i Tjursbosjön. Följande jämförelse av biomassan baseras enbart på mjukvävnader och prover utan vegetation. Detta innebär att biomassan i Ekenässjön och Maren är underskattad eftersom vegetationen där ofta åtföljdes av ökande biomassa. Biomassan var trots detta klart lägre i Tjursbosjön ($p=0,05$) än den var i Ekenässjön och Maren, medan den låg på ungefär samma nivå som i Risten (Fig. 1, t v).

4. Slutsatser

I Tjursbosjön var både plankton och bottenfauna 1992-94 starkt påverkade av metallförorening från gruvvarp. Effekterna visade sig som starkt minskat artantal hos växt- och djurplankton (minus 75 resp. 50 %). Även planktonbiomassan var påfallande låg i Tjursbosjön. Detta beror sannolikt fr a på den låga näringsnivån i Tjursbosjön, men det är också möjligt att planktonproduktionen till viss del hämmas av metallföroreningen.



Figur 12. Bottenfaunans biomassa på grunda bottenar har här avsatts mot kontamineringsgraden av metaller (Cu, Zn) sedan denna viktats mot vattnets totalfosforhalt ($R^2=0,377^{***}$). Diagrammet är baserat på data från Dalälvens Vattenvårdsförbund och från ITM's undersökningar i Bersbo (se Lithner 1998).

Förekommande artförskjutningar och utsläckning av vissa arter påverkar näringvävens utseende och därmed sannolikt också dess funktionalitet. Växtplankton uppvisade relativt små mellanårsvariationer.

Bottenfaunans biomassa var påfallande låg på grunda mjukbottenar, vilket f n inte kan tolkas annat än som en effekt av föroreningarna. Detta gäller även med hänsyn tagen till den låga närsaltnivån i Tjursbosjön (jfr Fig. 12).

Att även artsammansättningen hos bottenfauna påverkats negativt av föroreningarna framgår t ex av att fåborstmaskar saknades helt i Tjursbosjön. Kunskapen om bottenfaunans status behöver förbättras genom ytterligare provtagningar i profundalen och på grunda bottenar. För att kunna belägga eventuella effekter på artsammansättningen hos bottenfaunan behöver den taxonomiska analysen fördjupas. Detta gäller även förefintligt material.

Av aktuella metaller (Cu, Pb, Co, Fe) utgör koppar sannolikt den största enskilda riskfaktorn eftersom den är giftigast och förekommer i mycket höga halter både i vatten och sediment. Till saken hör att koppar (i fri form) generellt har hög giftighet och kan påverka plankton, bottendjur, fiskar såväl som nedbrytningen av organiskt material. Även kobolt kan vid

Bilaga 1

förekommande halter i vatten (15 µg/l) vara toxisk för ryggradslösa djur. Möjligen gäller detta även sedimentlevande djur som i Tjursbosjön exponeras för mycket höga halter av kobolt (500-1200 µg/g TS). Även lokala utfällningar av järnhydroxider i sedimenten kan ha en negativ inverkan på bottenfaunans utveckling.

När det gäller bly är halterna i vatten mestadels så låga (max. 1-2 µg/l) att de knappast utgör någon direkt fara för växt-och djurlivet. Detta understryks av blyets förmåga att bilda stabila humuskomplex med låg biologisk tillgänglighet.

Halten av bly i sediment är desto högre (600-1400 µg/g TS), men eftersom bly binds starkare än koppar till organiskt material, och kopparhalten är mycket högre (3000-6000 µg/g TS), vågar man förmoda att bly spelar en underordnad roll som giftfaktor i sedimenten.

Även i Ekenässjön är halten av koppar mycket hög i sediment och vatten (600-1000 µg/g TS resp. 15-20 µg/l), vilket även gäller kobolt i sediment (300-700 µg/g TS). Trots detta tycks inga tydliga och påtagliga biologiska effekter förekomma, liknande dem vi sett i Tjursbosjön och Risten. Detta utesluter inte att vissa effekter framför allt av koppar kan förekomma. Ett tecken på detta är att vissa hjuldjur saknades i Ekenässjön 1992-93. Ett annat tecken är de stora årstidsvariationerna hos djurplankton, som kan innebära att eventuella effekter till viss del är årstidsbundna. Det är därför angeläget att framgent utföra mer ingående biologiska undersökningar av bl a plankton och bottenfauna i denna sjö.

5. Hänvisningar

Johansson, Å. & J. Willaredt. 1992. Metallutlakning från Gladhammar gruva-påverkan på nedströms belägna sjöar. Kalmar högskola. Institutionen för naturvetenskap. Examensarbete 1992:M11.

Kinsten, B. 1990. Inventering av glacialrelikta kräftdjur i Kalmar län 1986. Länsstyrelsen i Kalmar län informerar 1990:3.

Lithner, G. 1998. Effekter i vattenmiljön av gruvavfall. I: Gruvavfall-miljöeffekter och behov av åtgärder. Naturvårdsverket, Rapport 4948.

Bilaga 1

Bilaga 1

Bottenfauna i Tjursbosjön 94-04-27

Siktdjup: 4,9 m Ekman-huggare: 1/33 m²

Stn N1-N3 Vik i NO södra stranden väster om varphögar

Stn N4-N8 Vik i NV utanför gult hus Stn S1-S3 Utloppsviken I SO

		N1	N2	N3	N4	N5	N6	N7	N8	S1	S2	S3
Fjädermyggor		19	4		5	21	23	7	42	3	4	3
Svidknott						5			4	4	4	
Tofsmyggor			1									
Dagsländor												
	Caenis											
	Ephemera											
Nattsländor							1					1
	Molanna											
	Oxyethira											
Sävsländor												
	Sialis lutaria											
Iglar												
	Helobdella											
Skinnbaggar												
Fåborstmaskar												
Kräftdjur												
	Asellus aq.				2	6	2	1	3	47		1
	Cyclops							1				
Kvalster			1			2	3	1	2	2	2	1
Snäckor												
	Valvata											
	Physa font.											
Musslor												
	Pisidium											
Totalt antal	ind/hugg	19	6	0	7	34	29	10	51	56	10	6
	ind/ m ²	627	198	0	231	1122	957	330	1683	1848	330	198
Total våtvikt	mg/ hugg	18	15	0	15	48	57	17	78	69	4	11
	g/ m ²	0,59	0,50	0	0,50	1,58	1,88	0,56	2,57	2,28	0,13	0,36
Vegetation	g/hugg	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Djup(m)		7	6	4,6	5	4	3,4	2,5	1,5	3	3	5

Bottenfauna i Ekenässjön 94-04-26

Siktdjup: 4,3 m Ekman-huggare: 1/33 m²

Stn N1-N6 Norra delen

Stn S1- S6 Södra delen

Station:		N1	N2	N3	N4	N5	N6	S1	S2	S3	S4	S5	S6
Fjädermyggor		12	6	11	8	33	18	35	26	15	86	19	100
Svidknott						1		2			3		
Tofsmyggor													
Dagsländor	Caenis												
	Ephemera												
Nattsländor	Molanna											1	
	Oxyethira											3	
Sävsländor	Sialis								1			19	
	lutaria												
Iglar	Helobdella												
Skinbaggar	Corixa										2		
Fåborstmaskar		5	6	3	2	1	54	6	1	3	2	14	5
Kräftdjur	Asellus aq.												
	Cyclops											1	
Kvalster		1	3			1	6	1	2		7	2	1
Snäckor	Valvata												
	Physa font.											1	
Musslor	Pisidium	2				1				3	1	8	7
Totalt antal	ind/hugg	20	15	14	10	37	78	45	31	21	101	68	113
	ind/ m ²	660	495	462	330	1221	2574	1485	1023	693	3333	2244	3729
Total våtvikt	mg/ hugg	52	59	109	37	55	374	60	46	62	104	285	166
	g/ m ²	1,72	1,95	3,60	1,22	1,82	12,34	1,98	1,52	2,05	3,43	9,41	5,48
Vegetation	g/hugg	0	0	0	0	0	5,4 ¹⁾	0	full ²⁾	0	full ²⁾	49 ³⁾	17,8 ²⁾
Djup(m)		5,7	5,2	4,5	4,0	3,5	3,5	4,0	3,5	4,5	3,6	2,8	3,2

¹⁾ Ranunculus peltatus + mossar ²⁾ Mossa ³⁾ Isoetes

Bilaga 1

Bottenfauna i Maren 94-04-25

Siktdjup: 2,5 m Ekman-huggare: 1/33 m²

Stn N1-N6 Norra delen

Stn S1- S10 Södra delen

Station:		N1	N2	N3	N4	N5	N6	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8	S9
Fjädermyggor			6	7	1	57	44	7	1	5	2	7	8	17	14	2
Svidknott		6	1	4	5	4	4	2	3	4	2	2	4			2
Tofsmyggor		1														
Dagsländor																
	Caenis															
	Ephemera								3	2			1			
Nattsländor														1		
	Molanna															
	Oxyethira															
Sävsländor																
	Sialis lut.								1							
Iglar																
	Helobdella									1	1					
Skinbaggar	Corixa							1				2				
Fåborstmask		17	12	13	7	5	6		17	5		6	8	14	7	1
Kräftdjur																
	Asellus .															
	Pallasea										1					
	Cyclops	1										1				
Kvalster				1				4	1			10	1		4	2
Snäckor																
	Valvata											2				
	Physa															
	font.															
Musslor																
	Pisidium															
Totalt antal	ind/h	24	20	25	13	66	54	14	27	18	4	32	24	33	25	7
	ind/ m ²	792	660	825	429	2178	1782	462	891	594	132	1056	792	1089	825	231
Total våtvikt	mg/h	70	68	156	50	53	34 ^{*)}	13	231	200	9	65	57	89	65	9
	g/ m ²	2,31	2,24	5,15	1,65	1,75	1,12	0,43	7,6	6,6	0,30	2,2	1,9	2,9	2,2	0,3
Vegetation	g/h	0	0	0	0	0	0	0	4,9 ²⁾	5 ²⁾	bark	3,5 ²⁾	0	0	0	0
Djup(m)		4,0	4,8	4,4	3,9	2,9	2,6	5	2,7	3,1	4,7	4	4,5	4,2	5	6

^{*)} + 2 stora Anodonta

Bilaga 2a

KEMIDATA FRÅN TJURSBOSJÖN OCH FYRA REFERENSSJÖAR

	Tjursbosj.	Yxningen	Fäljaren	Taggen	Önn
Metaller					
Cu	60-65	1.0-1.3	0.7-0.98	0.85-1.1	1.0
Zn	9.0-14.0	0.5-1.8	0.4-1.8	0.2-0.8	0.5-4.0
Co	12.0-14.0	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1
Cd	0.05-0.06	0.004-0.08	0.009	0.016	0.022
Ni	3.5-3.9	0.35-0.38	0.56	0.55	0.64
Pb	1.4-1.8	0.03	0.05	0.55	0.64
Kemi/Fysik					
pH	6.9-7.0	7.5-7.6	7.1-7.4	7.2-7.5	7.4-7.5
Alk	0.10-0.12	0.36-0.40	0.19-0.20	0.25-0.27	0.45-0.46
Turbiditet	0.24-0.30	0.22-0.85	0.25-0.40	0.35-0.84	0.7-1.10
TOC	7.5-9.4	4.5-6.9	7.5-8.5	11.1	9.6
Färg	20-50	<5-5	15-20	20	5.0-10
Närsalter					
Tot-P	5	7	4	9.5	15
Tot-N	0.55	0.29-0.44	0.68	0.39-0.46	0.33-0.46
NO3-N	232	40	380	<5	<5

Bilaga 1

Bilaga 2b

FYTOPLANKTON I TJURSBOSJÖN OCH EKENÄSSJÖN (Cu-påverkade) OCH FYRA REFERENSSJÖAR

	Tjursbos.	Ekenäs	Yxningen	Fäljaren	Taggen	Önn
Cyanophyceae						
Anabaena flos-aquae		x	x	x	x	x
Anabaena spp			x		x	x
Aphanocapsa spp			x	x	x	x
Aphanizomenon spp			x			x
Aphanothece ellipsoidea			x			
Chroococcus limnet.			x	x	x	x
Lyngbya sp		x		x		
Merismopedia ten.						
Microcystis spp			x			
Oscillatoria ag.			x	x	x	x
Snowella lacustris		x	x	x	x	x
Woronichia naegeliana		x	x	x	x	x
Antal taxa	0	4	10	7	7	8
Dinophyceae						
Ceratium hirundinella		x	x	x	x	x
Gymnodinium helvet.			x	x	x	
" " uberrimum	x	x	x	x	x	
" " spp	x	x	x	x	x	x
Peridinium cinctum			x		x	x
" " inconspicuum		x	x	x	x	
" " willei			x			
" " spp			x	x	x	x
Dinophyceae spp		x	x		x	
Glenodinium spp			x		x	
Antal taxa	2	5	10	6	9	4
Cryptophyceae						
Cryptaulax spp	x	x		x		
Cryptomonas spp	x	x	x	x	x	x
Katablepharis ovalis	x	x	x	x	x	x
Rhodomonas minuta	x	x	x	x	x	x
Antal taxa	4	4	3	4	3	3
Chrysophyceae						
Bitrichia chodatii			x	x		x
Bicosoeca spp			x		x	
Chrysochromulina spp	x	x	x	x	x	x
Chrysidiastrum catenatum			x	x	x	x
Chrysococcus spp	x	x	x	x	x	x
Chrysosphaerella l.		x		x		
Dinobryonbavaricum		x	x	x	x	x
Dinobryon borgei		x	x		x	
Dinobryon crenulatum	x	x	x	x	x	x

Bilaga 1

Dinobryon cylindricum	x					
Dinobryon divergens			x	x	x	x
Dinobryon sociale				x	x	x
Dinobryon suecicu		suesicum	x		x	
Dinobryon spp				x		
Kephyriopsis entzii	x		x		x	
Mallomonas akrokomos		x	x		x	x
Mallomonas caudata			x	x	x	
Mallomonas spp	x	x	x	x	x	x
Monader	x	x	x	x	x	x
Ochromonas sp	x	x	x	x	x	
Pseudokephyrion spp			x			
Pseudopedinella		x	x	x	x	x
Rhizochrysis sp			x			
Spiniferomonas sp	x	x		x	x	x
Stichogloea doederleinii		x	x		x	x
Synura spp	x			x	x	x
Uroglena spp			x	x		x
Antal taxa	10	14	20	18	20	16
Bacillariophyceae						
Asterionella formosa		x	x	x	x	x
Aulacosira alpigena				x	x	
" " ambigua			x	x		x
" " spp			x	x	x	x
Cyclotella radiosa		x	x	x	x	x
" " stelligera				x		x
" " spp			x	x		
Fragillaria crotonensis				x	x	x
Fragillaria nanana	x	x	x	x	x	x
Rhizosolenia longiseta		x		x	x	
Stephanodiscus spp			x	x	x	x
Tabellaria fenestrata		x	x	x	x	x
" " flocculosa	x	x	x	x	x	x
Antal taxa	2	6	9	13	10	10
Euglenophyceae						
Euglena spp		1	x	x	x	x
Phacus sp						x
Trachelomonas spp				x	x	x
Antal taxa	0	1	1	2	2	3
Chlorophyceae						
Botryococcus sp	x	x	x	x	x	x
Chlamydomonas	x	x	x	x	x	x
Chlorophyceae indet.	x	x	x	x	x	x
Coelastrum microp.			x	x	x	x
Crucigenia tetrap.		x	x	x		x
Crucigeniella spp			x		x	
Dictyosphaerium spp		x		x		x
Elakatothrix gen.	x	x	x	x	x	x
Gyromitus cordif.	x	x	x	x	x	x
Monoraphidium contortum			x			

Bilaga 1

" " dybowskii	x		x	x	x	x
" " griffithii			x			
Nephrocytium agardhianum			x			x
Oocystis spp	x	x	x	x	x	x
Pediastrum boryanum			x		x	x
" " tetras				x	x	x
Planctosphaera gelat.	x		x	x		x
Scenedesmus spp		x	x	x	x	x
Schroederia sp				x		x
Scourfieldia sp	x					
Tetraedron minimum		x				x
Tetrastrum spp		x	x		x	x
Quadrigula spp		x	x	x	x	x
Willéa irregularis	x		x			x
Antal taxa	10	13	19	15	14	20
Conjugatophyceae						
Closterium spp		x		x		x
Cosmarium spp		x	x	x	x	x
Geminella sp			x	x	x	x
Spondylosium planum		x	x			
Staurastrum anatinum				x	x	
" " chaetoceros						x
" " cingulum						x
" " luetkemullerii		x	x			x
" " pingue		x		x		x
Staurastrum spp		x			x	x
Staurodesmus exten.		x		x		
" " crassus						x
" " cuspidatus		x	x	x	x	x
" " patens		x		x	x	
" " mamillatus		x			x	x
" " sellatus						
" " spp						
Antal taxa	0	10	5	8	7	11
Antal taxa totalt	28	57	77	73	72	75

Bilaga 2c

FÖREKOMST AV DJURPLANKTON I TJURSBOSJÖN OCH I EKENÄSSJÖN SAMT I FYRA REFERENSSJÖAR OPÅVERKADE AV METALLER (r= riklig förekomst).

SJÖAR	Tjursbo.	Ekenäs	Yxningen	Fäljaren	Taggen	Önn
-------	----------	--------	----------	----------	--------	-----

Bilaga 1

ROTATORIA

Ascomorpha sp	x		r	x	x	x
Asplanchna priodonta			x	x	x	x
Collotheca sp	x	x	x	x	x	
Conochilus unicornis		x	x	x	x	x
Gastropus sp	x	x	x	x	x	x
Kellicottia longispina	r	x	x	x	x	x
Keratella cochlearis	r	x	x	x	x	x
Pleosoma hudsoni		x			x	
" " truncatum		x		x		
Polyarthra remata		x	x	x	x	x
" " vulgaris		x	x	x	x	x
Synchaeta spp						x
Trichocerca spp		x			x	x
Antal taxa	5	10	9	10	11	10

CLADOCERA

Bosmina longispina	x	x	x	x	x	x
Bythotrephes longim.	x	x	x			
Ceriodaphnia quadr.		x		x		x
Daphnia cristata	x	r	r	x	r	x
D. galeata	r		x	x	x	r
Diaphanosoma brach.	x	x	x	x	x	r
Eubosmina coregoni			x	x	x	x
Holopedium gibberum			x			
Leptodora kindtii	x	x	x	x	x	x
Limnosida frontosa		x	x	x	x	x
Antal taxa	6	7	9	8	7	8

COPEPODA

Cyclops spp	r	r	r	x	r	r
Diaptomus gracilis	r	x	r	x	r	r
Heterocope appendic.		x	x	x	x	
Limnocalanus			x	x		
Antal taxa	2	3	4	4	3	2

Totalantal taxa	13	20	22	22	21	20
------------------------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------