



VÄSTERVIKS
KOMMUN



För Västerviks kommun

HUVUDSTUDIE GLADHAMMARS GRUVOR, 2004:10

**SEDIMENTKARTERING AV TJURSBOSJÖN.
DEL 1. UNDERSÖKNINGSDELEN.**

Ekerö 2005-01-14

Hampus von Post

Innehållsförteckning

1. Uppdrag	4
2. Bakgrund	5
3. Undersökningens utförande	5
3.1 Provtagning.....	5
3.1.1 Provplatser, provområden, koordinatsystem.....	6
3.1.2 Vattendjup.....	6
3.1.3 Sedimentprovtagning	7
3.2 Analyser.....	8
3.2.1 Kemiska analyser.....	8
3.2.2 Fysikaliska analyser.....	8
4. Resultat av fältundersökning	8
4.1 Vattendjup.....	8
4.2 Sedimenttyper.....	9
4.3 Sedimentens gasinnehåll	9
5. Analys- och försöksresultat	10
5.1 Torrsubstanshalt, organisk halt, densitet.....	11
5.2 Föroreningsinnehåll.....	13
5.3 Förorenade sedimentmängder.....	17
5.4 Fysikaliska samlingsprov.....	18
5.5 Skjuvhållfasthet.....	20
5.6 Avvattningsegenskaper	20
6. Sammanfattning	21

Referenser

Figurer

Tabellförteckning

	sid
Tabell	
1. Provplatser och nivåprover.....	6
2. Vattendjup och fördelning på areal.....	8
3. TS- och GF-halt för proverna 1-162, nivå 1-4.....	10
4. TS- och GF-halt för proverna G1-G25, T1-T12 och D1-D4..	12
5. Organisk halt (%GF) för samlingsprov.....	12
6. Co- och Cu-halt för proverna 1-162, nivå 1-4.....	15
7. Co- och Cu-halt för proverna G1-G25, T1-T12 och D1-D4...	16
8. Förorenade arealer och volymer fördelade på sedimentdjup...	17
9. Fysikaliska undersökningar på samlingsprov.....	19
10. Enaxliga tryckförsök och skjuvhållfasthet	20
11. Avvattningssegenskaper för samlingsprov.....	21

Figurförteckning

Figurerna finns samlade i rapportens slut under, **Figurer**

Provplatser

Utbredningskartor för metallhalter i sediment:

Kobolt; 0-30 cm, 30-50 cm, 50-70 cm och 70-100 cm

Koppar; 0-30 cm, 30-50 cm, 50-70 cm och 70-100 cm

Djupkarta

Provtagningsflotte

Kolvprovtagare (vonPost-Wik)

Bilageförteckning

Bilaga

1. Provplatser och koordinatförteckning
2. Djupkarta
3. Provtagningsprotokoll
4. Laboratorieanalyser – metaller, proverna 1-162
5. Laboratorieanalyser – metaller, proverna G1-G25, T1-T12 och D1-D4
6. Densitet, vattenkvot, konflytgräns, skjuvhållfasthet, glödningsförlust
7. Kornstorleksfördelning
8. Enaxliga tryckförsök
9. Avvattningssegenskaper
10. TS- och GF-halt, sammanställda
11. Metaller, sammanställda
12. Förorenade sediment, volymer och mängder

Del 1. Sedimentkartering av Tjursbosjön.

1. Uppdrag

Ursprunglig omfattning

MiljöManagement Svenska AB har på uppdrag av Västerviks kommun genomfört en undersökning av förorenade sediment i Tjursbosjön. Karteringen skall ge underlag för en åtgärdsutredning där olika tekniska alternativ och ekonomiska förutsättningar skall utredas. I detta ingår alternativ med olika typer av muddring (bl.a gräv-, sug- och frysmuddring, avvattning och deponering av sedimenten samt övertäckning av sedimenten in-situ. För att nå dessa mål bör karteringen klarlägga de förorenade sedimentens:

utbredning i plan och djup
karaktär
torrsubstanshalt
densitet
organisk halt
kornstorlek
skjuvhållfasthet
föreningssinnehåll
muddringsförutsättningar
avvattningsegenskaper

Uppdraget omfattar att sedimenten skall provtas och analyseras vid 150 stycken provplatser. Samlingsprover skall inte tillämpas. Förutom dessa provplatser skall ytterligare 50 stycken platser provtas och okulärbesiktigas. Dessa prover skall sparas för eventuellt kompletterande analyser.

I varje provpunkt skall sammanhängande prov tas ut till 70 cm (helst 100 cm) djup under sedimentytan. Prover skall tas ut representerande nivåerna; 0-30 cm, 30-50 cm, 50-70 cm samt om möjligt 70-100 cm.

Upptagna prover skall okulärbesiktigas med avseende på sedimenttyp och sammansättning (jordartsbestämning), färg och fasthet.

I samband med provtagningen skall noteringar göras avseende gasförekomst vid varje provplats samt vegetationens utbredning och andra hinder som block, sten, sjunktimmer, etc, i syfte att klarlägga hinder för muddring.

Preliminärt skall sedimentnivåerna 0-30 cm och 30-50 cm skickas till analys för bestämning av metallhalt och torrsubstanshalt. Övriga prover sparas för kompletterande analyser.

Kemiska analyser samt torrsubstanshalt ingår inte i uppdraget.

Tillkommande omfattning

Inför fältprovtagningen beslutades att utnyttja en provplatsfördelning för Tjursbosjön med 75 meter mellan provplatserna i ost/västlig riktning och 100 meter i nord/sydlig riktning. Detta medförde en total omfattning av 162 stycken provplatser fördelade över sjöytan. Sedan en större del av dessa platser hade provtagits och inledande analyser skett, gjordes en fördelning

av tillkommande provplatser. Den initiella omfattningen var 200 (150 +50) stycken provplatser, varför beslutades att resterade provplatser skulle fördelas enligt följande:

- Gruvviken, förtätning med 25 platser (G1-G25).
- Strandnära prover, tillkommande 12 platser (T1-12)
- Djuphålorna, en plats i respektive djuphåla, 4 platser (D1-D4).

Med denna omfattning och fördelning kom totalt 203 stycken provplatser att undersökas.

2. Bakgrund

Vid den nordöstra delen av Tjursbosjön ca 15 km söder om Västervik ligger Gladhammars gruvor. Dessa gruvor tillhör Sveriges äldsta med verksamhet sedan tidiga 1500-talet (möjligen även tidigare) fram till slutet av 1800-talet. Driften var således igång, med kortare uppehåll, under ca 400 år. Boliden utförde senare provbrytning för kobolt så sent som på 1950-talet. Brytningen skedde först för utvinning av järn men kvaliteten var på denna var dålig då den innehöll för mycket koppar, varför man istället började utvinna kopparmalm. 1777 upptäckte man att berget var rikt på kobolt. Koboltfyndigheten vid Gladhammar är den största som hittats i Sverige och Gladhammars gruvor var länge den största producenten av kobolt i landet. Kobolt har varit den viktigaste produkten från gruvorna även om koppar är den metall som utvunnits i största mängd. Under perioden 1807-1892 utvanns 256 ton kobolt ur 4260 ton 6%-koboltmalm.

Stora mängder slagg och varp finns idag upplagda kring gruvan. Man har beräknat att ca 364 ton koppar, 44 ton kobolt, 34 ton bly, 11 ton zink och 10 ton arsenik finns upplagrade i det kvarlämnade avfallet. Gruvavfallet vittrar och tungmetaller frisätts till omgivningen. Främst belastas i dag Tjursbosjön och nedströms liggande Ekenässjön, Kyrksjön och Maren. Inledande undersökningar har påvisat höga metallhalter i sedimenten, främst av koppar och kobolt i Tjursbosjön ned till ca 30-40 cm djup.

3. Undersökningens utförande

3.1 Provtagning

Fältarbetet utfördes under veckorna 37-40 (september), 2004. Provtagningarna utfördes från en för denna typ av undersökningar speciellt framtagen provtagningsflotte. För att möjliggöra etablering på otillgängliga platser är den av katamarantyp och sammansatt av flera lätt hopfogningsbara delar. Flottens konstruktion gör att den är mycket grundgående och stabil vilket är nödvändigt i olika situationer. Provtagningsutrustningens skarvbara rör förvaras i löpnummerordning i fasta rack för maximalt rationell hantering. På flotten finns hållare som utnyttjas vid montering/demontering av provtagningsstängerna och vinsch för att underlätta arbetet vid stora sjö-, eller sedimentdjup. Flotten justeras till och hålls på plats vid den aktuella provtagningsplatsen med tre ankare. Framdriften sker med en mindre 4-takts utombordsmotor som körs på miljöbensin (alkylatbränsle). Flottens utseende framgår av skiss i *figur 1* (se under flik figurer).

3.1.1 Provplatser, provområden och koordinatsystem

Provplatser

Undersökningarna i Tjursbosjön utfördes inledningsvis på 162 förutbestämda provplatser fördelade över sjöytan med en ekvidistans på 75 m i ost/västlig riktning och 100 m i nord/sydlig riktning.

Denna provplatsomfattning kompletterades under fältarbetsfasen med 12 stycken strandnära provplatser (T1-T12) och med en provplats vardera inom de fyra djuphålorna (D1-D4) samt med 25 platser inom Gruvviken (G1-G25) där föroreningshalterna förväntades kunna vara högre än i övriga sjön.

Det totala antalet provplatser blev därmed 203 stycken och antalet uttagna nivåprover blev 588 stycken. Provplatsernas fördelning framgår av *bilaga 1* och *tabell 1*.

Tabell 1. Provplatser och nivåprover.

<i>Del- område</i>	<i>Antal provplatser</i>	<i>Benämning</i>	<i>Antal nivåprov</i>
<i>Ursprunglig Omfattning</i>	<i>162</i>	<i>1-162</i>	<i>457</i>
<i>Strandnära</i>	<i>12</i>	<i>T1-T12</i>	<i>35</i>
<i>Djuphålorna</i>	<i>4</i>	<i>D1-D4</i>	<i>24</i>
<i>Gruvviken</i>	<i>25</i>	<i>G1-G25</i>	<i>72</i>
<i>Totalt antal</i>	<i>203</i>		<i>588</i>

Koordinatsystem

Koordinatsystemet är inrättat i rikets nät 2.5 GON W. Koordinaterna för respektive provplats finns redovisade i *bilaga 1*.

För provplatsernas positionering i fält har använts handhållen GPS med en beräknad mätnoggrannhet +/- 5 m i förhållande till koordinatsystemet.

3.1.2 Vattendjup

Vattenstånd

Vattenståndet i Tjursbosjön har under provtagningsperioden avlästs 2 ggr/dag på en hjälpegel vid Karlberg i sjöns sydvästra del. Hjälpegelns var fast monterad på en brygga och kalibrerad mot en befintlig inmätt dubb (borrstål) fast monterad i avfallsmassorna i Gruvvikens inre del (x; 6399495,2800, y; 1536655,5790, z; 52,6850). Förhållandet mellan den inmätta dubben och hjälpegelns var att vattenytan vid 51,64 möh motsvarade 0-nivå på pegeln (uppgifter från Västerviks kommun, Christer Ramström).

I fältprotokollet noterades vattendjup för respektive provplats och aktuell pegelnivå. I rapportens provtagningsprotokoll anges vattendjupet samt den aktuella vattenståndet vid varje provplats angivet som aktuell plushöjd.

Vattendjup

Tjursbosjön har tidigare ekolodats på sitt vattendjup och denna djupkarta redovisas i *bilaga 2*.

Vid sedimentundersökningen kontrollerades vattendjupet vid varje provplats manuellt med ett handhållet nätlod med diameter ca 30 cm. Genom val av maskvidd och belastning är lodet utformat så att det sjunker ned en aning i lösa ytsediment (1-5 mm) samt utjämnar mindre ojämnheter. Beroende på det stora djupet i Tjursbosjön, upp till ca 26 m, hölls särskild uppmärksamhet på att lodlinan befann sig lodrät över mätplatsen vid nivåavläsningen. Vattendjupsmätningen sker bl.a för att ge information om sedimentytans läge så att sedimentprovtagningen kan ske med en önskad vattenmängd över sedimentytan. Då de skarvbara provtagningsrören är längdgraderade för detta ändamål kommer en dubbelkontroll avseende vattendjupet att ske med automatik.

Det bör dock påpekas att även en liten sidoflyttning påverkar vattendjupen då bottenytan ofta är ojämn. Detta gäller särskilt då provplatsen befinner sig på en brant bottenläng, vilket är vanligt förekommande på många platser i Tjursbosjön, bl.a. vid djuphålorna.

Aktuella vattendjup för respektive provplats finns angivna i provtagningsprotokoll i *bilaga 3*.

3.1.3 Sedimentprovtagning

Provtagning

Sedimentproverna har tagits ut med kolvprovtagare av typ (von Post-Wik) vilken är speciellt utvecklad för provtagning av djupa och lösa sediment, se *figur 2*. Provtagaren består av ett transparent acrylplaströr med diameter 40/36 mm, med 2 meters längd och invändigt försedd med tätslutande rörlig kolv. Vid provtagning pressas provtagaren ned i sedimentet med hjälp av skarvbara aluminiumrör medan kolven hålles stilla med hjälp av en lina upp till operatören. Provtagningen kan ske även i mycket lösa sediment med ett minimum av komprimering av provet och med bibehållen naturlig skiktning. Vid sedimentdjup överstigande 2 meter upprepas förfarandet till dess önskat provtagningsdjup har nåtts.

Vid korrekt utförd provtagning erhålls en mindre mängd vatten mellan sedimentproppens överyta och kolven i provtagaren. Provtagarens konstruktion medger att detta vatten evakueras innan sedimentproppen tas ut. Detta medverkar till att även de allra översta sedimentlagren kan provtas utan extra tillskott av vatten, vilket har betydelse för bestämning bl.a. av provets torrsubstansinnehåll (TS-halt) och därmed även föroreningshalt då denna relateras till provets TS-halts.

Varje sedimentpropp okulärbesiktigades med avseende på sedimenttyp, konsistens, färg, och inslag av synliga föroreningar och dylikt. Sedimentproppen togs ut ur provtagaren till en mätträna där proppen delades innan besiktning utfördes. Prover för analys togs ut på förutbestämda nivåer samt i förekommande fall på ytterligare provnivåer där okulärbesiktningen antydde förekomst av föroreningar. Sedimentprovtagningens omfattning framgår av provtagningsprotokollen, se *bilaga 3*.

3.2 Analyser

3.2.1 Kemiska analyser

Metaller, har utförts av Analytica AB med ackrediterad metod; (MIC-SM) EPA-metoder 200.7 (mod.) och 200.8 (mod). Provet har torkats vid 105 grader C enligt SS028113. Analysprovet har torkats vid 50 grader C och elementhalterna TS-korrigerats. Upplösning har skett med mikrovågsgugn i slutna teflonkärl med HNO₃/vatten 1:1. Analyserna har skett med ICP-AES, ICP-MS, AAS-AMA

3.2.2 Fysikaliska analyser

De fysikaliska analyserna har skett enligt svensk standard eller på för analysen vedertagen metod.

Densitet, gravimetriskt. Analyserna har utförts av SWECO GEOLAB AB.

Vattenkvot, enligt svensk standard SS027116. Analyserna har utförts av SWECO GEOLAB AB.

Konflytgräns, enligt svensk standard SS027120. Analyserna har utförts av SWECO GEOLAB AB.

Skjuvhållfasthet (fallkon), enligt svensk standard SS027125. Analyserna har utförts av SWECO GEOLAB AB.

Organisk halt (glödningsförlust), enligt svensk standard SS027105. Analyserna har utförts av SWECO GEOLAB AB.

Kornstorleksfördelning, enligt svensk standard SS027123 och SS027124. Analyserna har utförts av SWECO GEOLAB AB.

Enaxliga tryckförsök, för bestämning av skjuvhållfasthet efter avvattning, enligt svensk standard SS027128. Analyserna har utförts av SWECO GEOLAB AB.

Avvattningsegenskaper, enligt IVL, Bergström 1989. Analyserna har utförts av IVL.

4. Resultat av fältundersökning

4.1 Vattendjup

För varje enskild provplats finns vattendjupen angivna i fältprotokollen, *se bilaga 3*. Det största vattendjupet, 25,7 meter, uppmättes i den mellersta östra djuphålan. I den sydöstra djuphålan var vattendjupet 25,4 meter medan den nordvästra var 24,2 meter djup och den sydvästra var 23,3 meter djup. Dessa mätobservationer överensstämmer väl med utförda ekolodningar men svarar dock bara för den angivna mätpunkten. Huruvida det förekommer något större vattendjup på annan plats inom respektive djuphåla är inte utrett. Vattendjupens fördelning framgår av *tabell 2*. Tjursbosjöns medeldjup är 10,1 meter (Myrica 2004).

Tabell 2. Vattendjup, fördelning på areal.

Djupområde	Procentuell fördelning	Areal inom djupområdet (ha)
0-6 m	33,3	40
6-12 m	27,5	33
12-18 m	24,9	30
18-24 m	11,9	14
> 24 m	2,4	3
Totalt	100 %	119 ha

4.2 Sedimenttyper

Vid fältnoteringarna klassades sedimenten enligt följande standardiserade sedimenttyper;

- *Dy*; består huvudsakligen av humus (organiskt material) från omgivande land. Dy är ett löst material och ofta mörkbrun till färgen.
- *Detritus*; ett mycket löst material av organiska delar beläget i sedimentytan, vanligen mörkgrått till mörkbrunt till färgen.
- *Gyttja*; ett halvfast material av kraftigt nedbrutna organiska delar, vanligen brun till mörkt brun eller grå till färgen i bland med grönaktig ton.
- *Växtmaterial*; olika typer av icke nedbrutna växtdelar som rottrådar, blad osv.
- *Grus*
- *Sand*
- *Silt*
- *Lera*

Sedimenten i Tjursbosjön har ett tämligen ensartat utseende i större delen av sjön. Det ofta mycket lösa övre sedimentlagret består vanligen av ett 5-30 cm skikt av lös mörkt brun detritus eller blandning av detritus och gyttja. Därunder följer vanligen brun, men även grå, gyttja som i de övre delarna är lös till halvfast i konsistensen och med ökande djup blir allt fastare. Mäktigheten på detta skikt uppgår vanligen till 1-2 meter. Där fast botten har nåtts består denna av lera eller sand/silt och även av berg eller sten. Sand/ silt påträffades främst i sjöns norra samt östra och sydöstra del, men även kring öarna och de grundområden som finns i den nordvästra delen av sjön. Lera återfanns på många platser, främst i strandnära områden utanför områden med silt/sand. I djupområdena nåddes silt under gyttjan vid den nordvästra djuphålan vid 2,4 meters sedimentdjup. I övriga djuphålors togs prover ut ned till ca 3 meters sedimentdjup utan att komma genom gyttjelagret.

Resultaten av provtagningarna redovisas för varje enskild provplats i provtagningsprotokoll i bilaga 3.

4.3 Gasförekomst

Förekomst av gas har kontrollerats genom observation i samband med sedimentprovtagningen. Dessa observationer avser endast att grovt belysa gassituationen och har inte som ambition att klassa olika delar av sedimentet vad avser gasförekomst. Sedimentens gasinnehåll avslöjas då sedimenten penetreras vid själva provtagningen. Observationer av gas påverkas av att gasbubblornas storlek vid vattenytan är beroende av vid vilket vattendjup de frigörs från sedimentet (på grund av differens i tryck). Förutsättningarna för att gas skall

produceras är att nedbrytning sker av organiskt material i sedimentet. Där organiskt material förekommer påverkas gasproduktionen starkt av sedimentens temperatur. Undersökningen utfördes under hösten med låga vatten- och sedimenttemperaturer. Där gas har förekommit, har noteringar skett enligt följande skala;

1. mycket liten förekomst
2. liten förekomst
3. påtaglig förekomst
4. kraftig förekomst
5. mycket kraftig förekomst

Vanligen har ingen gas uppmärksamrats. Gasförekomst har dock noterats på följande provplatser; T12 (liten gasförekomst), 133 (påtaglig gasförekomst), T8 och T12 (kraftig gasförekomst).

Resultaten redovisas för varje provtagningsplats i provtagningsprotokoll i *bilaga 3*.

5. Analys- och försöksresultat

Kemiska analyser har utförts på diskreta prover från varje enskild provplats och provnivå. Protokoll för dessa analyser redovisas i bilagorna 4 och 5.

Bilaga 4; Laboratorieanalyser, metaller för provplatserna; 1-162

Bilaga 5; Laboratorieanalyser, metaller för provplatserna; T1-T12

Bilaga 5; Laboratorieanalyser, metaller för provplatserna; G1-G25

Bilaga 5; Laboratorieanalyser, metaller för provplatserna; D1-D4

Fysikaliska analyser har utförts på samlingsprover från följande provplatser:

Djuphålorna (11 st.); 92, 97, 98, 111, 119, 120, 129, 115, 124, 145, och 154.

Gruvviken (25 st.); G1-G25.

Norra delen (5 st.); 28, 56, 59, 81 och 84.

Södra delen ; (5 st.); 8156/6079, 8109/5670, 158, 114, och 117.

Tjursboviken (12 st.); 1-8 och 15-18.

Utloppsdelen (4 st.); 143, 150, 151, och T12.

Avvattning och enaxliga tryckförsök har utförts på samlingsprover från följande provplatser:

Norra delen (5 st.); 28, 56, 59, 81 och 84, nivåerna; 0-30 och 30-50 cm.

Gruvviken (6 st.); G6, G8, G11, G13, G15 och G20, nivåerna; 0-30, 30-50 och 50-70 cm..

Djuphålorna (11 st.); 92, 97, 98, 111, 119, 120, 129, 115, 124, 145, och 154, nivåerna 0-100 och 100-150 cm.

Protokoll för de fysikaliska analyserna redovisas i bilagorna 6-9:

Bilaga 6; Densitet, Vattenkvot, Konflytgräns, Skjuvhållfasthet, Glödgningsförlust.

Bilaga 7; Kornstorleksfördelning

Bilaga 8; Enaxliga tryckförsök

Bilaga 9; Avvattningsegenskaper

5.1 Sedimentens torrsubstanshalt och organisk halt.

Provplatserna 1-162

Torrsubstanshalt

Sedimentens torrsubstanshalt (%TS) varierar inom ett mycket stort spann, från ca 6% till ca 74 %. Den stora skillnaden förklaras i huvudsak av provernas innehåll av olika materialtyper som detritus, gyttja, sand, silt, lera, etc. Provens innehåll av oorganiskt material följer TS-halterna tämligen väl (se organisk halt). På vissa platser ökar TS-halten med ökat sedimentdjup, men detta gäller inte generellt för Tjursbosjön. Där gyttjelagret är djupt är TS-halterna tämligen lika för de fyra första provtagningsnivåerna (0-30, 30-50, 50-70 och 70-100 cm). Vanligen varierar TS-halterna här inom 8-11 %. Trots att det övre sedimentlagret (vanligen 5-30 cm) ofta är mycket löst har detta inte påtagligt lägre TS-halt än nästföljande lager. Medelvärdet för nivå 1 och 2 påverkas av att inom dessa nivåer ingår prover med stort oorganiskt innehåll.

Organisk halt

Den organiska halten (%GF) i sedimenten varierade från 0,5% till 97%. Den stora skillnaden förklaras med att proven ibland innehåller i det närmaste endast organiskt material och ibland i det närmaste endast oorganiskt material. Där sedimenten består av mäktiga gyttjelager är den organiska halten vanligen mellan 25-30%. Medelvärdet för nivå 1 och 2 påverkas av att inom dessa nivåer ingår prover med stort oorganiskt innehåll.

TS- och GF-halterna för provplatserna 1-162 finns sammanställda i *bilaga 10*.

Medelvärden för TS- och GF-halter för de olika nivåerna redovisas i *tabell 3*.

Tabell 3. TS- och GF-halter för proven; 1-162, nivå 1-4.

Nivå	1	1	2	2	3	3	4	4
	<i>spann</i>	<i>medelv.</i>	<i>spann</i>	<i>medelv.</i>	<i>spann</i>	<i>medelv.</i>	<i>spann</i>	<i>medelv.</i>
TS-halt	6-75	15,4	5,5-75	18,8	9-56	12,7	10-36	13,2
GF-halt	0,5-86	25,1	0,7-97	24,8	2,3-36	27,1	6-40	27,4

Provplatserna G1-G25

Torrsubstanshalt

Sedimentens torrsubstanshalt (%TS) på dessa prover tagna inom Gruvviken varierar normalt från ca 8% till ca 14 %. Enstaka prov (G2 och G16) har höga eller mycket höga TS-halter (62,7 och 22,6 %) pga provens innehåll av oorganiskt material .

Organisk halt

Den organiska halten (%GF) i sedimenten varierade normalt från ca 22% till ca 31%. Två av proven (G2 och G16) skiljer sig från de övriga med halterna 1,7 och 10,8 % GF till följd av stor andel oorganiskt material.

TS- och GF-halterna för provplatserna G1-G25 finns sammanställda i *bilaga 10* och *tabell 4*.

Provplatserna T1-T12

Torrsubstanshalt

Sedimentens torrsubstanshalt (%TS) varierar för dessa ofta strandnära prover från ca 7% till ca 74 %. Den stora skillnaden förklaras av provernas olika innehåll av oorganiskt material.

Organisk halt

Den organiska halten (%GF) i sedimenten varierade för dessa prov från 1,4 % till ca 51%.

Den stora skillnaden förklaras av provernas olika innehåll av oorganiskt material.

TS- och GF-halterna för provplatserna T1-T12 finns sammanställda i *bilaga 10* och *tabell 4*.

Provplatserna D1-D4

Torrsubstanshalt

Sedimentens torrsubstanshalt (%TS) varierar för dessa prover från djuphålorna mellan ca 7% - 17 %.

Organisk halt

Den organisk halten (%GF) i sedimenten varierar för dessa prover från djuphålorna mellan ca 29 % - 34%.

TS- och GF-halterna för provplatserna D1-D4 finns sammanställda i *bilaga 10* och *tabell 4*.

Tabell 4. TS- och GF-halter för proven; G1-G25, T1-T12 och D1-D4.

<i>Prover</i>	<i>TS-halt, spann</i>	<i>TS-halter, medel</i>	<i>GF-halter, spann</i>	<i>GF-halt, medel</i>
<i>G1-G25¹⁾</i>	<i>8-63</i>	<i>11,7</i>	<i>2-31</i>	<i>26,3</i>
<i>T1-T12²⁾</i>	<i>7-74</i>	<i>22,3</i>	<i>1,4-51</i>	<i>21,8</i>
<i>D1 D4³⁾</i>	<i>7-17</i>	<i>8,9</i>	<i>29-34</i>	<i>17,9</i>

1) Nivå 1 och 3. 2) Nivå 1,2 och 3. 3) Nivåerna D1; 1-6, D2; 1-2, D3; 1-2, D4; inga.

Samlingsprov för fysikaliska analyser

Organisk halt

Den organisk halten (%GF) har även bestämts på samlingsprover för fysikaliska analyser.

Dessa redovisas i *tabell 5* nedan.

Tabell 5. Organisk halt (% GF) i samlingsprover.,

<i>Provområde</i>	<i>Sedimentdjup (m)</i>	<i>% GF</i>	<i>Provområde</i>	<i>Sedimentdjup (m)</i>	<i>% GF</i>
<i>Djuphålorna</i>	<i>0-1,0</i>	<i>34,8</i>	<i>Södra delen</i>	<i>0-0,3</i>	<i>32,1</i>
	<i>0-0,3</i>	<i>31,8</i>	<i>Tjursboviken</i>	<i>0-0,3</i>	<i>26,3</i>
<i>Gruvviken</i>	<i>0-0,3</i>	<i>22,6</i>		<i>0,3-0,5</i>	<i>29,2</i>
	<i>0,3-0,5</i>	<i>16,9</i>	<i>Utloppsviken</i>	<i>0-0,3</i>	<i>39,9</i>
	<i>0,5-0,7</i>	<i>30,3</i>		<i>0,3-0,5</i>	<i>44,5</i>
	<i>0,7-1,0</i>	<i>26,9</i>			
<i>Norra delen</i>	<i>0-0,3</i>	<i>30,0</i>			
	<i>0,3-0,5</i>	<i>31,5</i>			

5.2 Föroreningsinnehåll

Haltkriterium för undersökningen

För bedömning av hur påverkat det undersökta området är, har som haltkriterium för påverkan valts nedan redovisade föroreningshalter, som utgör gräns för ingen eller liten påverkan från punktkälla enligt Naturvårdsverket rapport 4918 (1999) "Metodik för inventering av förorenade områden";

- (1) sjösediment
- (2) förorenade havssediment, där uppgifter saknas för kategori (1).

Arsenik (As)	40 mg/kgTS	(1)	
Barium (Ba)	700 mg/kgTS	(2)	
Kadmium (Cd)	32 mg/kgTS	(1)	
Kobolt (Co)	60 mg/kgTS	(2)	
Krom (Cr)	160 mg/kgTS	(1)	
Koppar (Cu)	140 mg/kgTS	(1)	
Kvicksilver (Hg)	1 mg/kgTS	(1)	(NV 4918, webupplaga, 2001)
Molybden (Mo)	40 mg/kgTS	(2)	
Nickel (Ni)	80 mg/kgTS	(1)	
Bly (Pb)	400 mg/kgTS	(1)	
Tenn (Sn)	14 mg/kgTS	(2)	
Vanadin (Va)	180 mg/kgTS	(2)	
Zink (Zn)	2400 mg/kgTS	(1)	

Dessa värden utgör inte saneringsmål, utan avser endast att belysa föroreningarnas utbredning. Naturvårdsverket har utkommit med en webupplaga av rapport 4918, 2001, där vissa justeringar gjorts i ovan angivna metallhalter. En separat åtgärdsutredning kommer att utföras för Tjursbosjön, där anpassade haltkriterier kommer att fastställas inför en eventuell åtgärd.

Undersökningsresultat – analyser

Gruvverksamheten vid Gladhammars gruvor har varit inriktad på fyndighetens höga förekomst av kobolt, koppar och järn vilket avspeglar sig i analysresultaten.

Metaller

Arsenik; se kommentar nedan.

Barium; ingenstans

Beryllium, ingenstans

Kadmium; ingenstans

Kobolt; se kommentar nedan samt sammanställda analysresultat i *bilaga 11*.

Krom; ingenstans

Koppar; se kommentar nedan samt sammanställda analysresultat i *bilaga 11*.

Kvicksilver; se kommentar nedan.

Järn, ingenstans

Litium, ingenstans

Mangan, ingenstans

Molybden; ingenstans

Nickel; se kommentar nedan.

Bly; se kommentar nedan.

Tenn; ingenstans

Vanadin; ingenstans

Zink; ingenstans

Kommentarer till analysresultaten:

Nedan anges provplats och provnivå på följande sätt, tex.: 49/2 avser provplats 49 och provnivå 2. Där halter anges sker det inom parantes, tex 49/2 (40,9) och avser halt i mg/kg TS.

Det är vanligt att metallhalterna i proven påverkas av provens innehåll av organiskt material. Där metallhalterna för ett prov i en serie plötsligt är lägre än i övriga prov, är ofta även den organiska halten låg.

Proverna 1-162

Arsenik (As) förekommer i förhöjda halter i proverna; 49/2 (40,9), 120/1 (42,6) och 120/2 (43,4).

Kobolt (Co) förekommer i höga till mycket höga halter över hela sjöytan från den nordöstra delen till utloppsviken i den sydvästra delen, ofta i halter som överskrider haltkriteriet med en tiopotens. Det går inte att särskilja någon del av sjön eller något vattendjup där sedimenten inte är starkt påverkad av kobolt. Endast undantagsvis innehåller proverna i den översta nivån halter som underskrider uppställda haltkriterie (ca 9%) och för nivå 2 ca 36%. De högsta halterna återfinns i sedimentnivå 1 och 2 och de allra högsta halterna har återfunnits i prover från nivå 1; 73/1 (1170), 154/1 (990) och 22/1 (941). De högsta halterna från nivå 2 fanns i proverna; 48/2 (919), 49/2 (847) och 75/2 (741).

På de 40 prover som analyserats från nivå 3, har 8 stycken (20%) förhöjda halter, samtliga med anslutning till Gruvviken; 20/3 (64,5), 21/3 (74,7), 22/3 (69,9), 23/3 (85,4), 48/3 (161), 49/3 (177), 51/3 (68,2) och 59/3 (85,2). Från nivå 4 har 67 prover analyserats där endast ett (1,5%) överskrider det ansatta haltkriteriet; 82/4 (70,6).

Koppar (Cu) följer i stort samma mönster som kobolt med höga till mycket höga halter över hela sjöytan. Även för koppar är endast 9 % av proven i den översta nivån under uppställda haltkriterie och 45 % i nivå 2. De högsta halterna har återfunnits i nivå 2 i proverna; 75/2 (8090), 120/2 (7450), 48/2 (6120). Högsta halter i nivå 1 var; 120/1 (5900), 113/1 (5760) och 141/1 (5090).

Från nivå 3 har 8 stycken prover (20%) förhöjda halter; 3/3 (388), 5/3 (141), 9/3 (158), 26/3 (174), 29/3 (174), 37/3 (148), 48/3 (1120) och 49/3 (541), alla från den norra delen av sjön. För nivå 4 har 3 stycken prover (4,5%) förhöjda halter; 48/4 (143), 82/4 (162) och 107/4 (248).

Kvicksilver (Hg) förekommer i förhöjda halter främst i sjöns nordligaste del samt inom eller i anslutning till Gruvviken och då ofta i sedimentnivåerna 2, 3 eller 4. Även i den nordvästra viken förekommer förhöjda halter av kvicksilver men då mestadels i den översta sedimentnivån. Halterna uppgår vanligen till mellan 1-2 mg Hg/kg TS (29 stycken platser). Den högsta halten uppmättes på provplats 25/ 3 (3,2). Halter mellan 2-3 mg Hg/kg TS har uppmätts på 9 platser i proverna; 3/2, 8/1, 9/4, 21/2, 21/3, 25/3, 31/3, 60/4, och 120/2

Nickel (Ni) har noterats i förhöjda halter i 5 prover; 2/1 (97,2), 48/2 (95,8), 120/1 (84,9), 120/2 (101) och 141/1 (92,3).

Bly (Pb) har noterats i förhöjda halter i 14 prover; 2/1 (538), 8/1 (449), 12/1 (610), 22/1 (494), 26/1 (407), 38/1 (537), 41/1 (592), 42/1 (586), 45/1 (400), 49/2 (531), 120/1 (1300), 120/2 (1260), 129/2 (471) och 141/1 (516). Samtliga platser finns i den norra delen av sjön utom tre stycken som finns kring djuphålan i den sydöstra delen av sjön.

Analysresultaten för proverna 1-162 finns sammanställda i *bilaga 11* och för Co och Cu i *tabell 6*.

Tabell 6. Co- och Cu-halt (mg/kg TS) för proven; 1-162, nivå 1-4.

Nivå	1	1	2	2	3	3	4	4
	<i>spann</i>	<i>medelv.</i>	<i>spann</i>	<i>medelv.</i>	<i>spann</i>	<i>medelv.</i>	<i>spann</i>	<i>medelv.</i>
Co-halt	11-1170	313	4-919	172	6-177	42	4-71	22
Cu-halt	18-5900	1610	10-8090	844	16-1120	133	45-248	79

Provplatserna G1-G25

Arsenik (As) förekommer inte i förhöjda halter.

Kobolt (Co) förekommer i höga halter i 19 av 20 analyserade prov i den översta nivån (95%). De högsta halterna har återfunnits i proverna; G20/1 (1410), G12/1 (858) och G19/1 (857).

På de 17 prover som analyserats från nivå 2, har 5 stycken (29%) förhöjda halter; G10/2 (97,8), G11/2 (73,9), G14/2 (70), G14/2 (625) och G19/2 (81,3).

Koppar (Cu) förekommer i höga halter i 18 av 20 analyserade prov i den översta nivån (90%). De allra högsta halterna har återfunnits i proverna; G9/1 (10300), G6/1 (9720) och G12/1 (7230).

På de 17 prover som analyserats från nivå 2, har 3 stycken (18%) förhöjda halter; G14/2 (3000), G9/2 (371) och G10/2 (217).

Kvicksilver (Hg) förekommer i förhöjda halter på 22 av totalt 37 stycken analyserade prover (59%). Halterna uppgår vanligen till mellan 1-2 mg Hg/kg TS (14 stycken platser). Halter mellan 2-3 mg Hg/kg TS har uppmätts på proverna; G6/1, G8/1, G8/3, G9/1, G12/1, G14/3, och G15/1. Den högsta halten uppmättes på provplats G9/1 (2,55). Liksom tidigare (proverna 1-162) visar dessa prover att kvicksilverföreningarna finns även på djupare nivåer. 8 prover med förhöjda halter återfinns i nivå 3; G8/3, G121/3, G19/3, G20/3, G22/3, G23/3 och G24/3.

Nickel (Ni) har förhöjda halter i 4 proverna; G6/1 (94,2), G9/1(141) och G12/1 (99,1).

Bly (Pb) har förhöjda halter i 4 proverna; G9/1 (874), G12/1 (865), G13/1 (588) och G14/3 (616).

Analysresultaten för proverna G1-G25 finns sammanställda i *bilaga 11* och för Co och Cu i *tabell 7*.

Provplatserna T1-T12

Arsenik (As) förekommer inte i förhöjda halter.

Kobolt (Co) förekommer i höga halter i 11 av 12 analyserade prov i den översta nivån (92%). De högsta halterna har återfunnits i proverna; T6/1 (521), T10/1 (240) och T7/1 (235). I de 8 prover som analyserats från nivå 2 och 3, saknas förhöjda halter.

Koppar (Cu) förekommer i höga halter i 18 av 20 analyserade prov i den översta nivån (90%). De allra högsta halterna har återfunnits i proverna; T12/1 (3310), T6/1 (2470) och T10/1 (2400).

I de 8 prover som analyserats från nivå 2 och 3, saknas förhöjda halter.

Kvicksilver (Hg) förekommer i förhöjda halter i 4 av totalt 20 stycken analyserade prover (20%); T2/1 (1,69), T2/2 (1,19), T3/1 (1,26) och T7/1 (1,08).

Nickel (Ni) förekommer inte i förhöjda halter.

Bly (Pb) förekommer inte i förhöjda halter.

Analysresultaten för proverna T1-T12 finns sammanställda i *bilaga 11* och för Co och Cu i *tabell 7*.

Provplatserna D1-D4

Arsenik (As) förekommer inte i förhöjda halter.

Kobolt (Co) förekommer i höga halter i samtliga 3 analyserade prov i den översta nivån; D/1 (231), D2/1 (206) och D3/1 (183). I nivå 2 hade D2/2 (140) förhöjd halt. Inget av övriga prover hade förhöjda halter.

Koppar (Cu) förekommer i höga halter i samtliga 3 analyserade prov i den översta nivån; D/1 (2290), D2/1 (2450) och D3/1 (2160). I nivå 2 hade D2/2 (1660) förhöjd halt. Inget av övriga prover hade förhöjda halter.

Kvicksilver (Hg) förekommer i förhöjda halter i 3 av totalt 10 stycken analyserade prover (30%); D1/3 (1,47), D2/2 (1,18) och D3/1 (2,52).

Nickel (Ni) förekommer inte i förhöjda halter.

Bly (Pb) förekommer inte i förhöjda halter.

Analysresultaten för proverna D1-D4 finns sammanställda i *bilaga 11* och för Co och Cu i *tabell 7*.

Tabell 7. Co- och Cu-halter för proven; G1-G25, T1-T12 och D1-D4.

Prover	Co-halt, spann	Co-halt, medel	Cu-halter, spann	Cu-halt, medel
G1-G25 ¹⁾	18-1410	312	38-10300	1805
T1-T12 ²⁾	11-521	97	18-3310	655
D1-D4 ³⁾	11-231	87	66-2450	924

1) Nivå 1 och 3. 2) Nivå 1,2 och 3. 3) Nivåerna D1; 1-6, D2; 1-2, D3; 1-2, D4; inga.

5.3 Förorenade sedimentmängder

De föroreningar som dominerar Tjursbosjön avseende halt och utbredning är kobolt (Co) och koppar (Cu). Dessa metaller är i huvudsak dimensionerande för bedömningen av föroreningarnas utbredning i Tjursbosjöns sediment, såväl areellt som på djupet. Dock förekommer kvicksilver (Hg) djupare i sedimentet främst inom eller i anslutning till Gruvviken och Tjursboviken men även på några platser i den norra och mellersta delen av sjön.

Bestämning av de förorenade sedimentens utbredning och volymer har skett på följande sätt: En genomgång har gjorts av analysresultaten för nivåerna 1-4 vid varje provplats, där samtliga metaller med halter över saneringskriteriet har noterats. På så vis har föroreningsdjupet för varje enskild provplats bestämts. Vidare har varje provplats ansetts vara centrum i och representera en yta som motsvarar provplatsfördelningen (75 x 100 m = 7 500 m²), justerat för eventuell närhet till land. Om landprofilen vid en strandnära provplats täcker t.ex. halva ytan i en sådan ruta, så har ytan justerats ned med 50 %.

För de övre två nivåerna, där merparten av provplatserna är förorenade, har arealsbestämningen gjorts genom att summera de platser som inte är förorenade och sedan subtrahera denna areal från Tjursbosjöns totala vattenareal exklusive öar, som är 119 ha (uppgift från Myrica AB). För övriga två nivåer har de förorenade provplatsernas areal summerats för respektive nivå. Baserat på dessa arealer har sedan de förorenade sedimentvolymer bestämts för respektive nivå.

En sammanställning av detta material redovisas i *bilaga 12* och i *tabell 8*.

Tabell 8. Förorenade arealer och volymer fördelade på sedimentdjup.

Nivå	Sedimentdjup (cm)	Areal (m ²)	Volym (m ³)
1	0-30	1 092 500	327 750
2	30-50	785 000	157 000
3	50-70	198 750	39 750
4	70-100	75 000	22 500
Summa			547 000 m ³

Dessa beräknade mängder förorenade sediment skall inte ses som saneringsvolymmer. Saneringsvolymerna kommer att baseras på uppställda haltkriterier som utreds separat under ramen för huvudstudiens åtgärdsutredning. Föroreningarnas utbredning i respektive nivå framgår av kartor i rapportens slut under *figurer*, där halterna lagts in för respektive provplats.

För nivå 1 upptar de förorenade sedimenten en yta av drygt 109 ha, d.v.s. ca 92 % av den totala sjöytan (119 ha) och en volym på ca 327 750 m³. Föroreningarna finns spridda över hela sjöytan med halter under uppställda haltkriterier endast på några få platser. Några av dessa platser finns mot förmodan i Gruvvikens norra del och har noterats inom den förtätade provtagningen, proverna; G1-3, G4, G5 och G9.

Inklusive den förtätade provtagningen omfattar undersökningen totalt 203 provplatser. Av dessa har 25 stycken inga föroreningshalter som överstiger de uppställda haltkriterierna. Flera av dessa provplatser (12 stycken) saknar helt sediment och har därför inte provtagits och analyserats. Detta innebär att 190 stycken provplatser av 203, eller 94 %, inom nivå 1 håller förhöjda halter.

För nivå 2 upptar de förorenade sedimenten en yta av ca 78,5 ha, dvs ca 66 % av den totala sjöytan och en volym på ca 157 000 m³. Föroreningarna finns även för denna nivå spridda över hela sjöytan men med halter under uppställda haltkriterier på sammanhängande platser i Tjursboviken och efter den västra stranden samt i den södra delen av sjön.

För nivå 3 upptar de förorenade sedimenten en yta av ca 20 ha, d.v.s. ca 17 % av den totala sjöytan och en volym på ca 39 750 m³. Föroreningarna finns främst i Gruvviken och de inre delarna av Tjursboviken.

För nivå 4 upptar de förorenade sedimenten en yta av ca 7,5 ha, d.v.s. ca 6 % av sjöytan och en volym på ca 22 500 m³. Föroreningarna finns på enstaka platser (10 stycken) i Gruvviken, i Tjursboviken och i den östra delen av sjön.

Den förorenade sedimentvolymen har totalt beräknats till ca 547 000 m³ vid aktuell TS-halt som sedimentet har på botten av sjön. TS-halterna varierar för de förorenade sedimenten mellan ca 6-75 %TS, med ett uppskattat medelvärde för de förorenade sedimenten på ca 16%TS. Den totala TS-mängden beräknas därmed till ca 87 500 m³. Densiteten skattas grovt till ca 1,01 ton/m³, varvid TS-mängden beräknas till ca 88 000 ton TS.

5.4 Fysikaliska undersökningar på samlingsprov

De fysikaliska analyserna har utförts på samlingsprover från olika områden enligt följande: Tjursboviken (12 st.) provplatserna; 1-8 och 15-18.

Norra delen (5 st. provplatserna); 28, 56, 59, 81 och 84.

Gruvviken (25 st.) provplatserna; G1-G25.

Djuphålorna (11 st.) provplatserna; 92, 97, 98, 111, 119, 120, 129, 115, 124, 145, och 154.

Södra delen ; (5 st.) provplatserna; 8156/6079, 8109/5670, 158, 114, och 117.

Utloppsdelen (4 st.) provplatserna; 143, 150, 151, och T12.

Jordartsbenämning

Proven har okulärt jordartsklassats enligt SGF 1981. Sedimenten klassas genomgående som gyttja eller grov gyttja med eller utan inslag av sand. Resultaten redovisas i *bilaga 6* och i *tabell 9*, nedan.

Densitet

Proven som undersökts gravimetriskt varierar mellan 1,0 till 1,04 t/m³. Det finns ingen entydig bild av att densiteten ökar med djup (konsolideringsgrad) eller beroende på innehåll av oorganiskt material. Resultaten redovisas i *bilaga 6* och i *tabell 9*, nedan.

Vattenkvot

Provrens vattenkvot varierar mellan 499 och 1240 w(%). De högsta noterade vattenkvoterna återfinns i djuphålorna och i utloppsviken. Resultaten redovisas i *bilaga 6* och i *tabell 9*, nedan.

Konflytgräns

Provrens konflytgräns varierar mellan 305 och 1240 w_L(%). De högsta noterade halterna för konflytgräns återfinns i djuphålorna och i utloppsviken. Resultaten redovisas i *bilaga 6* och i *tabell 9*, nedan.

Skjuvhållfasthet

Sedimentens egenskaper avseende skjuvhållfasthet har undersökts med fallkon. Resultaten visar låga värden mellan 0,06 och 0,13 kPa. På 6 av 13 utförda prov (46%) blev konintrycket mer än 20 mm med 10 grams kon. Resultaten redovisas i *bilaga 6* och i *tabell 9*, nedan.

Glödgningsförlust

Den organiska halten i proven som har bestämts genom glödgningsförlust (GF) varierar mellan 16,9 och 44,5 vikts %. Resultaten redovisas i *bilaga 6* och i *tabell 9*, nedan.

Tabell 9. Fysikaliska undersökningar på samlingsprov.

Område	Djup (m)	Klassning (SGF 1981)	Densitet (t/m ³)	Vattenkvot (w %)	Konflytgräns (w _L %)	Skjuvhållf. (kPa)	Glödgningsförlust (GF %)
Tjursboviken	0,0-0,3	grov gyttja	1,03	742	356	1)	26,3
	0,3-0,5	grov gyttja	1,01	767	418	0,11	29,2
Norra delen	0,0-0,3	grov gyttja	1,01	1120	490	0,06	30,0
	0,3-0,5	grov gyttja	1,0	1021	457	0,10	31,5
Gruvviken	0,0-0,3	sandig grov gyttja	1,0	739	305	0,08	22,6
	0,3-0,5	sandig gyttja	1,02	499	264	0,10	16,9
	0,5-0,7	gyttja	1,0	858	461	0,13	30,3
Djuphålorna	0,7-1,0	gyttja	1,04	670	388	0,18	26,9
	0,0-0,3	grov gyttja	1,02	1228	525	1)	31,8
	0,0-1,0	grov gyttja	1,0	1094	532	1)	34,8
Södra delen	0,0-0,3	grov gyttja	1,0	1098	449	1)	32,1
Utloppsviken	0,0-0,3	grov gyttja	1,03	1221	516	1)	39,9
	0,3-0,5	grov gyttja	1,0	1240	623	1)	44,5

- 1) konintryck mer än 20 mm med 10 g kon.

Kornstorleksfördelning

Sedimentens kornstorleksfördelning har undersökts genom siktning och sedimentation. Sedimenten klassas på grund av kornstorleksfördelning som gyttja, grov gyttja och sandig grov gyttja. Resultaten redovisas som jordartsbenämning och siktkurvor i *bilaga 7*.

5.5 Skjuvhållfasthet

Skjuvhållfasthetsförsök har även utförts på samlingsprover från provområdena: Norra delen, Gruvviken och Djuphålorna. De ingående provplatserna redovisas på sidan 10 i denna rapport.

Sedimentens egenskaper avseende densitet, vattenkvot, konflytgräns och skjuvhållfasthet har undersökts dels på ostabiliserade sediment och dels på avvattnat sediment vars vattenhalt anpassats till en lägsta TS-halt som medger packning av en stabil provkropp i provhylsorna. Skjuvhållfastheten har bestämts dels med enaxliga tryckförsök och dels med fallkon.

Erforderliga TS-halter för försöken var 21-38 % TS. Vattenkvoten varierade mellan 166-370 w %. Skjuvhållfastheten är tämligen låg, bestämd med enaxliga tryckförsök mellan 1,1-4,6 kPa och med fallkon 3,2-9,8 kPa.

Resultat av försöken med ostabiliserade och avvattnade prover redovisas i *bilaga 8* och för avvattnade prover även i *tabell 10* nedan.

Tabell 10. Enaxliga tryckförsök och skjuvhållfasthet på avvattnade samlingsprov.

Område	Djup (m)	Torrsubstans (%TS)	Densitet (t/m ³)	Vattenkvot (w%)	Enaxl. tryckförs. (kPa)	Kon-försök (kPa)
Norra delen	0,0-0,3	27	1,14	273	2,8	9,4
	0,3-0,5	21	1,12	370	1,1	3,2
Gruvviken	0,0-0,3	30	1,19	232	2,9	8,1
	0,3-0,5	29	1,16	248	3,5	9,8
	0,5-0,7	38	1,26	166	4,6	9,4
Djuphålorna	0,0-1,0	22	1,13	346	2,9	7,4
	1,0-1,5	22	1,09	353	3,7	7,8

5.6 Avvattningsegenskaper

Sedimentens avvattningsegenskaper har undersökts på samlingsprover från provområdena: Norra delen, Gruvviken och Djuphålorna. De ingående provplatserna redovisas på sidan 10 i denna rapport.

Resultaten redovisas i *bilaga 9*, samt sammanställt nedan i *tabell 11*.

I *bilaga 9* finns en detaljerad beskrivning över metoden avseende; val av polymer, spädning av prover, polymerdosering, samt sedimentens avvattningsbarhet och sluttorrhalt.

Flockningsförsök har utförts för att bestämma lämplig typ av polymer för flockning av slammet. Försöken har utförts på samtliga sediment med 9 olika polyelektrolyter (CDM) med

olika jonstyrka och laddning. Bästa flockningseffekt erhöles dels med nonjon och dels med katjonaktiva polymerer, där Magnaflock 351 (nonjon) och Zetag 7633 (katjon) gav de bästa effekterna.

Dränagetester med olika dosering av Magnaflock 351 utfördes på samtliga sediment. Enligt visuell bedömning hade även Zetag 7633 en bra flockningseffekt varför den testades på fem stycken sedimentprov. Endast på ett prov (djuphålor 0-100 cm) var den bättre än Magnaflock 351. Även Zetag 7645 testades på två sediment men med sämre resultat än Magnaflock 351.

Erforderlig polymerdosering varierar mellan ca 1,3-1,5 och 2,5-3 g/kg TS med ett medelvärde kring ca 2,3 g/kgTS. Bedömning av erforderlig polymerdosering ger främst information om eventuella skillnader i avvattningssegenskaper för de olika proven. Val av avvattningsutrustning påverkar erforderlig polymerdosering, men bedömningen av nivån kan ändå ge en rimlig bild av den mängd polymer som åtgår för att avvattna sedimenten.

Till följd av sedimentens låga hållfasthet kunde avvattning inte genomföras genom pressning mellan viradukar då sedimenten dels "kavlade" ut på sidorna och dels trycktes in i och tätade till viraduken. För avvattningen användes istället centrifugering. Erfarenhetsmässigt ger avvattning med centrifug i fullskala ett något högre avvattningsresultat än med laborietrustning.

Uppnådda TS-halter efter avvattning varierade mellan 13-19 % TS för samtliga prover utom för Gruvviken 50-70 cm, där TS-halten var 28 %.

Tabell 11. Avvattningssegenskaper för samlingsprov.

Område	Djup (m)	Torrsubstans Efter spädning (%TS)	Torrsubstans Efter avvattning (%TS)	Polymerdos (g/kgTS)
Norra delen	0,0-0,3	2,1	16	1,6-2,0
	0,3-0,5	2,0	15	2,5-3
Gruvviken	0,0-0,3	2,1	17	2,5-3
	0,3-0,5	2,5	19	1,3-1,5
	0,5-0,7	4,1	28	1,6-2,0
Djuphålor	0,0-1,0	1,9	13	2,5-3
	1,0-1,5	2,2	13	2,5-3

6. Sammanfattning

Allmänt

Tjursbosjön är en djup sjö med ett medeldjup på 10,1 m och ett maxdjup på 26 meter. Sjön har en stor vattenvolym och omsättningstiden är så lång som ca 8 år. Sjön har sedan början av 1500-talet påverkats av den gruvdrift som pågått vid Gladhammars gruvor i sjöns nordöstra del. Den största volymen malm som utvunnit är kopparmalm medan kobolt kanske varit den kommersiellt viktigaste mineralen. Idag finns föroreningar av många metaller, men främst av kobolt och koppar, spridda över hela sjöns yta.

Omgivning

Tjursbosjön har en oligotrof karaktär med sparsam förekomst av vass och flytbladsvegetation. Vegetationen (främst flytblad) är mest dominant i en vik i sjöns mellersata västra del, men utgör ingenstans hinder för eventuell muddring i sjön.

Den sydöstra delen av sjön (viken strax norr om utloppet) gränsar mot ett sankmarksområde. I denna del av sjön förekommer en torvliknande rotfilt (provplats 133).

Stränderna i den sydvästra delen av sjön är mycket branta med förekomst av block och sten. Sten förekommer också på många strandnära platser utefter hela sjön, dock mest markant i den norra och den östra och sydöstra delen.

Hårda bottenar bestående av sand eller silt förekommer på flera platser, bl.a. utefter den norra och östra delen av sjön. Sådana bottenar finns grovt angivna på djupkartan i *bilaga 1*.

Fältobservationer

Den normala lagerföljden för sediment i Tjursbosjön är att gyttjelagret underlagras av först silt eller sand och sedan lera. På två platser i sjöns sydvästra del noterades en ovanlig lagerföljd där lera överlagras silt eller sand (provplats;106) eller förekommer som en lins i siltlagret (provplats;144).

Färgen på sedimentet håller sig normalt i olika nyanser av brunt och grått. Gulbruna eller "senapsfärgade" sediment noterades på provplatserna; 43, 44, 62, 102 och 140. Vid provplatserna 62 och 76 innehöll sedimenten "rostfärgade" partier och vid provplatsen 101 var den underlagrande leran "tegelfärgad". På fyra platser (13, 24, 62 och T10) fanns flerfärgade sediment med bl.a. inslag av grönt, orange, beige och lila.

Svarta band i sedimentprofilen har noterats på några provplatser. Dessa var ofta något diffusa men fanns också tydligt markerade bl.a. vid provplatserna; 127 och 129. Vanligen orsakas färgförändringar i sedimenten av olikartade oxidationsförhållanden.

Det görs ingen koppling mellan förekomsten av färg eller svarta band och förhöjda halter av någon förorening, möjligen finns en tendens till låga halter av metaller där gulbruna eller "senapsfärgade" sediment förekommer

Undersökningsresultat

Sedimentprover har tagits upp på 203 provplatser. På dessa prov har okulärbeaktning utförts med bestämning av provtyp etc. och 588 stycken nivåprover har tagits ut för analyser.

Sedimentens *torrsubstanshalter* varierar mycket kraftigt, från låga värden som 6% upp till mycket höga värden som 74 %. Denna stora variation förklaras i huvudsak genom proven olika innehåll av oorganiskt material som sand och silt. Medelvärden för de fyra undersökta nivåerna var; nivå 1 (0-30 cm) 15,4 %, nivå 2 (30-50 cm) 18,8 %, nivå 3 (50-70 cm) 12,7 %, nivå 4 (70-100 cm) 13,2 %. Som medelvärde för de förorenade sedimentmängderna har beräknats en TS-halt på ca 16 %.

Som framgår av ovan varierar sedimentens innehåll av bl.a. silt och sand och därmed även dess organiska innehåll. *Glödförlusthalterna* varierar mellan 0,5 och 97 % med medelvärden för de olika nivåerna på 25-27%.

Förorenade sediment, volymer och mängder

Det är vanligt att metallhalterna i proven påverkas av provens innehåll av organiskt material. Där metallhalterna för ett prov i en serie plötsligt är lägre än i övriga prov så är ofta även den organiska halten låg i detta prov.

Kobolt och koppar dominerar föroreningsbilden för Tjursbosjön och är helt dimensionerande vid bedömningen av föroreningsmängder. Dock förekommer kvicksilver något djupare i sedimenten på några platser, främst i och kring Gruvviken. Kobolt och koppar förekommer över hela sjöarealen i halter som på vissa platser är många 10-potenser över uppställda haltkriterier. Flera andra metaller förekommer också över uppställda haltkriterier men även dessa platser domineras av kobolt, koppar eller kvicksilver

Haltkriterier för bedömning av sedimentens påverkadegrad har i huvudsak valts från Naturvårdsverket rapport 4918 "Metodik för inventering av förorenade områden", vid gränsen för ingen eller liten påverkan från punktkälla. Dessa utgör inte kriterier för en sanering. Dessa kommer att fastställas inom ramen för huvudstudiens ätgärdsutredning.

De förorenade sedimenten upptar en yta av drygt 109 ha (ca 92 % av den totala sjöytan) och har beräknats till ca 547 000 m³ vid aktuell TS-halt som sedimentet har på botten av sjön. Beräknat som TS-mängd uppgår de förorenade sedimenten till ca 87 500 m³ eller ca 88 000 ton TS.

Sedimentens *skjuvhållfasthet* efter avvattning har undersökts på samlingsprover från olika delar av Tjursbosjön med konförsök och med enaxliga tryckförsök. För konförsöken varierar resultaten mellan 3,2-9,8 kPa och för de enaxliga tryckförsöken mellan 1,1-4,6 kPa. Skjuvhållfastheten före avvattning understeg 0,2 kPa, vilket är mycket lågt.

Även *avvattningsförsöken* har utförts på samlingsprover från olika delar av Tjursbosjön. Sedimenten lät sig bäst flockas med tillsats av en nonjonaktiv polymer (Magnaflock 351) och erforderlig dosering varierade mellan 1,3-3 g/kgTS med medelvärdet ca 2,3 g/kgTS. Sedimenten har låg hållfasthet vilket medförde att avvattningen måste ske i centrifug. De uppnådda TS-halterna efter avvattning varierade mellan 13-19 % för samtliga prover utom för Gruvviken, nivå 50-70 cm, där TS-halten var 28 %.

Referenser

Ingenjörsg-geologiska fältundersökningsmetoder. KTH-rapport 1987.

Muddring och muddermassor. Naturvårdsverket allmänna råd 85:4.

Sanering avjärnsjön i Emån. Undersökning av förorenade sediment. Naturvårdsverket rapport 3998. v. Post H.

Utredning angående möjliga metoder för PCB-sanering av järnsjön. Undersökning av förorenade sediment. IVL rapport B 930. v. Post H.

Undersökning av förorenade sediment i Örserumsviken, Västerviks kommun. MiljöManagement Sv AB rapport 2000-04-10. v. Post H.

Åtgärdsteknik. Metoder för efterbehandling och sanering av förorenad mark. Naturvårdsverket rapport 4232.

Metoder för sanering av förorenade sediment i Japan. Naturvårdsverket rapport 4449.

Vägledning för miljötekniska markundersökningar, del 1:Strategi. Naturvårdsverket rapport 4310.

Vägledning för miljötekniska markundersökningar, del 2:Fältarbete. Naturvårdsverket rapport 4311.

Generella riktvärden för förorenad mark. Naturvårdsverket rapport 4638.

Efterbehandling av förorenade områden. Naturvårdsverket rapport 4803.

Åtgärdskrav vid efterbehandling. Naturvårdsverket rapport 4807.

Bedömningsgrunder för miljö kvalitet. Sjöar och vattendrag. Naturvårdsverket rapport 4913.

Metodik för inventering av förorenade områden. Naturvårdsverket rapport 4918.

Fälthandbok. Miljötekniska markundersökningar. Svenska Geologiska Föreningen rapport 1:2001.

Gladhammars gruvfält, utökad förstudie. Västerviks kommun och Envipro Miljöteknik AB, 2002 . Ramström C och Holmström H.

Gladhammars gruvor. Informationsblad, Västerviks kommun. 2003-05-16.

Muntlig information 2004; Christer Ramström, Västerviks kommun.

Muntlig information 2004; Hennig Holmström, Envipro Miljöteknik AB.