



# Resultat av kompletterande referensundersökningar, Projekt Gladhammars gruvor 2009

Rapport 2010:01

Upprättad 2012-12-12  
Version 1.0

Upprättad av Christer Hermansson, Västerviks kommun



## Innehållsförteckning

<b>Huvudman och ansvarsfördelning .....</b>	<b>3</b>
<b>Bakgrund och syfte.....</b>	<b>3</b>
<b>Projektets åtgärds mål.....</b>	<b>4</b>
<b>Ytavrinning från varphögarna vid Holländarefältet .....</b>	<b>5</b>
<b>Ytvattenprovtagning i Tjursbosjön .....</b>	<b>7</b>
<b>Jämförelser mellan referensprovtagning och Huvudstudien .....</b>	<b>16</b>
<b>Provtagning av Tjursbosjöns och Ekenässjöns utlopp, Kyrksjöns in- och utlopp samt Perstorps gölens utlopp och Marens in- och utlopp.....</b>	<b>18</b>
Provtagningsmetodik .....	18
<b>Provtagning av Torsfallsån .....</b>	<b>32</b>
Provtagningsmetodik .....	32
<b>Sedimentfällor i Tjursbosjön, Ekenässjön och Kyrksjön.....</b>	<b>38</b>
Provtagningsmetodik .....	38
<b>Brunnsvatten .....</b>	<b>39</b>
Provtagningsmetodik .....	39
<b>Biologiska undersökningar .....</b>	<b>41</b>
<b>Provtagnings- och resultatredovisning.....</b>	<b>42</b>
<b>Bilagor: .....</b>	<b>43</b>
<b>1. Krav på rapporteringsgränser.....</b>	<b>43</b>
<b>2. System för providentifikation och provstationsbenämningar.....</b>	<b>44</b>
<b>3. Kartor över provpunkter .....</b>	<b>47</b>
<b>4. Provtagningsdatum .....</b>	<b>52</b>
<b>5. Referenser .....</b>	<b>53</b>

## **Huvudman och ansvarsfördelning**

Huvudman för efterbehandlingen är Västerviks kommun. Ansvarig för upprättande och genomförande av miljökontrollprogrammet har varit projektets funktionsansvarige för miljökontroll, Christer Hermansson, Västerviks kommun.

## **Bakgrund och syfte**

Följande dokument innehåller resultaten från de kompletterande referensundersökningar inom Projekt Gladhammars gruvor som genomförts under 2009. Huvudstudien som genomfördes 2003-2005 gav, förutom underlag för efterbehandlingen, ett rikt referensmaterial. Syftet med referenskontrollprogrammet var att komplettera tidigare genomförda undersökningar i de delar där dataunderlaget var otillräckligt eller saknades samt för att se att vissa värden som erhållits tidigare ännu är stabila.

Referensundersökningarna genomfördes av Christer Hermansson och Christer Ramström, Miljö- och byggnadskontoret, Västerviks kommun, samt en provtagning av Gustaf Grumert, praktikant på Miljö- och byggnadskontoret, Västerviks kommun. All personal har genomgått recipientprovtagningsutbildning eller motsvarande.

## Projektets åtgärds mål

Projektets mätbara åtgärds mål är:

- spridningen av koppar från gruvområdet till Tjursbosjön ska minska med minst 90 %,
- spridningen av koppar från Tjursbosjön ska minska med minst 90 %,
- kopparhalten i Tjursbosjön ska på sikt inte överstiga 4 µg/l.

Hur uppfyllandet av dessa mål ska beräknas har varit föremål för diskussioner. Spridningen av koppar från gruvområdet beräknades under Huvudstudien 2004 (rapport 2004:08) enligt följande:

Uppmätt medelkopparhalt i stollgången x 18 400 m<sup>3</sup>/år +  
Uppmätt medelkopparhalt i avrinnande ytvatten x 17 200 m<sup>3</sup>/år +  
Uppmätt medelkopparhalt i grundvattenrör 3, 4, 5, 8, 9, och 11 x 2000 m<sup>3</sup>/år

Spridning av koppar från gruvområdet ska beräknas på samma sätt i Efterkontrollen som under Huvudstudien. Eftersom Stollgången pluggas under efterbehandlingen, kommer flödet där att antas ha upphört helt. I stället förväntas grundvattenytan i området stiga, vilket gör att mängden utflödande grundvatten x medelhalt i grundvattenrören enligt ovan kan behöva justeras med ledning av uppmätta grundvattennivåer.

Spridningen av koppar från Tjursbosjön ska under Efterkontrollen mätas relativt den medelhalt av koppar som uppmätts under Utökade förstudien (2002) och Huvudstudien (2004) samt Referenskontrollen (2009). Endast haltminskning ska mätas, eftersom en reduktion av halten med 90 % innebär en minskning av spridningen med 90 % med samma flöde som beräkningsgrund.

## Ytavrinning från varphögarna vid Holländarefältet

**Syfte:** Att bättre kunna beräkna den årliga tillförseln av metaller som sker genom direkt ytavrinning vid regn från gruvavfallet runt gruvhålen på Holländarefältet samt få bättre underlag för efterkontrollen.

Provtagning skedde på de tre platser som provtogs under Huvudstudien; intill Stollgången, vid GV 6 och vid GV 17. Provtagning skedde 2004 under vecka 29 och 2009 under vecka 28. Vädret var vid de båda provtagningarna likartat med ganska stora nederbördsmängder.

Minst två provtagningsomgångar eftersträvades under referenskontrollen, men endast en provtagning kunde genomföras. Visserligen fanns regnrika perioder under 2009, men det regn som föll var oftast i för små mängder för att kunna bilda direktavrinnande bäckar till Tjursbosjön. I stället avrann vattnet oftast bara utför berget och bildade ytligt grundvatten i stället.

**Provtagningsmetodik:** Vid kraftigare regn uppkommer snabbt små bäckar nedför berget vid Holländarefältet som leder ytavrinnande vatten direkt från varphögarna och ut i sjön. Ett ofiltrerat prov togs på varje provpunkt genom att provflaskan fördes direkt i bäckarna eller så hölls provflaskan under utsprång eller liknande där vattnet kunde fås att rinna direkt ner i provflaskan.

Flödet vid provtagningstillfället var för litet för att kunna samlas upp i en hink eller motsvarande för fältmätning av temperatur, konduktivitet, pH och redox.

### Resultat vid Stollgången

	As µg/l	Co µg/l	Cu µg/l	Ni µg/l	Pb µg/l	Zn µg/l
2004	0,575	1820	4440	190	92	116
2009	<1	3010	7590	329	113	151

### Resultat vid GV 6

	As µg/l	Co µg/l	Cu µg/l	Ni µg/l	Pb µg/l	Zn µg/l
2004	1,09	7900	19000	638	138	210
2009	<5	11300	22800	813	263	234

### Resultat vid GV 17

	As µg/l	Co µg/l	Cu µg/l	Ni µg/l	Pb µg/l	Zn µg/l
2004	0,785	1900	6840	125	50,1	87,4
2009	<1	2730	8130	211	34,5	94,9

Halterna av arsenik låg under rapporteringsgräns 2009 och var således låga. Halterna av kobolt var högre 2009 än 2004; 65 % högre vid Stollgången, 43 % högre vid GV 6 och 43 % högre vid GV 17. Halterna av koppar var också högre 2009 än 2004; 71 % högre vid Stollgången, 15 % högre vid GV 6 och 19 % högre vid GV 17. Även halterna av nickel var högre 2009 än 2004; 73 % högre vid Stollgången, 27 % högre vid GV 6 och 69 % högre vid GV 17 högre vid GV 17. Blyhalterna var högre vid Stollgången och GV 6, medan den var

lägre vid GV 17; 23 % högre vid Stollgången, 90 % högre vid GV 6 och 31 % lägre vid GV 17 än 2004. Halterna av zink var något högre 2009 än 2004; 30 % högre vid Stollgången, 11 % högre vid GV 6 och 9 % högre vid GV 17.

Det är alltid svårt att dra långtgående slutsatser på ett litet tillgängligt provmaterial. Faktorer som kan tänkas påverka koncentrationen av metaller i bäckarna är flera, till exempel tiden sedan senaste regnskur (hur mycket som hunnit vittra sedan senaste ursköljningen), mängden regn (utspädning), eventuell fastläggning av metaller respektive mobilisering av tidigare fastlagda metaller utmed vattnets väg utför berget etc. Jämfört med tidigare beräkningar visar provtagningen 2009 att det kan vara så att en större mängd metaller tillförs Tjursbosjön än tidigare beräkningar visat och att i vart fall överskattades inte mängden transporterade metaller i huvudstudien.

	<b>Beräknad transporterad mängd 2004 (ur Huvudstudien, 2004:08)</b>	<b>Beräknad transporterad mängd 2009</b>	<b>Beräknad transporterad mängd, medelvärde av 2004 och 2009</b>
<b>(kg/år)</b>			
<b>As</b>	0,014	under rapporteringsgräns	0,014
<b>Co</b>	66,6	97,7	82,2
<b>Cu</b>	174	221	197
<b>Ni</b>	5,46	7,8	6,6
<b>Pb</b>	1,61	2,4	2,0
<b>Zn</b>	2,37	2,8	2,6

## Ytvattenprovtagning i Tjursbosjön

**Syfte:** Att erhålla bakgrundsvärden för turbiditet samt halter av suspenderande ämnen, glödrest och närsalter och kontrollera att de resultat från Huvudstudien 2004 där det konstaterades att metallhalterna och fältparametrar som pH, konduktivitet och redox i Tjursbosjön är synnerligen stabila ännu kvarstod. Provtagning skedde kvartalsvis (2009-03-10, 2009-06-11, 2009-09-21 och 2009-11-09).

**Provtagningsmetodik:** Prov togs vid tre provpunkter; TJN (Tjursbosjön Norr), TJM (Tjursbosjöns Mitt) samt TJS (Tjursbosjön Syd, Utloppsviken). Vid varje mätpunkt finns en boj att göra fast sig i för att säkerställa att provtagningen alltid sker på samma plats. Prov togs med Ruttnerhämtare på 0,1 m djup samt var femte meter ner till en meter över botten vid provpunkterna TJN och TJM, medan TJS bara tas på två nivåer. Detta innebär att prov tas på följande nivåer:

TJN: 0,1 m, 5 m, 10 m, 15 m (2 meter över botten)

TJM: 0,1 m, 5 m, 10 m, 15 m, 20 m, 25 m

TJS: 0,1 m, 3 m

Vatten från varje nivå hämtades med metallfri Ruttnerhämtare och tappades direkt i provflaskorna. Vid provtagning för metaller hälldes vattnet i en liten behållare av HDPE varifrån sedan vatten sögs upp direkt i spruta för filtrering. Metallprover filtrerades direkt i provflaskan genom ett 0,45 µm filter.

Ytterligare ca 0,5 l vatten hälldes upp i en hink för fältmätning av temperatur, syrgas, konduktivitet, pH och redox. Mätvärden noterades direkt i fältprotokoll.

Turbiditetsmätning skedde vid ytan och metervis ner till 10 m djup på provpunkt TJN. Mätvärden noterades direkt i fältprotokoll.

Fältmätning av temperatur, syrgas, konduktivitet, pH och redox skedde från ytan och ner till 10 m djup samt på de nivåer där prov för analys togs.

### Resultat från Tjursbosjön Norr (TJN)

#### **pH, konduktivitet, redox, syrgas, temperatur, turbiditet**

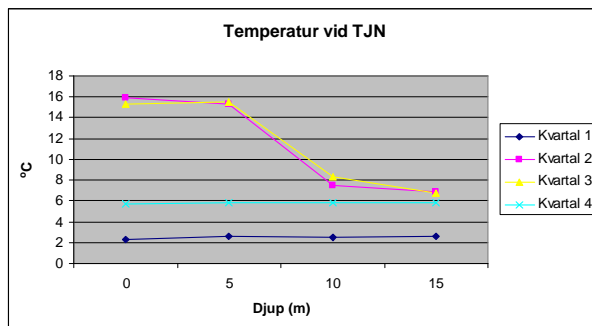
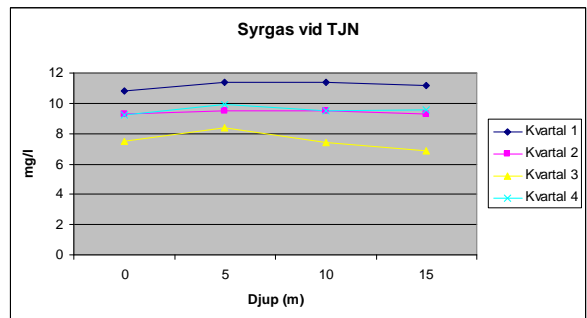
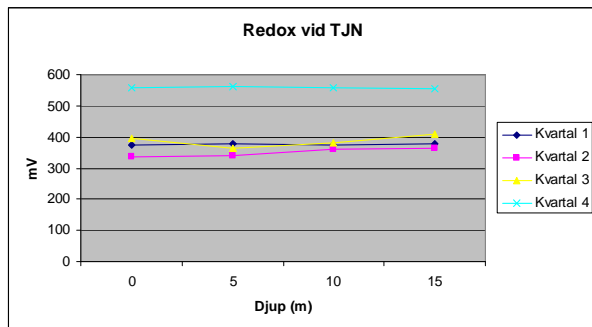
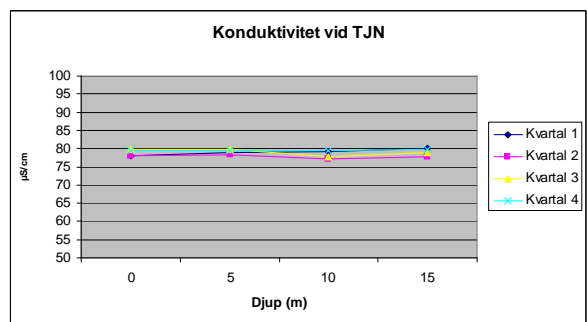
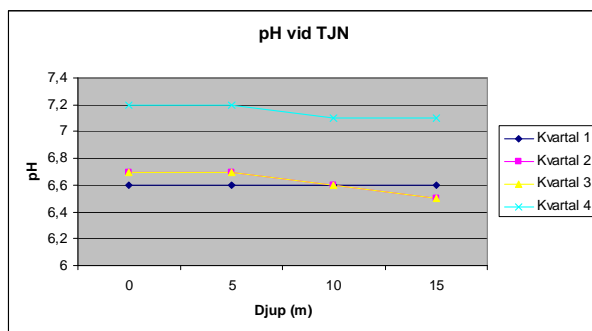
pH varierade i provpunkten från 6,5 (15 m djup, kvartal 2 och 3) till 7,2 (ytan och 5 m djup kvartal 4). pH är högst under kvartal 4, (pH 7,1 – 7,2) medan det ligger lägre (pH 6,5-6,7) under kvartal 1, 2 och 3. Medelvärde för pH var  $6,8 \pm 0,2$ .

Konduktivitetsvariationerna var små, från 77,3 µS/cm (10 m djup, kvartal 2) till 80,1 µS/cm (15 m djup, kvartal 1). Medelvärde för konduktivitetsmätningarna var  $78,9 \pm 0,89$  µS/cm.

Redox varierade från 340mV (ytan, kvartal 2) till 560 mV (ytan, kvartal 4). Redox var högst under kvartal 4, och varierade väldigt lite inom provtagningsomgångarna. Medelvärde för redox var  $418 \pm 86$  mV.

Syrgashalterna var högst under kvartal 1 och lägst under kvartal 3. Syrgashalterna varierade mellan 6,9 mg/l (15 meter djup, kvartal 3) och 11,4 mg/l (5 och 10 m djup, kvartal 1). Syrgas förbrukas väldigt långsamt på grund av de små mängderna organiskt material i sjön och syrebrist uppstår aldrig. Syrehalt mellan 5-7 mg/l bedöms som måttligt syrerikt, medan syrehalt >7 mg/l bedöms som syrerikt (NV rapport 4913). Medelvärde för syrgashalt var  $9,4 \pm 1,4$  mg/l.

Vid provtagningarna under kvartal 1 och 4 var temperaturen väldigt jämn i hela vattenmassan, medan ett utbildat språngskikt fanns på 6-7 m djup vid provtagningarna kvartal 2 och 3.



Turbiditeten vid TJN är mycket låg, värden mellan 0,33 – 0,54 NTU uppmättes vid provtagningarna, med mycket små individuella variationer inom provtagningarna. Under 0,5 FNU (i princip lika med NTU) bedöms som ej eller obetydligt grumlat och 0,5-1,0 FNU bedöms som svagt grumligt (NV rapport 4913).



## Metaller (n=16)

Arsenikhalterna varierade mellan 0,294 µg/l (10 m djup, kvartal 2) och 0,469 µg/l (15 m djup, kvartal 4) med ett medelvärde på  $0,363 \pm 0,047$  µg/l. Arsenikhalter under 0,4 µg/l bedöms som mycket låga, 0,4-5 µg/l bedöms som låga halter (NV rapport 4913).

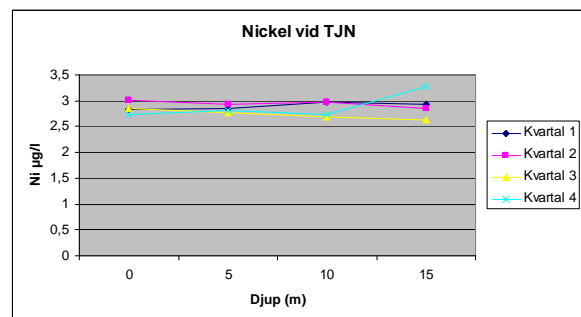
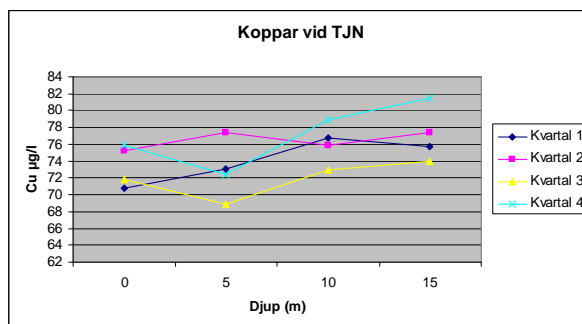
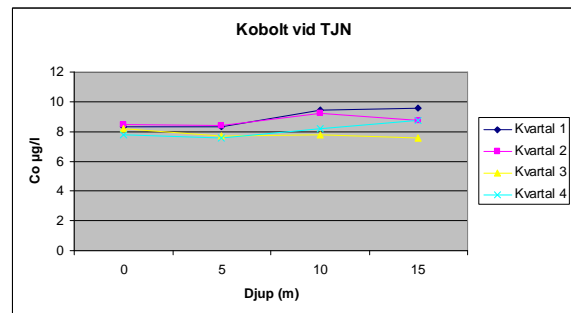
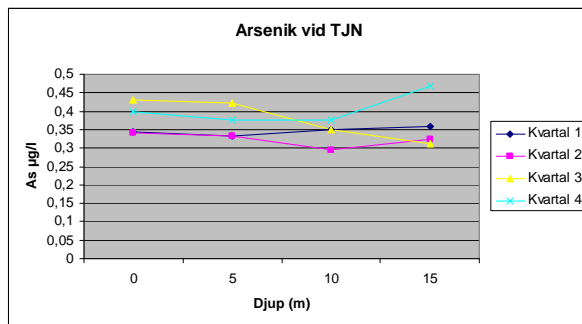
Kobolthalterna varierade mellan 7,56 µg/l (5 m djup, kvartal 4) och 9,56 µg/l (15 m djup, kvartal 1) med ett medelvärde på  $8,37 \pm 0,64$  µg/l.

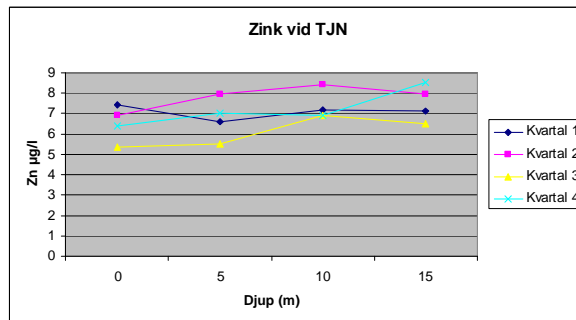
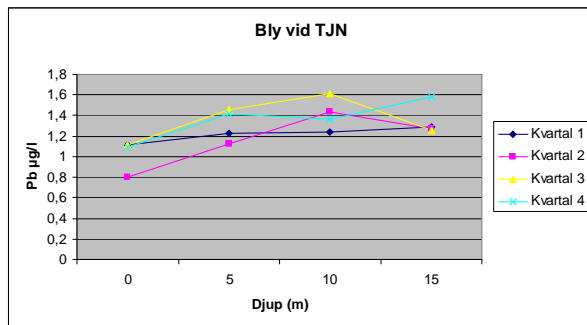
Kopparhalterna varierade mellan 68,9 µg/l (5 m djup, kvartal 3) och 81,4 µg/l (15 m djup, kvartal 4) med ett medelvärde på  $74,9 \pm 3,2$  µg/l. Över 45 µg/l bedöms som mycket höga halter (NV rapport 4913).

Nickelhalterna varierade mellan 2,63 µg/l (15 m djup, kvartal 3) och 3,27 µg/l (15 m djup, kvartal 4) med ett medelvärde på  $2,87 \pm 0,15$  µg/l. Mellan 0,7 – 15 µg/l bedöms som låga halter (NV rapport 4913).

Blyhalterna varierade mellan 0,801 µg/l (yta, kvartal 2) och 1,61 µg/l (10 m djup, kvartal 3) med ett medelvärde på  $1,27 \pm 0,21$  µg/l. 0,2-1 µg/l bedöms som låga halter och mellan 1 – 3 µg/l bedöms som måttligt höga halter (NV rapport 4913).

Zinkhalterna varierade mellan 5,34 µg/l (ytan, kvartal 3) och 8,51 µg/l (15 m djup, kvartal 4) med ett medelvärde på  $7,05 \pm 0,9$  µg/l. Mellan 5-20 µg/l bedöms som låga halter (NV rapport 4913).





Inga samlade trender för variationerna i metallhalt har kunnat ses.

### Alkalinitet (n=16)

Alkaliniteten i provpunkten har varierat mellan 0,13 och 0,15 mekv/l. 0,10-0,20 mekv/l bedöms som god buffringkapacitet (NV rapport 4913). Medelvärde för alkalinitet låg på  $0,14 \pm 0,01$  mekv/l.

### Susp och glödrest (n=16)

Susp och glödrest har vid samtliga provtagningar understigit detektionsgränsen på 5 mg/l.

### TOC (n=16)

TOC varierade mellan 5 – 11 mg/l (10 m djup, kvartal 2 respektive kvartal 1). Medelvärdet på TOC vid provpunkten var  $9,7 \pm 1,3$  mg/l.

### Närsalter etc (n=16)

Ammoniumkväve har ett medelvärde på  $18,5 \pm 9,91$  µg/l, baserat på 10 prov. För sex prov låg ammoniumkvävehalten under rapporteringsgränsen på 10 µg/l.

Nitrit- och nitratkväve har ett medelvärde på  $196,3 \pm 31,2$  µg/l.

Totalfosfor har ett medelvärde på  $6,0 \pm 0,93$  µg/l, baserat på 8 prov. För åtta prov låg totalfosforhalten under rapporteringsgränsen på 5 µg/l. Under 12,5 µg/l bedöms som mycket låga halter (NV rapport 4913).

Totalkväve har ett medelvärde på  $595 \pm 33,5$  µg/l. 300-625 µg/l räknas som måttligt höga halter (NV rapport 4913).

Svavel har ett medelvärde på  $2,6 \pm 0,1$  µg/l.

Sulfat har ett medelvärde på  $8,3 \pm 0,1$  µg/l.

## Resultat från Tjursbosjön Mitt (TJM)

### pH, konduktivitet, redox, syrgas, temperatur

pH varierade i provpunkten från 6,3 (20 och 25 m djup, kvartal 3) till 7,3 (yta kvartal 3). pH är högst under kvartal 4, (pH 6,8 – 7,0) medan det ligger lägre (pH 6,3-6,7) under kvartal 1, 2 och 3. Medelvärde för pH låg på  $6,7 \pm 0,3$ .

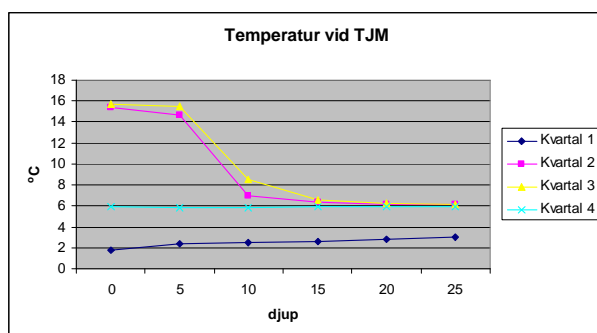
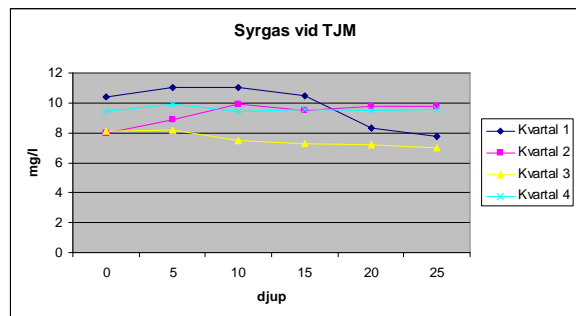
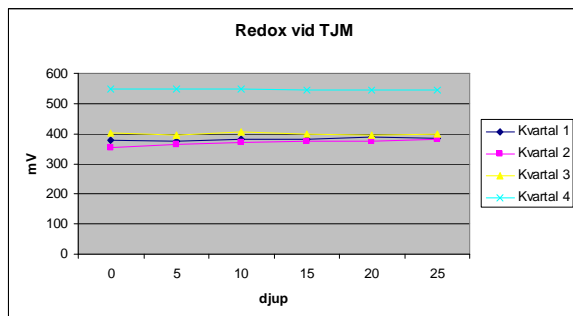
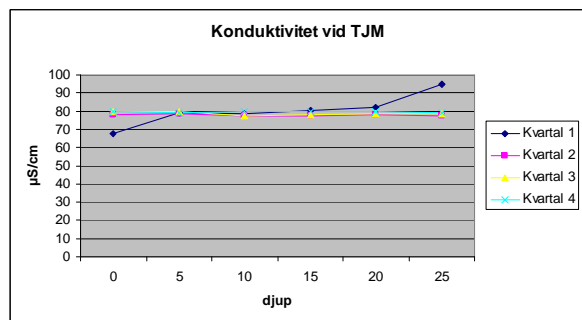
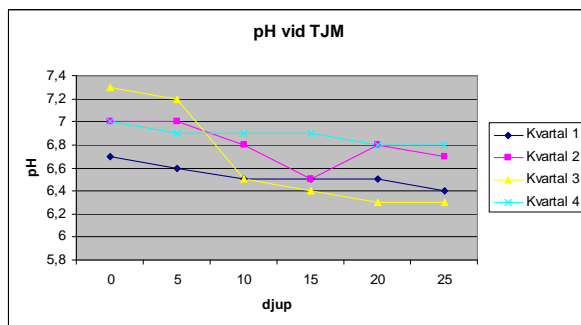
Konduktivetsvariationerna var totalt sett större vid TJM än vid TJN, från 67,5 µS/cm (yta, kvartal 1) till 94,9 µS/cm (25 m djup, kvartal 1). Medelvärde för konduktivetsmätningarna var

78,4±2,8 µS/cm. Kvartal 1 var konduktivitetsvariationerna som störst, medan variationerna var betydligt mindre vid de följande provtagningarna.

Redox varierade från 353 mV (ytan, kvartal 2) till 547 mV (ytan till 10 m djup, kvartal 4). Redox var högst under kvartal 4, och varierade relativt lite inom provtagningsomgångarna. Medelvärde för redox var 423 ± 74,1 mV.

Syrgashalterna var högst under kvartal 1 och lägst under kvartal 3. Syrgashalterna varierade mellan 7,0 mg/l (25 meter djup, kvartal 3) och 11,0 mg/l (5 och 10 m djup, kvartal 1). Syrgas förbrukas på grund av de små mängderna organiskt material i sjön väldigt långsamt och syrebrist uppstår aldrig. Syrgashalt >7 mg/l som årslägsta värde bedöms som syrerikt (NV rapport 4913). Medelvärde för syrgasmätningarna var 9,2 ± 1,2 mg/l.

Vid provtagningarna under kvartal 1 och 4 var temperaturen väldigt jämn i hela vattenmassan, medan ett utbildat språngskikt fanns på 6-7 m djup vid provtagningarna kvartal 2 och 3.



## Metaller (n=24)

Arsenikhalterna varierade mellan 0,286 µg/l (15 m djup, kvartal 2) och 0,447 µg/l (ytan, kvartal 3) med ett medelvärde på  $0,349 \pm 0,039$  µg/l. Arsenikhalter under 0,4 µg/l bedöms som mycket låga, 0,4-5 µg/l bedöms som låga halter (NV rapport 4913).

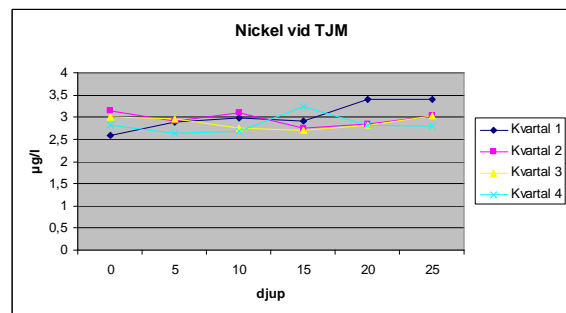
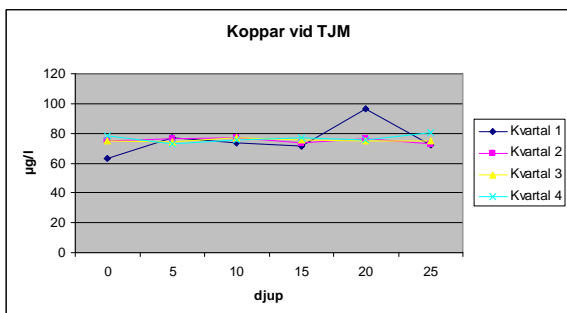
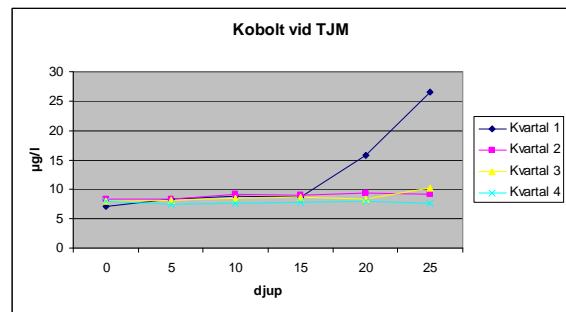
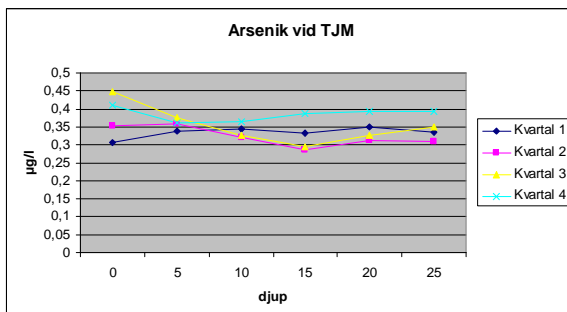
Kobolthalterna varierade mellan 7,08 µg/l (ytan, kvartal 1) och 26,5 µg/l (25 m djup, kvartal 1) med ett medelvärde på  $9,45 \pm 3,99$  µg/l.

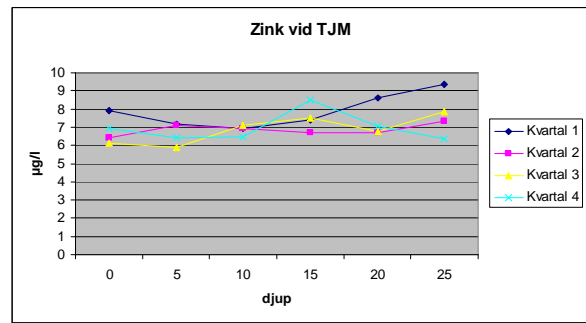
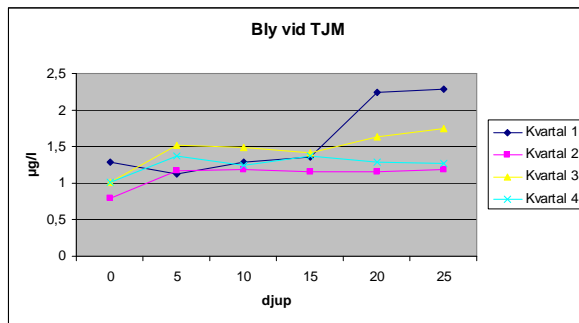
Kopparhalterna varierade mellan 63,1 µg/l (ytan, kvartal 1) och 96,2 µg/l (20 m djup, kvartal 1) med ett medelvärde på  $75,6 \pm 5,4$  µg/l. Över 45 µg/l bedöms som mycket höga halter (NV rapport 4913).

Nickelhalterna varierade mellan 2,59 µg/l (ytan, kvartal 1) och 3,39 µg/l (20 och 25 m djup, kvartal 1) med ett medelvärde på  $2,93 \pm 0,21$  µg/l. Mellan 0,7 – 15 µg/l bedöms som låga halter (NV rapport 4913).

Blyhalterna varierade mellan 0,79 µg/l (yta, kvartal 2) och 2,28 µg/l (25 m djup, kvartal 1) med ett medelvärde på  $1,36 \pm 0,35$  µg/l. 0,2-1 µg/l bedöms som låga halter och mellan 1 – 3 µg/l bedöms som måttligt höga halter (NV rapport 4913).

Zinkhalterna varierade mellan 5,87 µg/l (5 m djup, kvartal 3) och 9,36 µg/l (25 m djup, kvartal 1) med ett medelvärde på  $7,15 \pm 0,83$  µg/l. Mellan 5-20 µg/l bedöms som låga halter (NV rapport 4913).





Inga samlade trender för variationerna i metallhalt har kunnat ses.

### Alkalinitet (n=24)

Alkaliniteten i provpunkten har varierat mellan 0,10 och 0,18 mekv/l. 0,10-0,20 mekv/l bedöms som god buffringkapacitet (NV rapport 4913). Medelvärde för alkalinitet låg på  $0,14 \pm 0,01$  mekv/l.

### Susp och glödrest (n=24)

Susp och glödrest har vid samtliga provtagningar understigit detektionsgränsen på 5 mg/l.

### TOC (n=24)

TOC har varierat mellan 8,9 – 12 mg/l (yta, kvartal 1 respektive 20 m djup kvartal 3). Medelvärdet på TOC vid provpunkten var  $10 \pm 0,79$  mg/l.

### Närsalter etc (n=24)

Ammoniumkväve har ett medelvärde på  $18,3 \pm 10,8$  µg/l, baserat på 18 prov. För sex prov låg ammoniumkvävehalten under rapporteringsgränsen på 10 µg/l.

Nitrit- och nitratkväve har ett medelvärde på  $202,5 \pm 31,8$  µg/l.

Totalfosfor har ett medelvärde på  $6,7 \pm 2,2$  µg/l, baserat på 11 prov. För 13 prov låg totalfosforhalten under rapporteringsgränsen på 5 µg/l. Under 12,5 µg/l bedöms som mycket låga halter (NV rapport 4913).

Totalkväve har ett medelvärde på  $597 \pm 35,2$  µg/l. 300-625 µg/l räknas som måttligt höga halter (NV rapport 4913).

Svavel har ett medelvärde på  $2,6 \pm 0,2$  µg/l.

Sulfat har ett medelvärde på  $8,2 \pm 0,2$  µg/l.

### Resultat från Tjursbosjön Södra (TJS)

#### pH, konduktivitet, redox, syrgas, temperatur

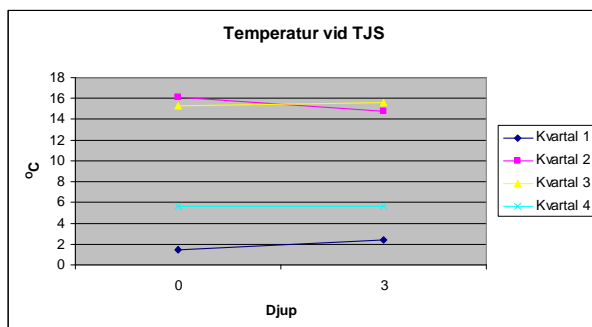
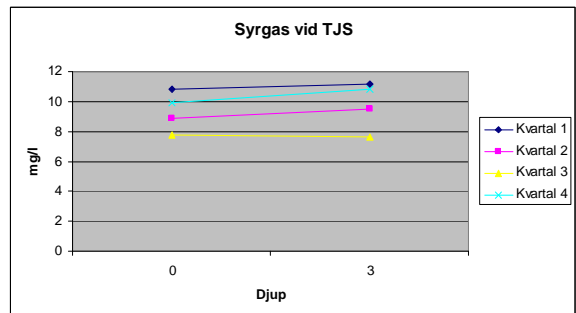
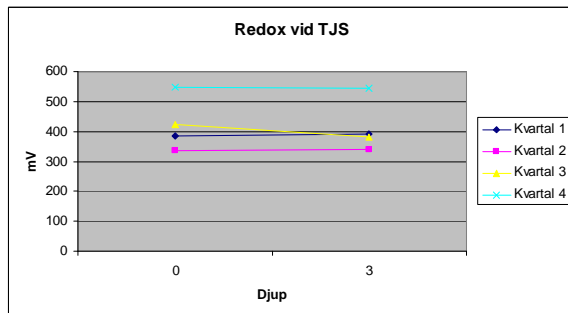
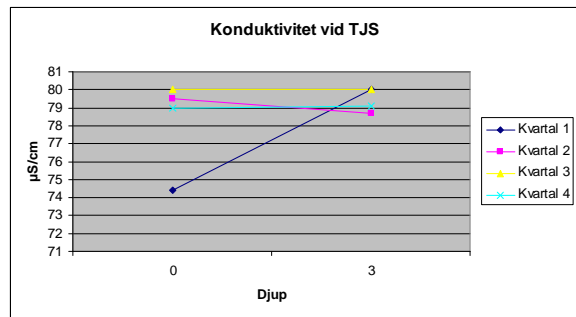
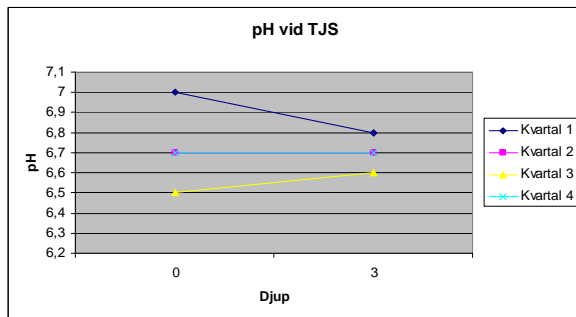
pH varierade i provpunkten från 6,5 (ytan, kvartal 3) till 7,0 (yta kvartal 1). pH är högst under kvartal 1, (pH 6,8 – 7,0) medan det ligger lägre (pH 6,5-6,7) under kvartal 2, 3 och 4. Medelvärde för pH låg på  $6,7 \pm 0,2$ .

Konduktivetsvariationerna var små vid TJS, från 74,4 µS/cm (yta, kvartal 1) till 80 µS/cm (3 m djup, kvartal 1 samt yta och 3 m djup kvartal 3). Störst skillnad i konduktivitet mellan yta och botten återfanns under kvartal 1. Medelvärde för konduktivetsmätningarna var  $78,2 \pm 2,6$  µS/cm.

Redox varierade från 335 mV (ytan, kvartal 2) till 547 mV (ytan, kvartal 4). Redox var högst under kvartal 4, och varierade relativt lite inom provtagningsomgångarna. Medelvärde för redox var  $423 \pm 90,3$  mV.

Syrgashalterna var högst under kvartal 1 och lägst under kvartal 3. Syrgashalterna varierade mellan 7,6 mg/l (3 meter djup, kvartal 3) och 11,2 mg/l (3 m djup, kvartal 1). Syrgas förbrukas på grund av de små mängderna organiskt material i sjön väldigt långsamt och syrebrist uppstår aldrig. Syrgashalt som årslägsta värde  $>7$  mg/l bedöms som syrerikt (NV rapport 4913). Medelvärde för syrgasmätningarna var  $9,4 \pm 1,3$  mg/l.

På grund av det ringa djupet i provpunkten (3 m) fanns inga nämnvärda temperaturskillnader mellan yta och botten vid provpunkten.



## Metaller (n=8)

Arsenikhalterna varierade mellan 0,35 µg/l (ytan, kvartal 1) och 0,458 µg/l (ytan, kvartal 3) med ett medelvärde på  $0,379 \pm 0,041$  µg/l. Arsenikhalter under 0,4 µg/l bedöms som mycket låga, 0,4-5 µg/l bedöms som låga halter (NV rapport 4913).

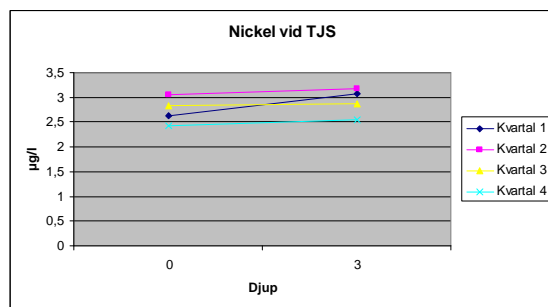
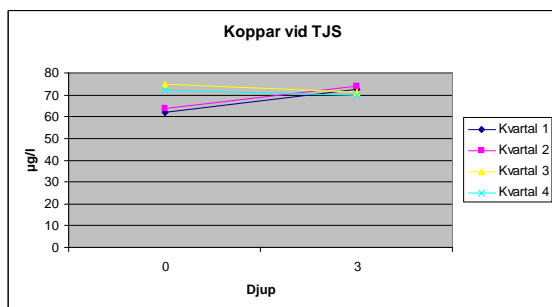
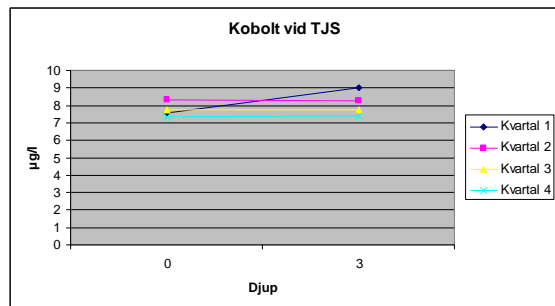
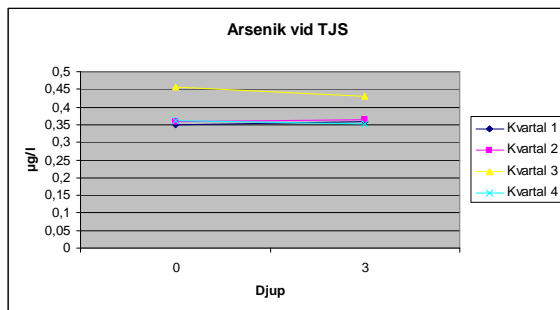
Kobolthalterna varierade mellan 7,34 µg/l (ytan, kvartal 4) och 8,99 µg/l (3 m djup, kvartal 1) med ett medelvärde på  $7,92 \pm 0,56$  µg/l.

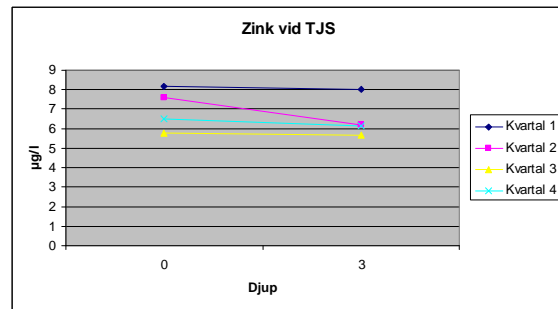
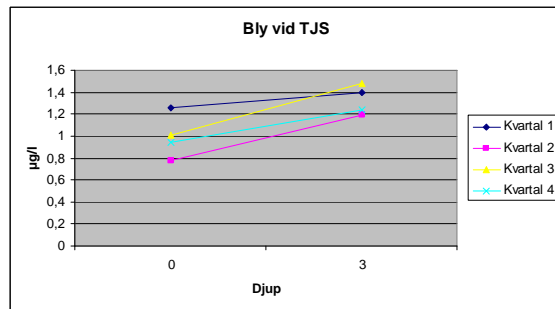
Kopparhalterna varierade mellan 62,1 µg/l (ytan, kvartal 1) och 75,0 µg/l (ytan, kvartal 3) med ett medelvärde på  $70,1 \pm 4,7$  µg/l. Över 45 µg/l bedöms som mycket höga halter (NV rapport 4913).

Nickelhalterna varierade mellan 2,43 µg/l (ytan, kvartal 4) och 3,17 µg/l (3 m djup, kvartal 2) med ett medelvärde på  $2,83 \pm 0,27$  µg/l. Mellan 0,7 – 15 µg/l bedöms som låga halter (NV rapport 4913).

Blyhalterna varierade mellan 0,777 µg/l (yta, kvartal 2) och 1,48 µg/l (3 m djup, kvartal 3) med ett medelvärde på  $1,16 \pm 0,24$  µg/l. 0,2-1 µg/l bedöms som låga halter och mellan 1 – 3 µg/l bedöms som måttligt höga halter (NV rapport 4913).

Zinkhalterna varierade mellan 5,65 µg/l (3 m djup, kvartal 3) och 8,16 µg/l (ytan, kvartal 1) med ett medelvärde på  $6,75 \pm 1,02$  µg/l. Mellan 5-20 µg/l bedöms som låga halter (NV rapport 4913).





Inga samlade trender för variationerna i metallhalt har kunnat ses.

### Alkalinitet (n=8)

Alkaliniteten i provpunkten har varierat mellan 0,11 och 0,15 mekv/l. 0,10-0,20 mekv/l bedöms som god buffringskapacitet (NV rapport 4913). Medelvärde för alkalinitet låg på 0,14 ± 0,01 mekv/l.

### Susp och glödrest (n=8)

Susp och glödrest har vid samtliga provtagningar understigit detektionsgränsen på 5 mg/l.

### TOC (n=8)

TOC har varierat mellan 9,3 – 11 mg/l (yta, kvartal 1 respektive 3 m djup kvartal 1 och 3). Medelvärdet på TOC vid provpunkten var 10 ± 0,65 mg/l.

### Närsalter etc (n=8)

Ammoniumkväve har ett medelvärde på 21,7 ± 17,0 µg/l, baserat på sju prov. För ett prov låg ammoniumkvävehalten under rapporteringsgränsen på 10 µg/l.

Nitrit- och nitratkväve har ett medelvärde på 181,3 ± 45,8 µg/l.

Totalfosfor har ett medelvärde på 6,2 ± 1,6 µg/l, baserat på 5 prov. För tre prov låg totalfosforhalten under rapporteringsgränsen på 5 µg/l. Under 12,5 µg/l bedöms som mycket låga halter (NV rapport 4913).

Totalkväve har ett medelvärde på 586 ± 53,4 µg/l. 300-625 µg/l räknas som måttligt höga halter (NV rapport 4913).

Svavel har ett medelvärde på 2,6 ± 0,1 µg/l.

Sulfat har ett medelvärde på 8,2 ± 0,3 µg/l.

## Jämförelser mellan referensprovtagning och Huvudstudien

Vid TJM och TJS togs ett antal prover för metallanalys samt några färre för närsalter under Huvudstudien 2004. Det betydligt högre antalet mätningar av pH, konduktivitet, redox och syrgas från Huvudstudien beror på att hela profilerna i vattenpelaren mättes med 1 m intervall, medan endast de djup på vilka metallprovtagning utfördes mättes under referenskontrollen (d v s yta och därefter var 5:e meter ned till botten).



## TJM

	Medelvärde referensprovtagning (n=24)	Medelvärde Huvudstudien 2004 (n=78)
Arsenik (µg/l)	0,349 ± 0,039	0,445 ± 0,109 (n=63)
Kobolt (µg/l)	9,45 ± 3,99	10,7 ± 1,31
Koppar (µg/l)	75,6 ± 5,42	71,6 ± 4,98
Nickel (µg/l)	2,93 ± 0,21	3,10 ± 0,22
Bly (µg/l)	1,36 ± 0,35	1,65 ± 0,57
Zink (µg/l)	7,15 ± 0,83	9,86 ± 6,88
pH	6,7 ± 0,28 (n=24)	6,7 ± 0,21 (n=320)
Konduktivitet (µS/cm)	79 ± 4,2 (n=24)	79 ± 3,8 (n=338)
Redox (mV)	424 ± 73 (n=24)	467 ± 47 (n=340)
Syrgas (mg/l), yta	9,0 ± 1,14 (n=4)	10,1 ± 1,8 (n=12)
Syrgas (mg/l), 5 m djup	9,5 ± 1,2 (n=4)	9,5 ± 1,7 (n=12)
Syrgas (mg/l), 10 m djup	9,5 ± 1,5 (n=4)	9,6 ± 1,3 (n=12)
Syrgas (mg/l), 15 m djup	9,2 ± 1,4 (n=4)	9,4 ± 1,2 (n=12)
Syrgas (mg/l), 20 m djup	8,7 ± 1,2 (n=4)	9,1 ± 1,3 (n=12)
Syrgas (mg/l), 25 m djup	8,6 ± 1,4 (n=4)	8,8 ± 1,6 (n=12)
	Medelvärde referensprovtagning (n=24)	Medelvärde Huvudstudien 2004 (n=12)
Alkalinitet (mekv/l)	0,14 ± 0,01	0,13 ± 0,003
TOC (mg/l)	10 ± 0,79	10,7 ± 0,65
Ammoniumkväve (µg/l)	18,3 ± 10,8 (n=18)	10,9 ± 3,99
Nitrit-och nitratkväve (µg/l)	202,5 ± 31,8 µg/l.	236 ± 12,4
Totalfosfor (µg/l)	6,7 ± 2,2 (n=11)	13,1 ± 2,64
Totalkväve (µg/l)	597 ± 35,2	588 ± 41,1

Mätningarna vid TJM visar att förhållandena vid provpunkten är väldigt stabila och i princip inte har förändrats alls mellan 2004 och 2009 med undantag för att totalfosforhalterna vid referenskontrollen 2009 bara var drygt hälften så höga som under huvudstudien 2004. Analyserna på tot-P har utförts av olika laboratorier (ALS Analytica 2009 och HS lab 2004) vilket kan förklara skillnaderna.

## TJS

	Medelvärde referensprovtagning (n=8)	Medelvärde Huvudstudien 2004 (n=26)
Arsenik (µg/l)	0,379 ± 0,041	0,472±0,145 (n=20)
Kobolt (µg/l)	7,92 ± 0,564	10,75 ± 0,84
Koppar (µg/l)	70,1 ± 4,7	70,6 ± 3,9

Nickel (µg/l)	2,83 ± 0,27	3,14 ± 0,26
Bly (µg/l)	1,16 ± 0,24	1,51 ± 0,30
Zink (µg/l)	6,75 ± 1,01	8,60 ± 1,32
pH	6,7 ± 0,15	6,9 ± 0,17 (n=54)
Konduktivitet (µS/cm)	79 ± 1,9	79 ± 4,1(n=54)
Redox (mV)	419 ± 84	444 ± 59 (n=52)
Syrgas (mg/l), yta	9,4 ± 1,3	9,9 ± 1,8 (n=12)
Syrgas (mg/l), 3 m djup	9,8 ± 1,6	9,7 ± 1,7 (n=12)
	Medelvärde referensprovtagning (n=8)	Medelvärde Huvudstudien 2004 (n=4)
Alkalinitet (mekv/l)	0,14 ± 0,012	0,13 ± 0,005
TOC (mg/l)	10,0 ± 0,65	10,8 ± 0,5
Ammoniumkväve (µg/l)	21,7 ± 17,0	9,50 ± 2,38
Nitrit-och nitratkväve (µg/l)	181 ± 45,8	205 ± 63,5
Totalfosfor (µg/l)	6,2 ± 1,64	12,8 ± 2,06
Totalkväve (µg/l)	586 ± 53,4	583 ± 65,5

Mätningarna vid TJS är något för få för att säkert kunna säga något om hur stabila förhållandena vid provpunkten är. Precis som vid TJM var totalfosforhalterna vid referenskontrollen 2009 hälften så höga som under huvudstudien 2004, utöver det har inga dramatiska förändringar kunnat konstateras. Analyserna på tot-P har utförts av olika laboratorier (ALS Analytica 2009 och HS lab 2004) vilket kan förklara skillnaderna.

**TJN** etablerades som provpunkt för ytvattenprovtagning först i och med Referenskontrollen, då alternativet att använda Gruvviken som förvaringsplats för varp utkristalliserats.

## **Provtagning av Tjursbosjöns och Ekenässjöns utlopp, Kyrksjöns in- och utlopp samt Perstorps gölens utlopp och Marens in- och utlopp.**

Syfte: Att få referensvärden på metallhalterna för att kunna se hur efterbehandlingen förändrar metallhalterna i sjösystemet.

Prov togs en gång varannan vecka under 12 månader (2009-01-09 till 2009-12-21) med undantag för vecka 32.

### **Provtagningsmetodik**

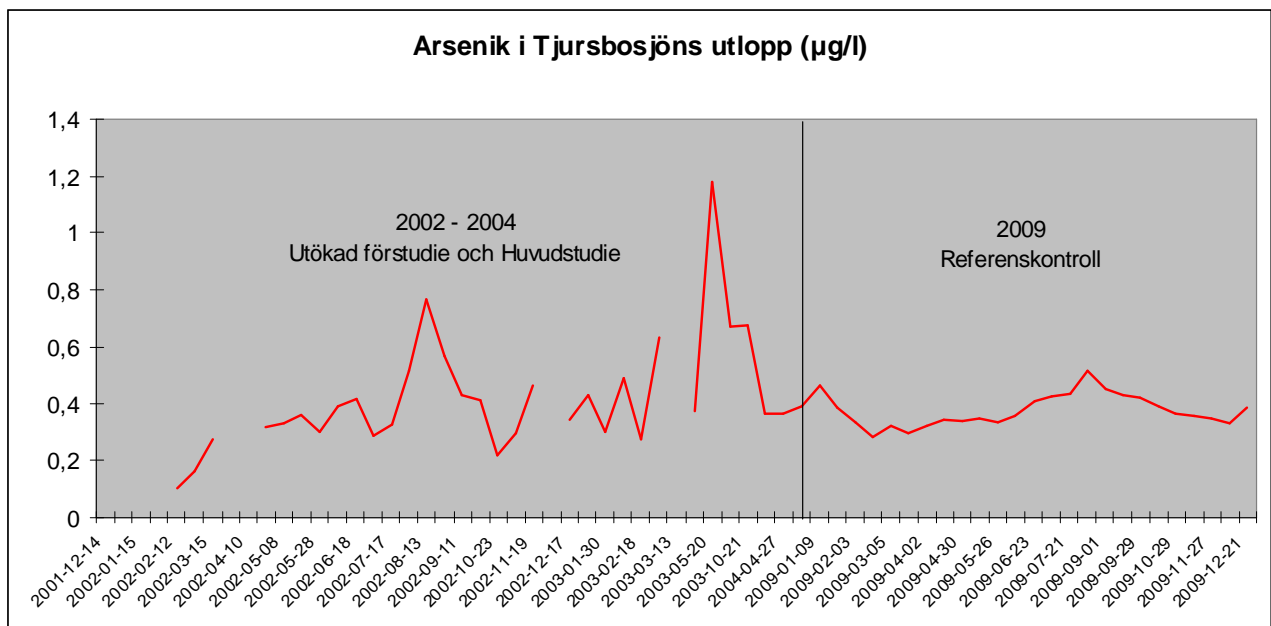
Prov togs som ofiltrerade stickprov direkt i provflaskan.

Ca 0,5 l vatten hölls försiktigt upp i en hink eller motsvarande för fältmätning av temperatur, konduktivitet, pH och redox. Mätvärden noterades direkt i fältprotokoll.

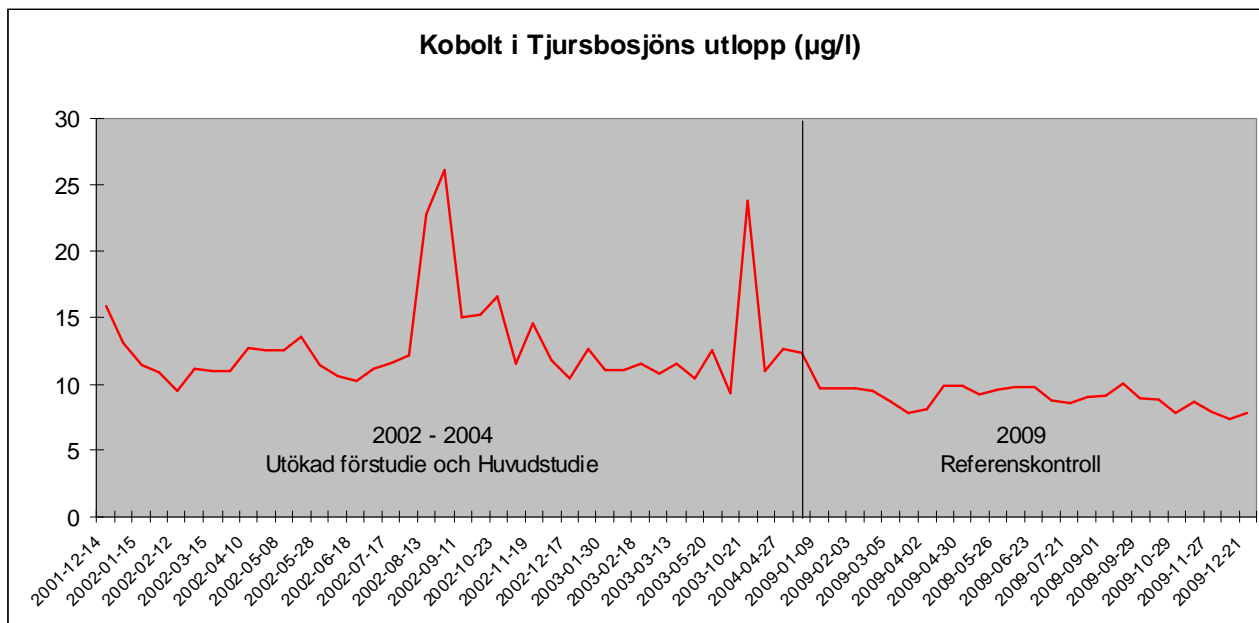
## Tjursbosjöns utlopp

Vid Tjursbosjöns utlopp fanns en lång provtagningsserie sedan den Utökade förstudien samt Huvudstudien.

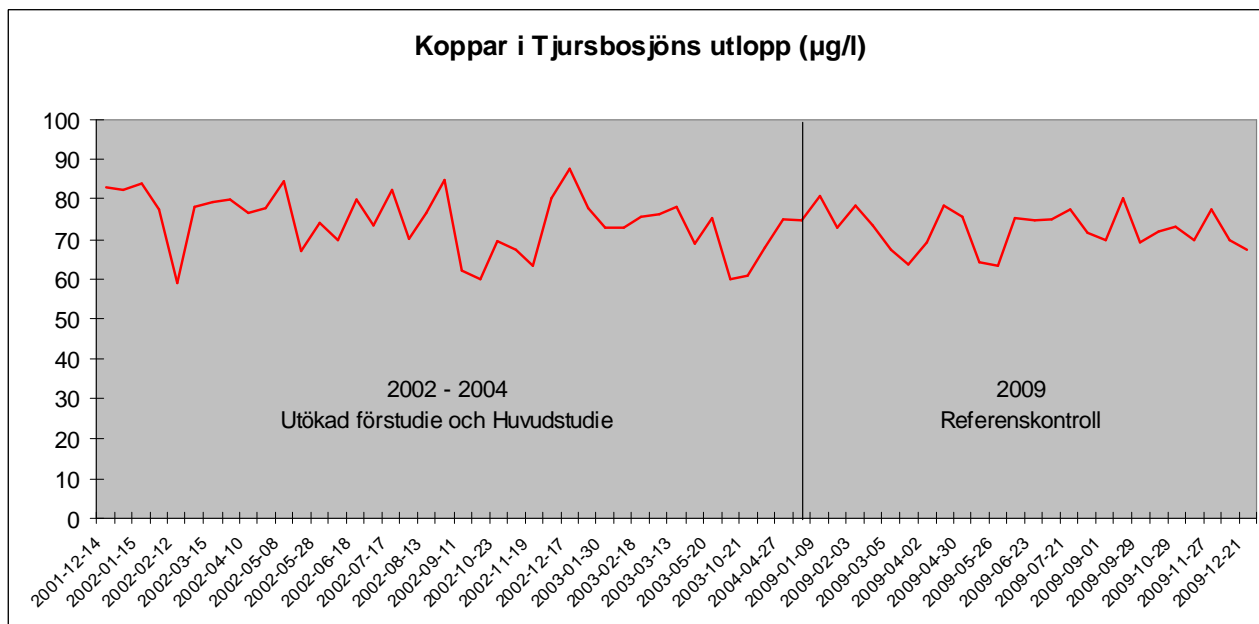
	Medelvärde Referensprovtagning (n=25)	Medelvärde Utökad förstudie 2002 och Huvudstudien 2004 (n=40)
Arsenik (µg/l)	0,376 ± 0,056	0,418 ± 0,197 (n=34)
Kobolt (µg/l)	8,96 ± 0,79	12,92 ± 3,66
Koppar (µg/l)	72,4 ± 5,03	74,2 ± 7,57
Nickel (µg/l)	3,11 ± 0,35	3,16 ± 0,43
Bly (µg/l)	1,24 ± 0,15	1,82 ± 0,77
Zink (µg/l)	6,44 ± 0,95	8,65 ± 1,88
pH	7,0 ± 0,19	6,7 ± 0,36 (n=75)
Konduktivitet (µS/cm)	80 ± 6,14	97 ± 17,3 (n=83)
Redox (mV)	396 ± 82 (n=23)	482 ± 75 (n=73)



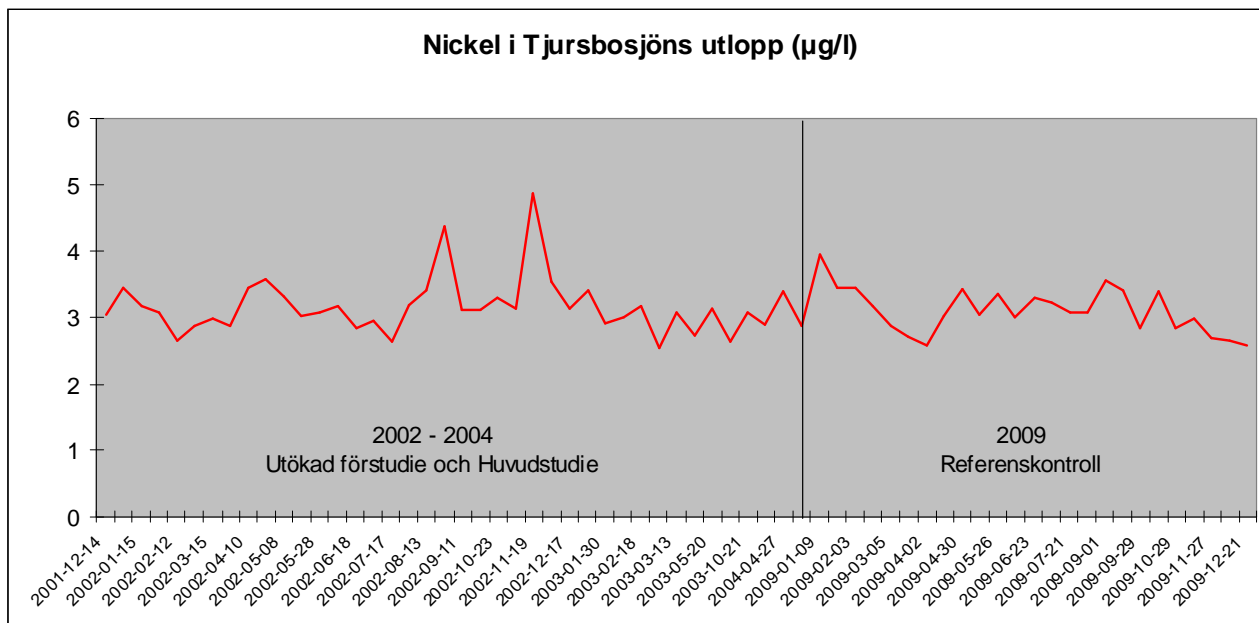
Arsenik uppvisade något mindre variationer vid referenskontrollen än under den utökade förstudien och huvudstudien. Med undantag för ett prov på 1,2 µg/l 2003 är dock variationerna små och halterna låga. Arsenikhalter under 0,4 µg/l bedöms som mycket låga, 0,4-5 µg/l bedöms som låga halter (NV rapport 4913).



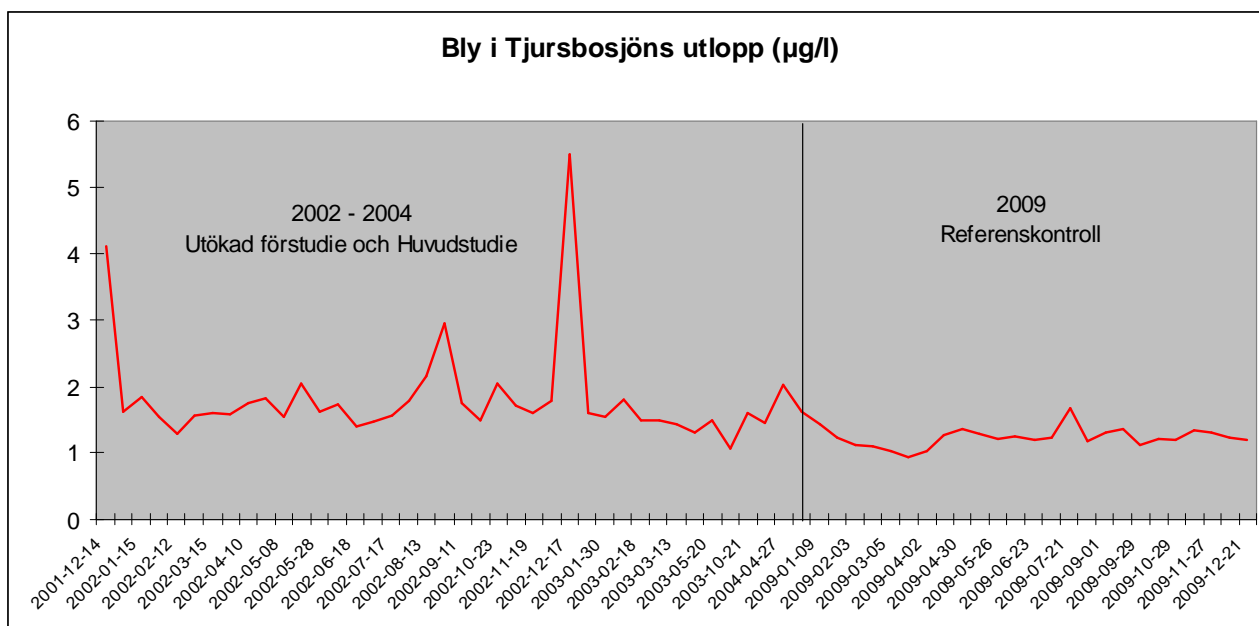
Även kobolt uppvisade mindre variationer vid referenskontrollen än under den utökade förstudien och huvudstudien. Uppskattad naturlig bakgrundshalt av kobolt i mindre vattendrag i Sverige är ca 0,06 µg/l, i större vattendrag ca 0,13 µg/l (NV rapport 4913). Den sammanlagda medelhalten i Marens inlopp och utlopp är  $0,078 \pm 0,072$  µg/l, vilket kan betraktas som en lokal bakgrundshalt.



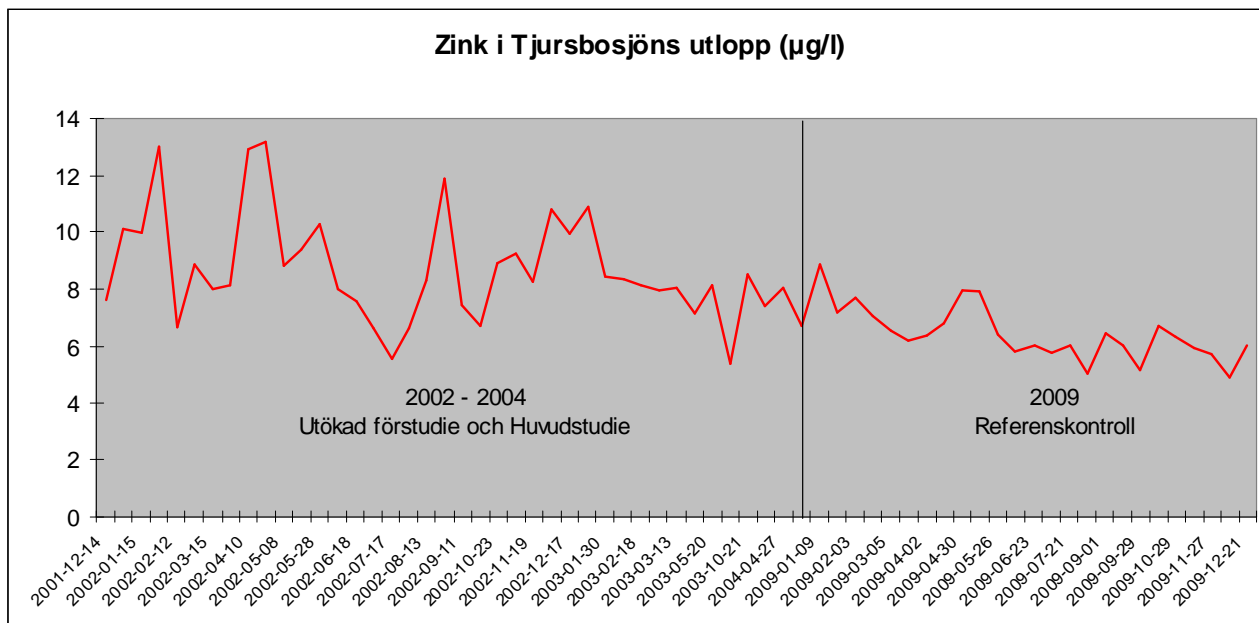
Koppar hade samma haltvariationer vid referenskontrollen som under den utökade förstudien och huvudstudien. Kopparhalter över 45 µg/l bedöms som mycket höga halter (NV rapport 4913).



Även nickel hade samma haltvariationer vid referenskontrollen som under den utökade förstudien och huvudstudien. Nickelhalter mellan 0,7 – 15 µg/l bedöms som låga halter (NV rapport 4913).

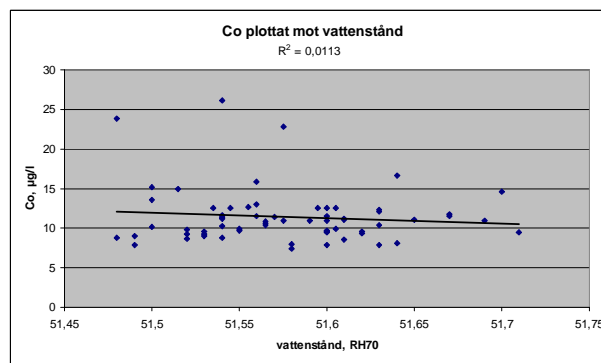
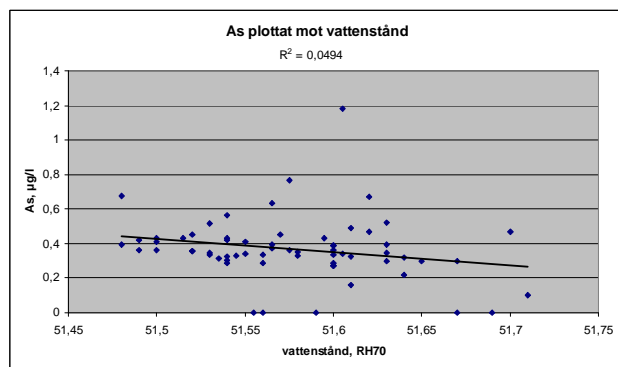


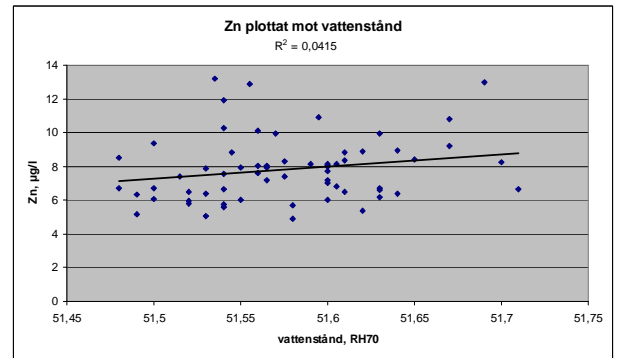
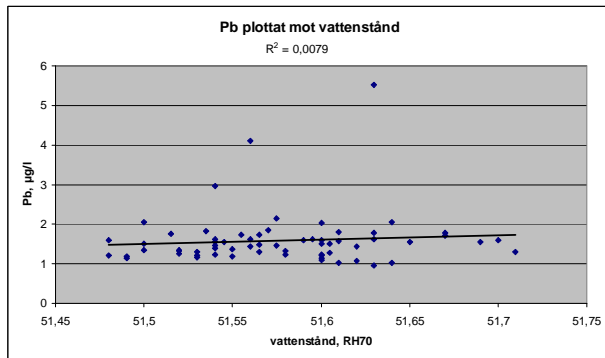
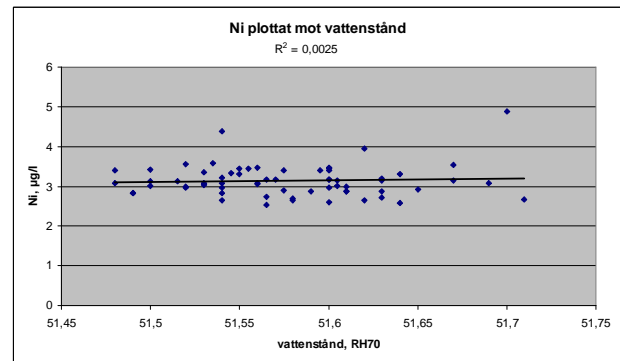
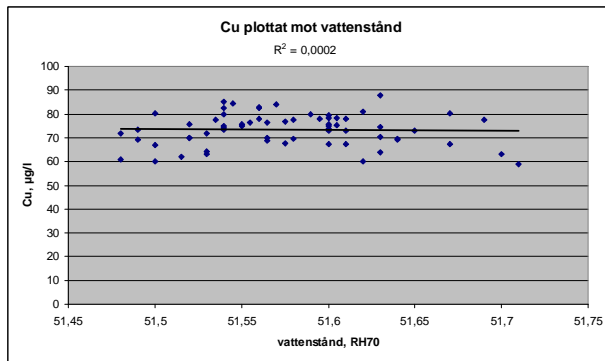
Blyhalterna var generellt något lägre under referenskontrollen än under den utökade förstudien och huvudstudien. Inga avvikande värden likt de tre tillfällen då höga halter uppmättes under utökade förstudien/huvudstudien hittades. Blyhalter under 0,2-1 µg/l bedöms som låga halter och mellan 1 – 3 µg/l bedöms som måttligt höga halter, 3-15 µg/l bedöms som höga halter (NV rapport 4913).



Zinkhalterna var generellt något lägre och mindre variationer i mätvärdena uppmättes under referenskontrollen än under den utökade förstudien och huvudstudien. Mellan 5-20 µg/l bedöms som låga halter (NV rapport 4913).

Under den utökade förstudien 2002 och huvudstudien 2004 varierade vattenståndet i Tjursbosjöns utlopp mellan 51,48–51,77 m (RH70), med ett medelvärde på  $51,57 \pm 0,06$  m ( $n=84$ ). Under referensundersökningarna varierade vattenståndet mellan 51,48-51,64 m med ett medelvärde på  $51,56 \pm 0,05$  m ( $n=25$ ). Redan under huvudstudien konstaterades att det saknades samband mellan vattenstånd i utloppet och halt i utströmmande vatten. Detta förhållande visade sig vara likadant under referenskontrollen.





Plottningar mellan metallhalt och vattenstånd i Tjursbosjöns utlopp (n=64) visar att inga samband finns mellan mängden utströmmande vatten och halterna i detta.

## Ekenässjöns utlopp

Medelvärde  
referensprovtagning (n=25)

Arsenik (µg/l)	0,318 ± 0,059
Kobolt (µg/l)	1,27 ± 0,69
Koppar (µg/l)	19,5 ± 6,38
Nickel (µg/l)	1,44 ± 0,428
Bly (µg/l)	0,217 ± 0,12
Zink (µg/l)	2,92 ± 1,84
pH	7,0 ± 0,29
Konduktivitet (µS/cm)	71 ± 3,49
Redox (mV)	400 ± 77 (n=23)

## Kyrksjöns inlopp

Medelvärde  
referensprovtagning (n=25)

Arsenik (µg/l)	0,313 ± 0,075
Kobolt (µg/l)	1,40 ± 0,61
Koppar (µg/l)	19,1 ± 5,67
Nickel (µg/l)	1,33 ± 0,356
Bly (µg/l)	0,319 ± 0,13
Zink (µg/l)	2,94 ± 0,86
pH	6,9 ± 0,16
Konduktivitet (µS/cm)	85 ± 13,1
Redox (mV)	399 ± 49 (n=22)

## Kyrksjöns utlopp

Medelvärde  
referensprovtagning (n=25)

Arsenik (µg/l)	0,316 ± 0,057
Kobolt (µg/l)	0,51 ± 0,20
Koppar (µg/l)	9,92 ± 4,87
Nickel (µg/l)	1,22 ± 0,47
Bly (µg/l)	0,169 ± 0,12
Zink (µg/l)	2,30 ± 1,85
pH	6,8 ± 0,17
Konduktivitet (µS/cm)	89 ± 6,66
Redox (mV)	400 ± 49 (n=22)



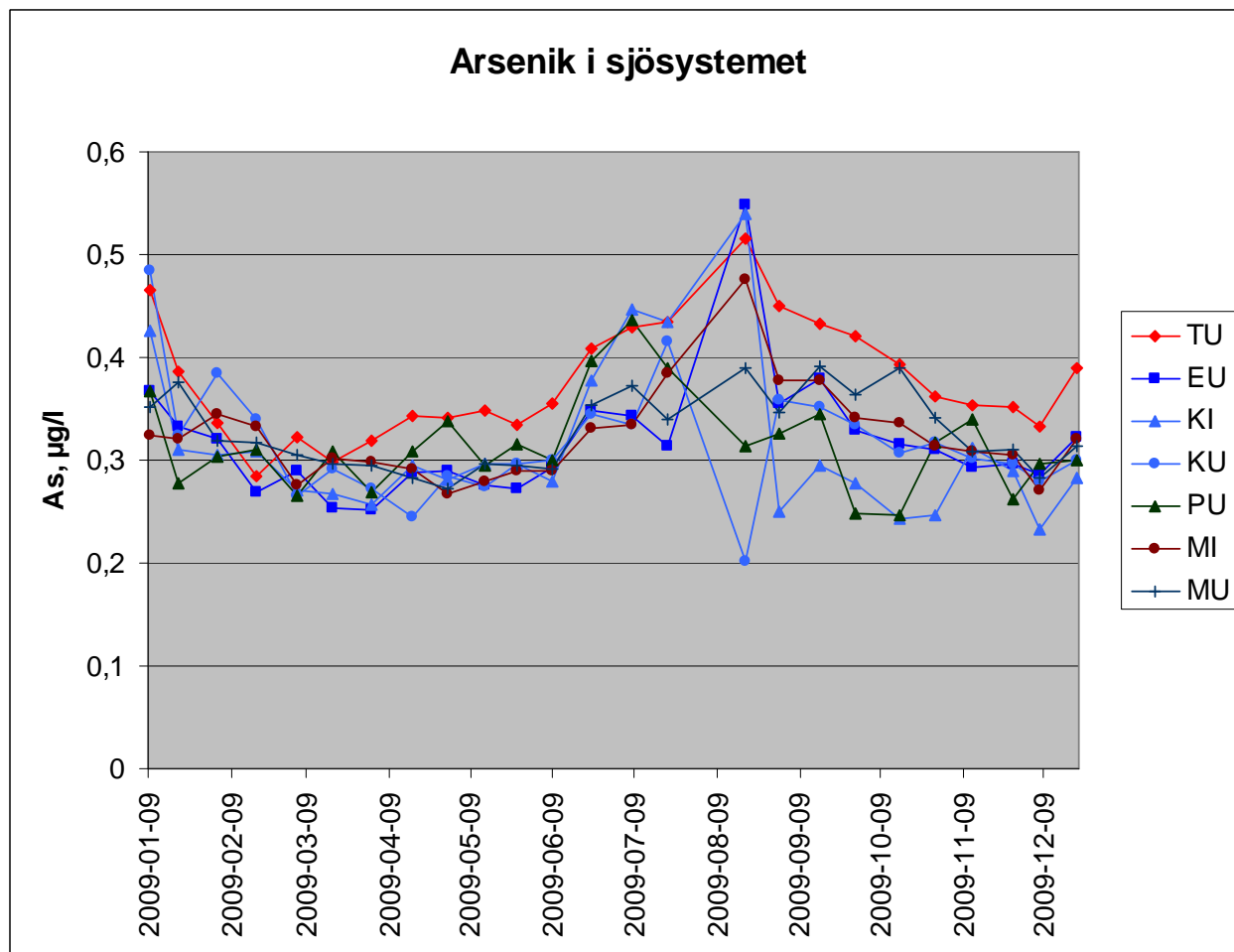
## Perstorps gölens utlopp i Maren

	Medelvärde referensprovtagning (n=25)
Arsenik (µg/l)	0,315 ± 0,046
Kobolt (µg/l)	0,485 ± 0,31
Koppar (µg/l)	6,33 ± 3,78
Nickel (µg/l)	1,12 ± 0,27
Bly (µg/l)	0,183 ± 0,123
Zink (µg/l)	2,06 ± 0,9
pH	6,7 ± 0,19
Konduktivitet (µS/cm)	93 ± 12,6
Redox (mV)	397 ± 70 (n=23)

## Maren

	Inlopp (huvudfåran) Medelvärde referensprovtagning (n=25)	Utlopp (huvudfåran) Medelvärde referensprovtagning (n=25)
Arsenik (µg/l)	0,324 ± 0,045	0,328 ± 0,372
Kobolt (µg/l)	0,097 ± 0,098	0,060 ± 0,015
Koppar (µg/l)	1,97 ± 1,05	1,51 ± 0,31
Nickel (µg/l)	0,809 ± 0,192	0,783 ± 0,163
Bly (µg/l)	0,142 ± 0,113	0,157 ± 0,240
Zink (µg/l)	1,52 ± 0,76	1,99 ± 4,10
pH	6,9 ± 0,23	6,9 ± 0,22
Konduktivitet (µS/cm)	93 ± 6,10	92 ± 6,73
Redox (mV)	403 ± 52 (n=22)	363 ± 118 (n=22)

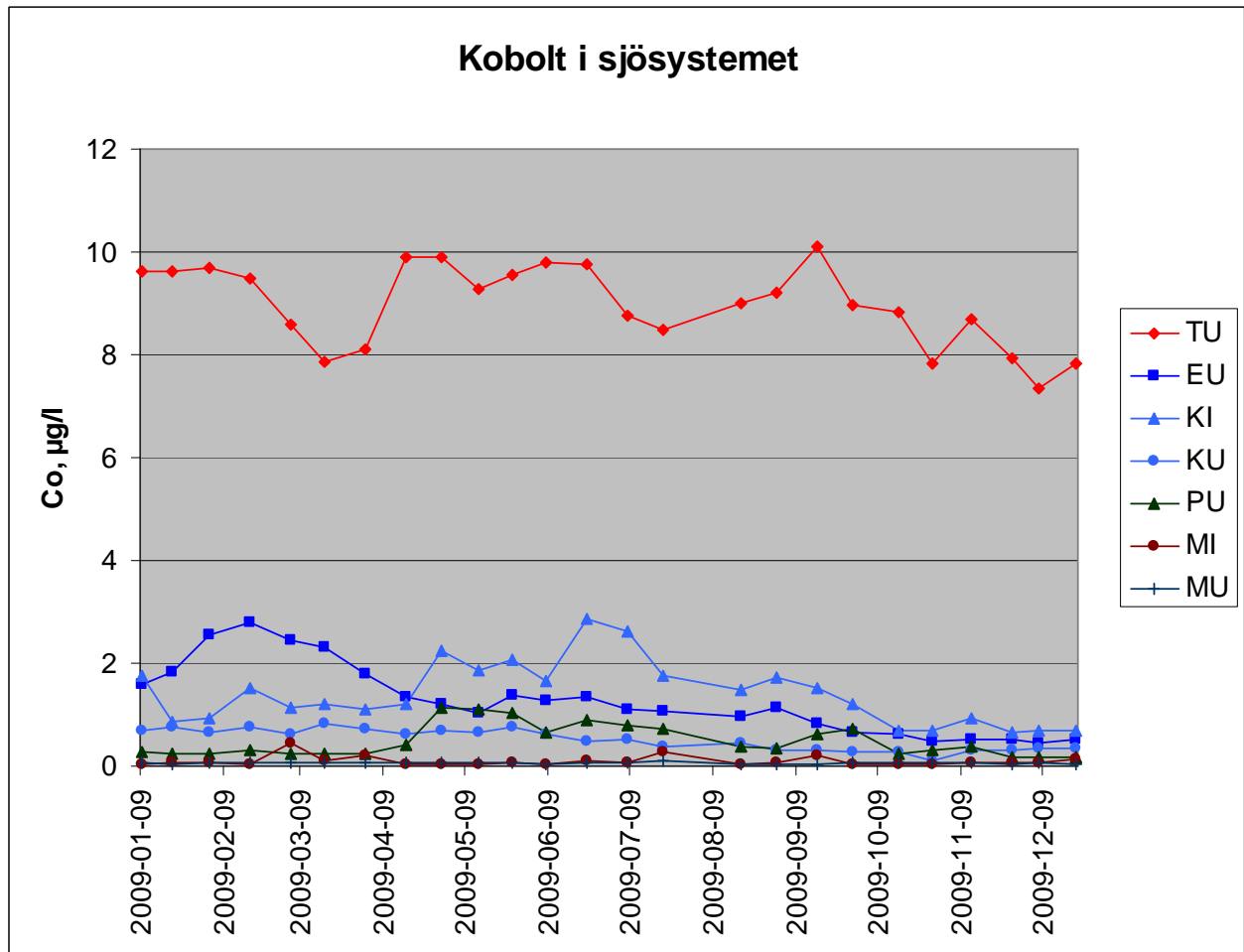
## Arsenik i sjösystemet



Arsenik uppvisar ungefär samma halter och följs åt relativt väl i alla sjöar. Arsenikhalter under 0,4 µg/l bedöms som mycket låga, 0,4-5 µg/l bedöms som låga halter (NV rapport 4913).

**TU** = Tjursbosjöns utlopp, **EU** = Ekenässjöns utlopp, **KI** = Kyrksjöns inlopp, **KU** = Kyrksjöns utlopp, **PU** = Perstorps gölens utlopp, **MI** = Marens inlopp, **MU** = Marens utlopp

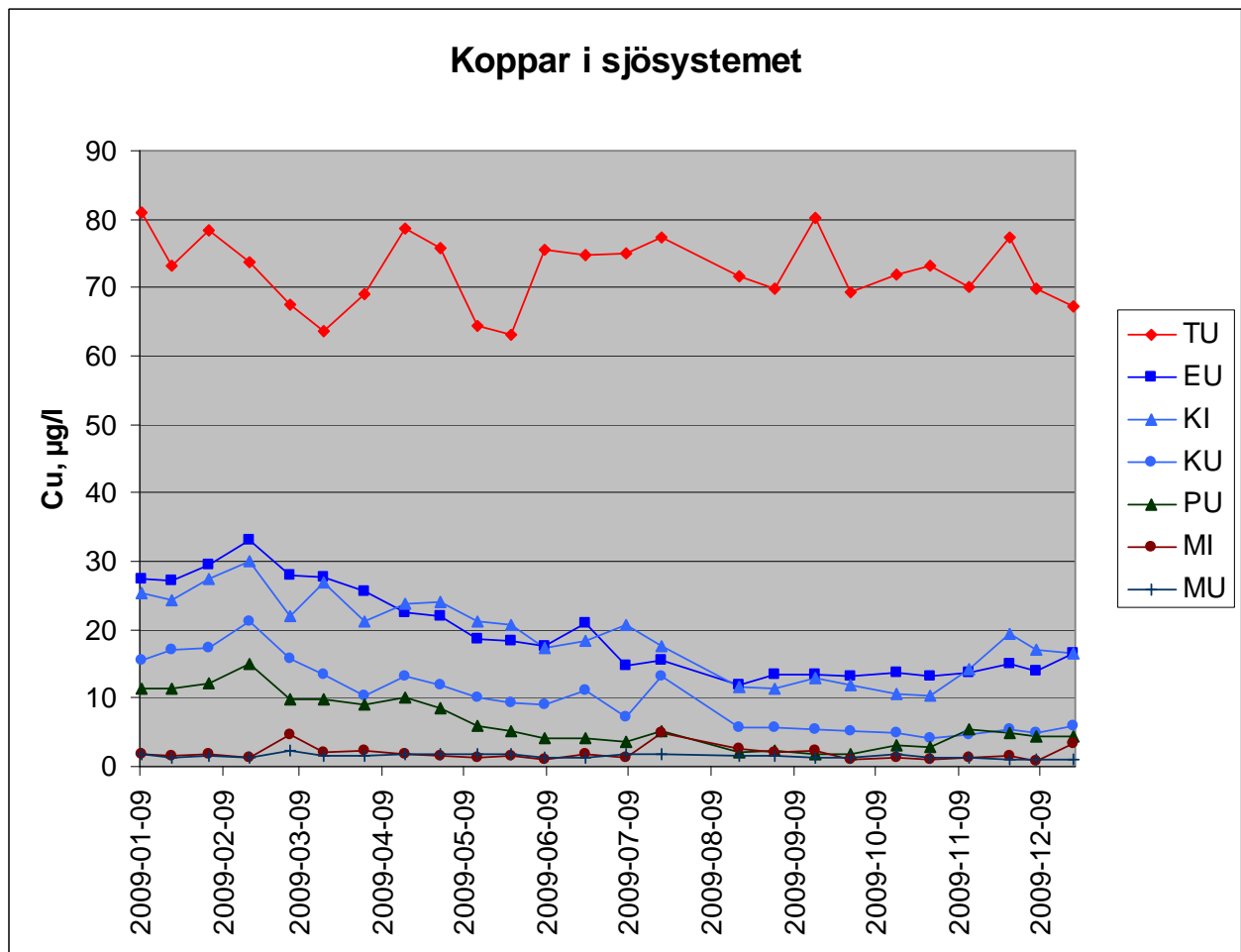
## Kobolt i sjösystemet



Kobolthalterna i Tjursbosjöns utlopp är höga (8,96 µg/l mot 0,097 µg/l i Marens inlopp, räknat på medelvärde – drygt 90 ggr högre). Den andelsmässigt största fastläggningen av kobolt sker i Ekenässjön. I Ekenässjöns utlopp är kobolthalterna drygt 85 % lägre än i Tjursbosjöns utlopp. Från mitten av april fram till vintern är halterna högre vid Kyrksjöns inlopp än vid Ekenässjöns utlopp, vilket tolkas som att påslag av kobolt sker från Sohlbergsfältet innan Sohlbergsbäcken fryser. I Kyrksjöns utlopp är kobolthalterna ca 65 % lägre än halterna på vattnet som går in i sjön och ungefär 95 % lägre än i Tjursbosjöns utlopp. Halterna i Perstorpsjöns utlopp är endast ca 5 % lägre än halterna i Kyrksjöns utlopp, sett till medelvärdet, men under mitten av april – mitten av oktober är halterna högre i Perstorpsjöns utlopp än i Kyrksjöns utlopp vilket betyder att Perstorpsjön under denna period läckt tidigare fastlagd kobolt. Halterna i Maren är låga och halterna i Marens inlopp är ca 40 % högre i inloppet än i utloppet vilket innebär att det påslag av kobolt som kommer via Perstorpsjön fastläggs i Maren.

**TU** = Tjursbosjöns utlopp, **EU** = Ekenässjöns utlopp, **KI** = Kyrksjöns inlopp, **KU** = Kyrksjöns utlopp, **PU** = Perstorpsjöns utlopp, **MI** = Marens inlopp, **MU** = Marens utlopp

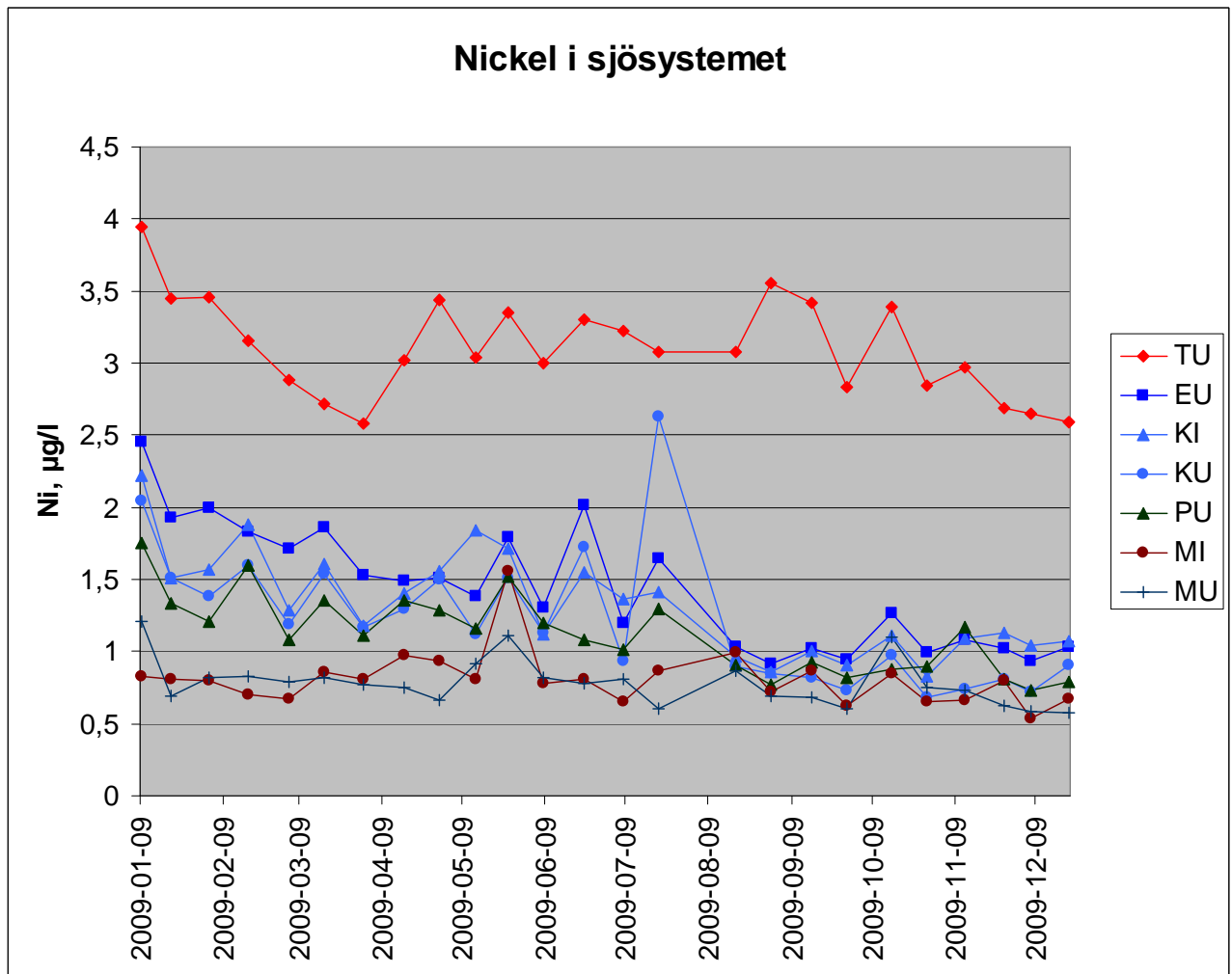
## Koppar i sjösystemet



Kopparhalterna i Tjursbosjöns utlopp är mycket höga (>45 µg/l). I Ekenässjöns utlopp är kopparhalterna knappt 75 % lägre (räknat på medelhalterna). I Kyrksjöns inlopp är halterna av koppar vid sex tillfällen högre än i Ekenässjöns utlopp vilket kan visa på att påslag av koppar från Sohlbergfältet skett. I Kyrksjöns utlopp har halterna sjunkit med knappt 50 % jämfört med i inloppet och med ca 85 % jämfört med Tjursbosjöns utlopp. Halterna räknas ännu som höga halter (9-45 µg/l). I Perstorpsgolén sker ytterligare fastläggning av koppar, och i Perstorpsgoléns utlopp är halterna ca 35 % lägre än i Kyrksjöns utlopp och ca 90 % lägre än i Tjursbosjöns utlopp räknat på medelhalterna. I Perstorpsgoléns utlopp räknas halterna som låga - höga halter beroende på årstid. I både Ekenässjön, Kyrksjön och Perstorpsgolén sker en större fastläggning av koppar under den varmare årstiden. Marens inlopp och utlopp uppvisar endast marginella skillnader i kopparhalt, vilket innebär att det påslag av koppar som sker via Perstorpsgoléns utlopp fastläggs i Maren. Kopparhalter på 0,5 - 3 µg/l bedöms som låga, 3 - 9 µg/l som måttligt höga, 9 - 45 µg/l som höga och >45 µg/l som mycket höga halter (NV rapport 4913).

**TU** = Tjursbosjöns utlopp, **EU** = Ekenässjöns utlopp, **KI** = Kyrksjöns inlopp, **KU** = Kyrksjöns utlopp, **PU** = Perstorpsgoléns utlopp, **MI** = Marens inlopp, **MU** = Marens utlopp

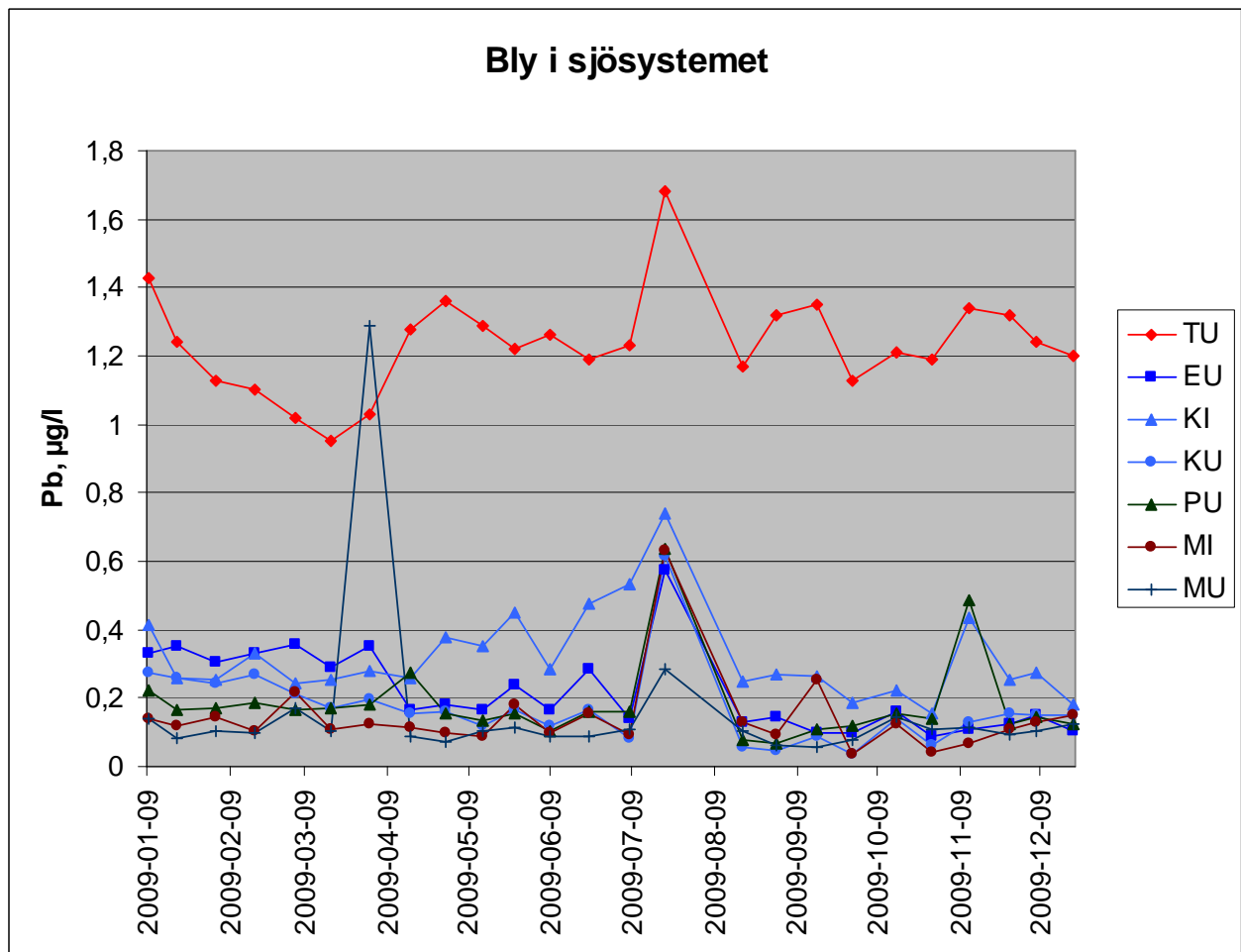
## Nickel i sjösystemet



Nickelhalterna i sjösystemet är låga, men uppvisar ändå intressanta skillnader. I Ekenässjöns utlopp är halterna närmare 55 % lägre än i Tjursbosjöns utlopp. I såväl Ekenässjöns utlopp som Kyrksjöns inlopp och utlopp samt Perstorpsjöns utlopp är halterna relativt likartade och följs åt relativt väl. Under hela året är halterna av nickel i utgående vatten från Maren högre än inkommande vatten. Tillförseln av nickel via Perstorpsjöns utlopp är så litet att det inte kan förklara skillnaderna. Nickelhalter mellan 0,7 – 15 µg/l bedöms som låga halter (NV rapport 4913).

**TU** = Tjursbosjöns utlopp, **EU** = Ekenässjöns utlopp, **KI** = Kyrksjöns inlopp, **KU** = Kyrksjöns utlopp, **PU** = Perstorpsjöns utlopp, **MI** = Marens inlopp, **MU** = Marens utlopp

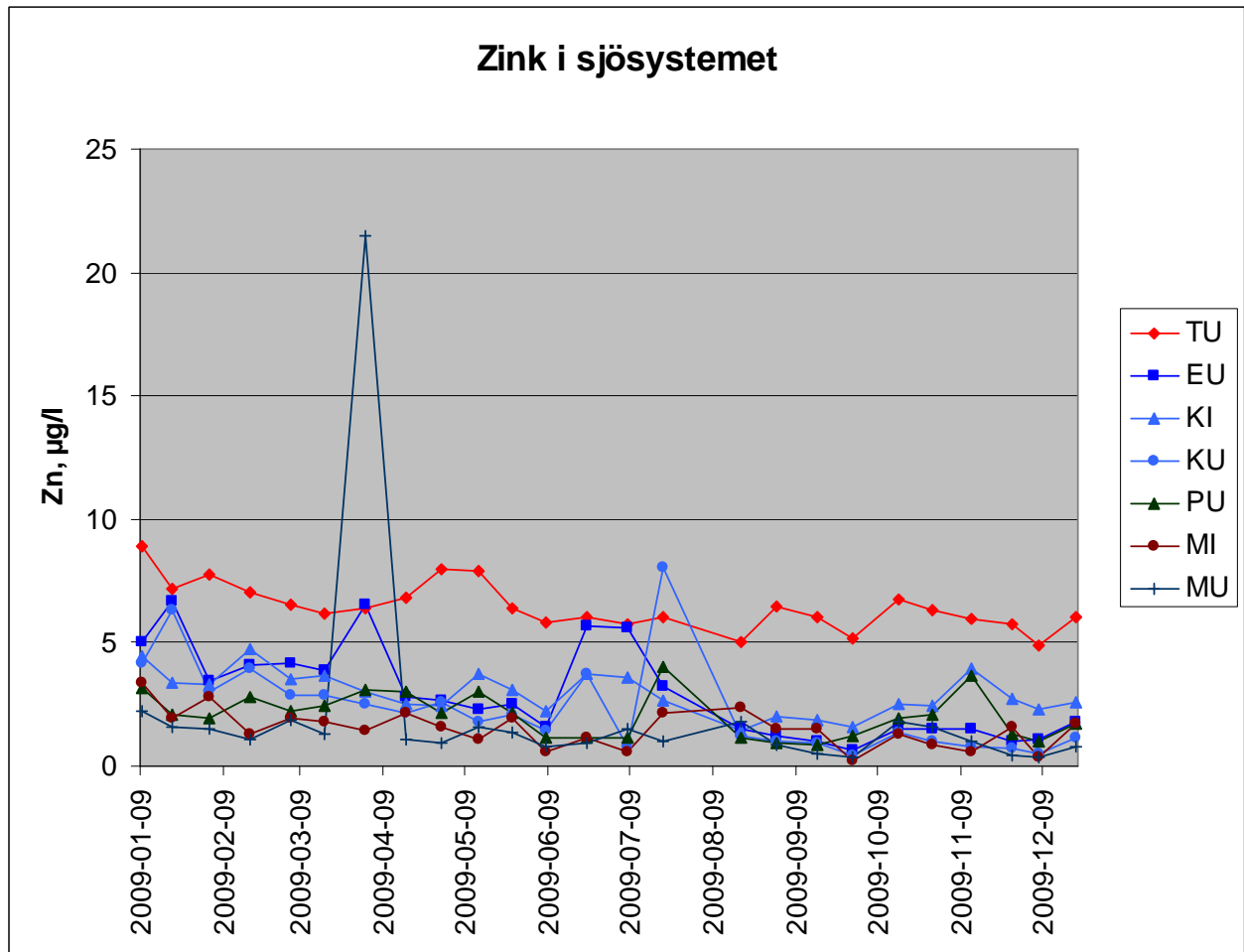
## Bly i sjösystemet



Blyhalterna i Tjursbosjöns utlopp bedöms som måttligt höga halter. I Ekenässjöns utlopp har blyhalterna sjunkit med ca 80 % jämfört med vid Tjursbosjöns utlopp, därefter sker inga drastiska förändringar. Från mitten av april och till årets slut är halterna högre i Kyrksjöns inlopp än i Ekenässjöns utlopp. I mitten på mars finns ett (jämfört med övriga analyser) kraftigt förhöjt värde vid Marens utlopp som kan bero på analysfel (se även zink). Blyhalter mellan 0,2-1 µg/l bedöms som låga halter och mellan 1 – 3 µg/l bedöms som måttligt höga halter(NV rapport 4913).

**TU** = Tjursbosjöns utlopp, **EU** = Ekenässjöns utlopp, **KI** = Kyrksjöns inlopp, **KU** = Kyrksjöns utlopp, **PU** = Perstorpsjöns utlopp, **MI** = Marens inlopp, **MU** = Marens utlopp

## Zink i sjösystemet



Zinkhalterna i hela sjösystemet är låga. Högst är halterna generellt vid Tjursbosjöns utlopp, vid ett par tillfällen är de lika höga i Ekenässjöns utlopp och vid ett tillfälle är halterna högst i Kyrksjöns utlopp. I mitten på mars finns ett (jämfört med övriga analyser) kraftigt förhöjt värde i Marens utlopp som kan bero på analysfel (se även bly). Mellan 5-20 µg/l bedöms som låga halter (NV rapport 4913).

**TU** = Tjursbosjöns utlopp, **EU** = Ekenässjöns utlopp, **KI** = Kyrksjöns inlopp, **KU** = Kyrksjöns utlopp, **PU** = Perstorpsgölens utlopp, **MI** = Marens inlopp, **MU** = Marens utlopp

## Provtagning av Torsfallsån

Syfte: Att erhålla ett bra referensunderlag inför hur en efterbehandling av Hyttområdet påverkar metallhalterna i Torsfallsån.

Provtagning av Torsfallsån skedde uppströms det gamla slaggupplaget och nedströms om sommarstugan på Bruksbacken 1:2, det vill säga de provpunkter som användes i Huvudstudien.

Provtagning skedde varannan vecka under 12 månader (2009-01-09 till 2009-12-21) med undantag av vecka 32.

### Provtagningsmetodik

Prov togs som ofiltrerade stickprov direkt i provflaskan.

Ca 0,5 l vatten hölls försiktigt upp i en hink eller motsvarande för fältmätning av temperatur, konduktivitet, pH och redox, alternativt sker mätning direkt i vattnet. Mätvärden noterades direkt i fältprotokoll.

### **Torsfallsån uppströms och nedströms om slaggområdet**

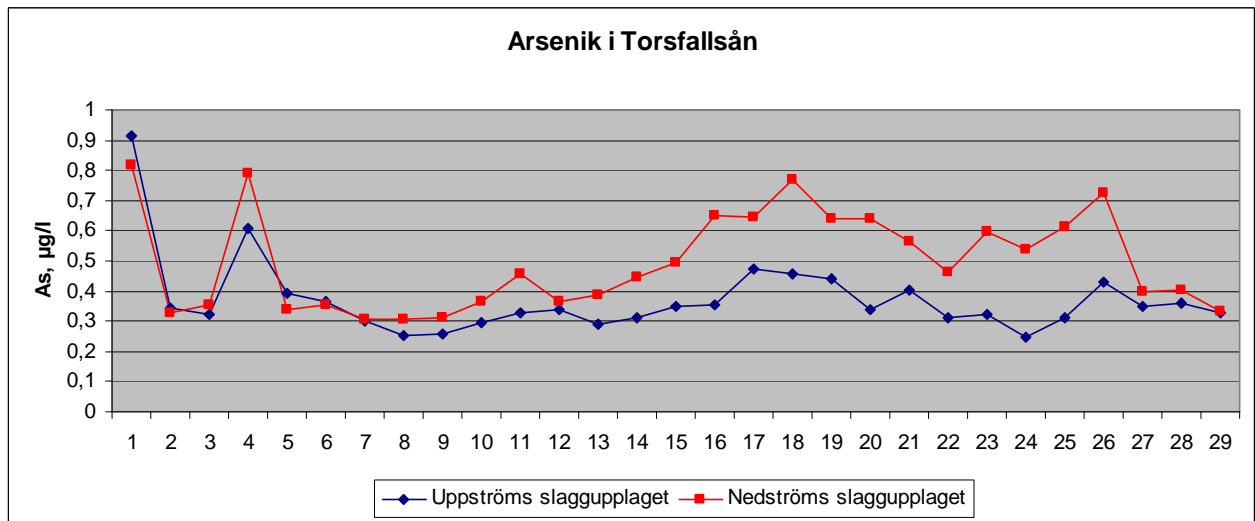
Under den utökade förstudien togs inga prov vid Torsfallsån. Någon jämförelse med halterna från huvudstudien har inte gjorts, eftersom det rörde sig om endast fyra prov, i stället har dessa bakats in i de redovisade resultaten från referenskontrollen. Torsfallsån har ett ganska varierande flöde beroende på nederbörd och det är också i samband med kraftigare nederbörd som de högsta metallhalterna nedströms om slaggområdet uppstår. Det förefaller som om ett läckage av arsenik (mycket litet), kobolt, koppar och bly hela tiden pågår, men att kraftigare regn sköljer ur större mängder utlakade metaller till ån.

Turbiditet mättes för att erhålla bakgrundsvärden för naturlig grumling.

	<b>Uppströms</b>	<b>Nedströms</b>
	Medelvärde referensprovtagning (n=25)	Medelvärde referensprovtagning (n=25)
Arsenik (µg/l)	0,372 ± 0,128	0,497 ± 0,161
Kobolt (µg/l)	0,23 ± 0,28	1,07 ± 2,08
Koppar (µg/l)	1,96 ± 1,26	5,29 ± 8,39
Nickel (µg/l)	0,973 ± 0,301	0,990 ± 0,479
Bly (µg/l)	0,279 ± 0,217	0,372 ± 0,309
Zink (µg/l)	2,35 ± 1,41	2,58 ± 2,80
pH	6,8 ± 0,37	6,9 ± 0,34
Konduktivitet (µS/cm)	73 ± 7,96	75 ± 8,19
Redox (mV)	327 ± 117	318 ± 124
Turbiditet (NTU)	5,2 ± 2,4	5,7 ± 2,6

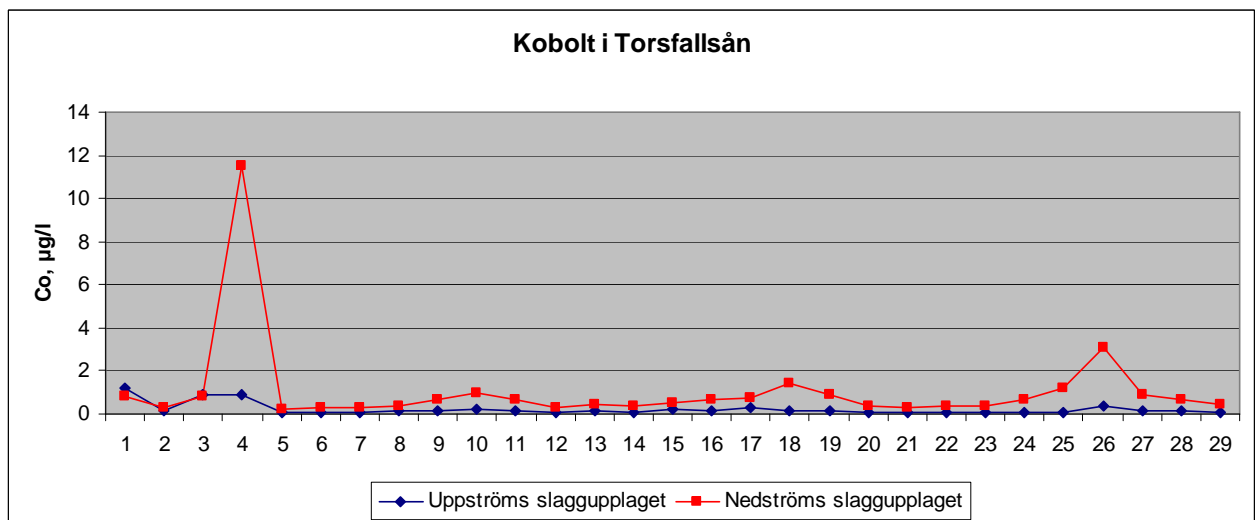


## Arsenik i Torsfallsån



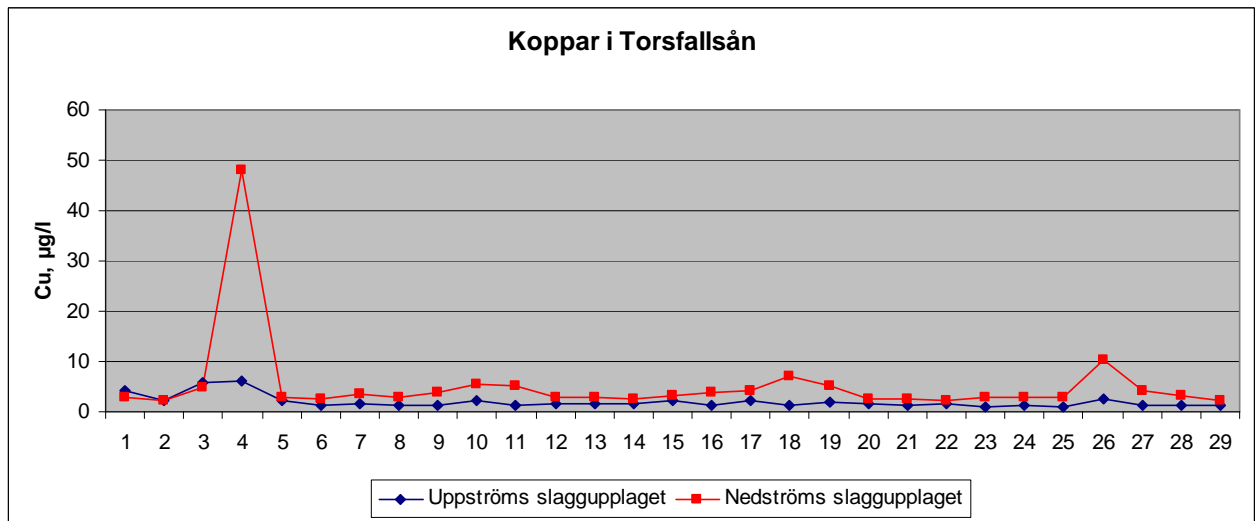
Arsenikhalterna är mycket låga – låga i Torsfallsån både uppströms och nedströms om slaggupplaget. Vid alla provtagningar utom två var halterna nedströms om slaggområdet högre än uppströms, vilket tolkas som att ett påslag kontinuerligt sker från slaggen även om det inte är dramatiskt. Arsenikhalter under 0,4 µg/l bedöms som mycket låga, 0,4-5 µg/l bedöms som låga halter (NV rapport 4913).

## Kobolt i Torsfallsån



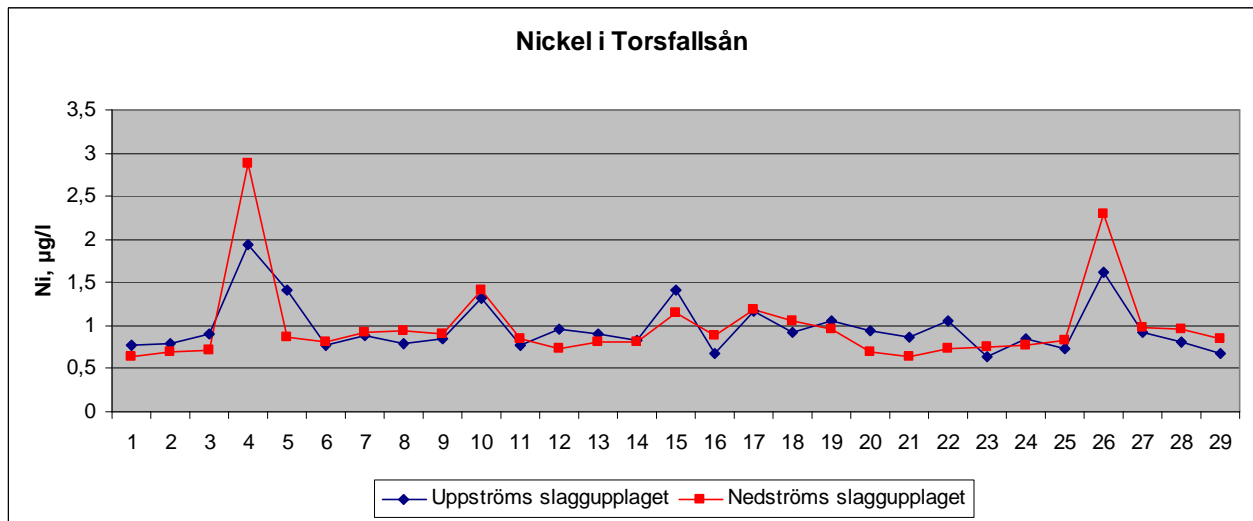
Kobolthalterna i Torsfallsån är vid alla provtagningar utom två högre nedströms om slaggupplaget än uppströms, vilket tolkas som att påslag från slaggen kontinuerligt sker. Kobolthalterna följer kopparhalterna väldigt väl i detta sammanhang. Vid de två tillfällena då kraftigare regn orsakat ursköljning av utlakade metaller i ån är kobolthalterna ca 13 respektive 11,5 ggr över halterna uppströms om slaggområdet. Generellt är haltökningen annars ca 2,5 – 8,5 ggr högre nedströms än uppströms om slaggupplaget.

## Koppar i Torsfallsån



Kopparhalterna i Torsfallsån är vid alla provtagningar utom tre högre nedströms om slaggupplaget än uppströms, vilket tolkas som att påslag från slaggen kontinuerligt sker. Kopparhalterna följer kobolthalterna väldigt väl i detta sammanhang. Vid de två tillfällen då kraftigare regn orsakat ursköljning av utlakade metaller i ån är kopparhalterna ca 8 respektive 5 ggr över halterna uppströms om slaggområdet. Generellt är haltökningen annars ca 1,3-4 ggr högre nedströms än uppströms om slaggupplaget. Kopparhalterna uppströms om slaggområdet bedöms som låga – måttligt höga, kopparhalterna nedströms bedöms som låga – mycket höga halter. Kopparhalter på 0,5 - 3 µg/l bedöms som låga, 3 – 9 µg/l som måttligt höga, 9 – 45 µg/l som höga och >45 µg/l som mycket höga halter (NV rapport 4913).

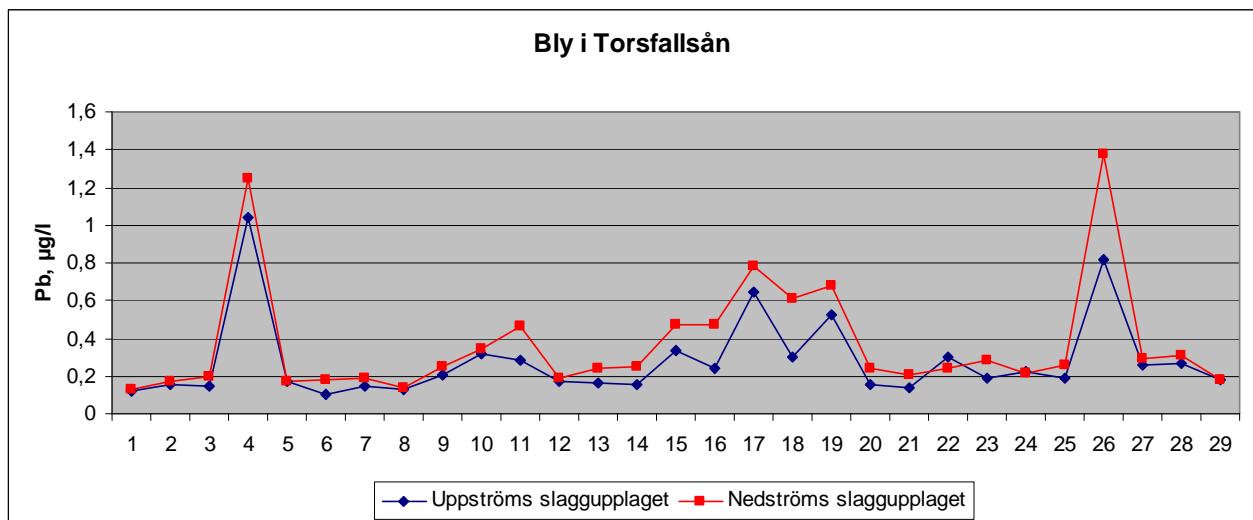
## Nickel i Torsfallsån



Även nickel förefaller sköljas ur från slaggområdet vid kraftigare regn, de högsta uppmätta halterna nedströms om slaggområdet sammanfaller exakt med topparna för övriga här redovisade metaller utom arsenik. Även halterna uppströms om slaggområdet är dock högre vid kraftigare regn och skillnaden mellan halterna uppströms och nedströms blir därför inte särskilt påtagliga, ca 1,4-1,5 ggr högre nedströms än uppströms. I övrigt verkar inget kontinuerligt läckage pågå, nickelhalten är vid 50 % av provtagningarna högre uppströms än nedströms om slaggområdet.

Nickelhalter mellan 0,7 – 15 µg/l bedöms som låga halter (NV rapport 4913).

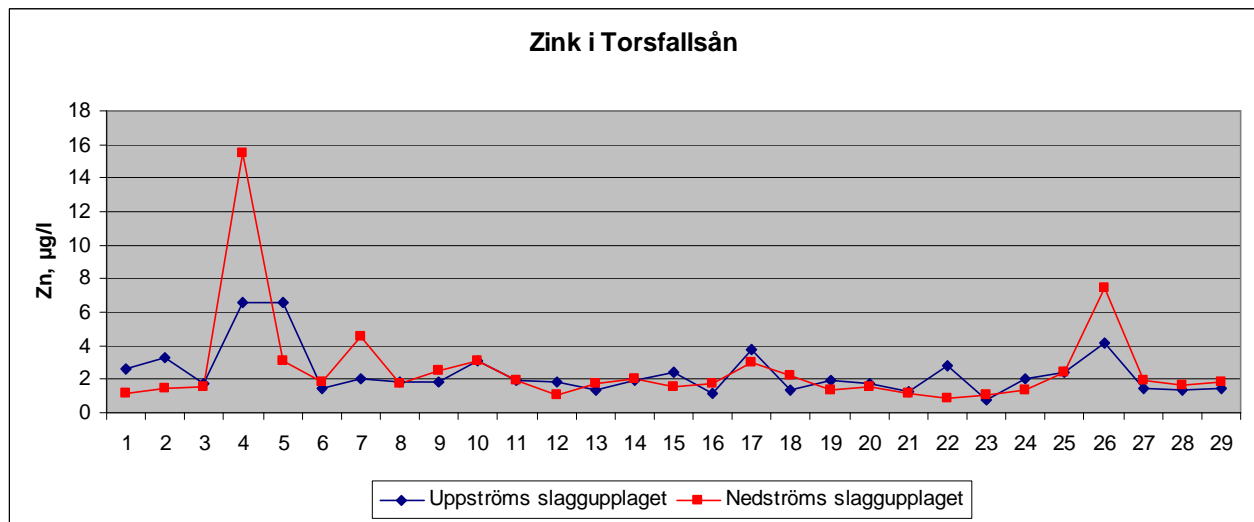
## Bly i Torsfallsån



Även bly förefaller sköljas ur från slaggområdet vid kraftigare regn, de högsta uppmätta halterna nedströms om slaggområdet sammanfaller exakt med topparna för övriga här redovisade metaller utom arsenik. Precis som för nickel är halterna vid kraftigare regn högre än annars och skillnaderna vid de högsta uppmätta halterna blir därför inte särskilt

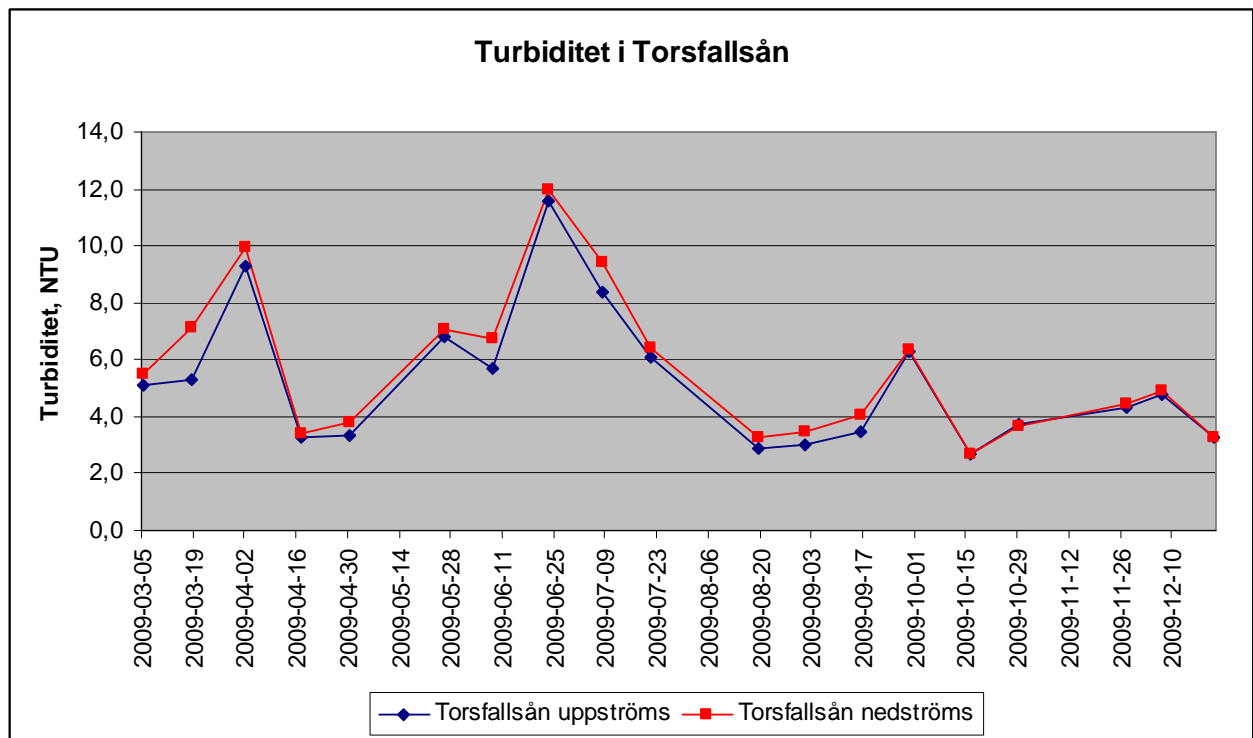
stora, ca 1,2-1,7 ggr högre nedströms än uppströms. Vid alla provtagningar utom tre är blyhalterna högre nedströms än uppströms, vilket tolkas som att ett påslag från slaggområdet kontinuerligt sker. Blyhalter mellan 0,2-1 µg/l bedöms som låga halter och mellan 1 – 3 µg/l bedöms som måttligt höga halter (NV rapport 4913) vilket innebär att blyhalterna vanligtvis är låga utom vid kraftigare regn, då även den naturliga bakgrundshalten kan stiga till måttligt höga halter.

## Zink i Torsfallsån



Zinkhalterna i Torsfallsån är vanligen mycket låga. Zink förefaller också sköljas ut vid kraftigare nederbörd, de högsta uppmätta halterna nedströms om slaggområdet sammanfaller exakt med topparna för övriga här redovisade metaller utom arsenik. Bakgrundshalterna av zink ökar inte lika tydligt som för bly och nickel vid kraftigare nederbörd. Skillnaderna vid de högsta uppmätta halterna blir ca 1,8-2,4 ggr högre nedströms än uppströms. I övrigt verkar inget kontinuerligt läckage pågå, zinkhalten är vid 50 % av provtagningarna högre uppströms än nedströms om slaggområdet. Zinkhalt <5 µg/l bedöms som mycket låga halter, mellan 5-20 µg/l bedöms som låga halter (NV rapport 4913).

## Turbiditet i Torsfallsån



Den naturliga turbiditeten följs åt väldigt väl uppströms och nedströms om slaggområdet i Torsfallsån. Turbiditeten varierar naturligt inom intervallet 2,7 – 12 NTU vid undersökningstillfällena.

## Sedimentfällor i Tjursbosjön, Ekenässjön och Kyrksjön

Syfte: Att undersöka hur stor mängden metaller är som fastläggs till partiklar och sedimenterar i respektive sjö. Insamlat material analyseras för suspenderad mängd samt metallhalt.

I varje sjö fanns sedan Huvudstudien tre provpunkter med två fällor i varje provpunkt, en över och en under språngskiktet där så varit möjligt. Dessa fällor hade hängt i sedan huvudstudien 2004 och planerades att vittjas 2009, men det visade sig då att samtliga fällor försvunnit genom nötning och rosteffekter. Nya fällor inköptes och samtliga fällor återetablerades i mars 2009.

Fällorna placerades på följande djup:

TJN (Tjursbosjön Norr):	4 och 15 m
TJM (Tjursbosjöns mitt):	4 och 22 m
TJS (Utloppsviken):	1,5 och 2,5 m

EN (Ekenässjöns norra del):	1 och 2,5 m
EM (Ekenässjöns mitt):	4 och 11 m
ES (Ekenässjöns södra del):	1 och 2,5 m

KN (Kyrksjöns norra del):	2 och 2,5 m
KM (Kyrksjöns mitt):	4 och 8 m
KS (Kyrksjöns södra del):	4 och 9 m

### Provtagningsmetodik

Sedimentfällorna utgörs av två rör av polykarbonat med en diameter på 55 mm och en längd på 310 mm med ett c/c avstånd på rören på 365 mm. Fällorna togs upp och det översta vattnet dekanterades försiktigt. Därefter snurrades och skakades fällan så att suspensatet och det kvarvarande vattnet blandades. En person höll två 0,5 l HDPE-flaskor försedda med varsin noga rengjord HDPE-tratt medan den andre personen höll av det uppsamlade sedimentet direkt i flaskorna. På grund av fällornas konstruktion måste båda rören tömmas samtidigt. Därefter sköljdes fällorna noga ur med sjövatten innan de återetablerades.

Vid tömningen i februari 2011 visade det sig att endast fällorna vid Tjursbosjön Södra, Ekenässjöns Mitt samt Kyrksjöns Mitt fanns kvar. Övriga fällor var borta. De få prov som kunde tas analyserades, men extrapolerade till en sedimentation av metaller över sjöarnas hela yta blev resultaten helt orimliga. Så skulle till exempel över 7200 kg Cu/år sedimentera i Tjursbosjön. Problemen med att få provstationerna att fungera/hålla över tiden har visat sig stora. Redan under Huvudstudien konstaterades också att det var problem med resuspension i sjöarna då sedimentationshastighet och sedimentationsmängd av metaller skulle mätas. Effekterna av resuspensionen är helt enkelt för stora för att sedimentfällorna ska ge några användbara resultat, särskilt som förlusten av data genom att många fällor går

förlorade gör att extrapoleringarna blir orimligt stora. Av den anledningen kommer sedimentfällor ej att användas under Entreprenad- eller Efterkontrollen.

## Brunnsvatten

Syfte: Provtagning av brunnsvatten sker för att kontrollera att den höjda grundvattennivån i gruvan som efterbehandlingen kommer att leda till inte ger upphov till olägenheter i form av höjda metallhalter i de brunnar som finns i närområdet.

De enda brunnar som direkt bedöms kan beröras är brunnarna på Mörghult 1:5 (Teracoms brunn vid radiomasten) Torsfall 3:3 samt Smedjemåla 1:6. Vidare kontrolleras Bruksbacken 1:2 vid Hyttan för att se hur de åtgärder som vidtas på fastigheten påverkar metallhalterna i brunnsvattnet.

Provtagning av brunnsvattnet inleddes för fastigheterna vid gruvområdet (Mörghult 1:5 (Teracoms brunn vid radiomasten) och Torsfall 3:3) redan under Huvudstudien (2004). Smedjemåla 1:6 provtogs första gången redan under den Utökade förstudien (2002).

Brunnarna provtas minst tre gånger vardera för att se den naturliga variationen som kan förväntas i brunnarna innan höjning av grundvattenytan i gruvan sker i samband med igengjutningen av stollgången vid saneringen. Detta innebär att ytterligare en provtagning per brunn utfördes under 2011 (en av de planerade två provtagningarna vid Bruksbacken 1:2, fick utgå, då det inte hanns med före bortforslingen av slaggen eftersom vattnet var avstängt). Vid den sista provtagningen kunde inte alla mätningar med fältmätinstrumenten utföras, då de befann sig på provtagning ute i Tjursbosjön. Endast temperatur och konduktivitet kunde mätas med ett äldre instrument.

### Provtagningsmetodik

Provtagning sker före eventuella filter och vattnet spolats ca 10 minuter före provtagning. Vatten fylls på direkt i provtagningskärlet. Ca 0,5 l vatten överförs försiktigt till en hink eller motsvarande för mätning av temperatur, konduktivitet, pH och redox. Mätvärden noteras direkt i fältprotokoll.

<b>Bruksbacken 1:2</b>	2009-08-13	2011-05-11
Arsenik (µg/l)	5,6	9,0
Kobolt (µg/l)	16,8	40,0
Koppar (µg/l)	112	262
Nickel (µg/l)	8,2	6,3
Bly (µg/l)	4,9	5,2
Zink (µg/l)	107	131
pH	7,4	saknas
Konduktivitet (µS/cm)	467	331
Redox (mV)	350	saknas

<b>Mörghult 1:5</b>	2004-04-06	2009-09-07	2011-05-11
Arsenik (µg/l)	<5	0,065	<0,2
Kobolt (µg/l)	9,12	11,2	9,3
Koppar (µg/l)	206	330	567
Nickel (µg/l)	1,5	1,5	1,3
Bly (µg/l)	0,6	1,1	1,1
Zink (µg/l)	25,3	93,3	78,5
pH	8,7	7,7	saknas
Konduktivitet (µS/cm)	128	66,9	78,5
Redox (mV)	106	446	saknas
<b>Smedjemåla 1:6</b>	2002-08-29	2009-08-13	2011-05-11
Arsenik (µg/l)	0,36	0,07	0,08
Kobolt (µg/l)	54,2	47,0	36,3
Koppar (µg/l)	471	288	223
Nickel (µg/l)	19,8	6,2	4,8
Bly (µg/l)	13	1,6	3,1
Zink (µg/l)	439	90	71
pH	6,3	6,6	saknas
Konduktivitet (µS/cm)	70,2	85,6	57,4
Redox (mV)	367	394	saknas
<b>Torsfall 3:3</b>	2004-04-06	2009-08-13	2011-05-11
Arsenik (µg/l)	<5	0,06	<0,05
Kobolt (µg/l)	55,4	38,2	43,7
Koppar (µg/l)	113	138	141
Nickel (µg/l)	7,9	5,5	6,3
Bly (µg/l)	1,3	3,1	2,6
Zink (µg/l)	20,9	30,6	67,3
pH	6,3	7,4	saknas
Konduktivitet (µS/cm)	82	94	78,5
Redox (mV)	274	387	saknas

Det kan konstateras att alla de undersökta brunnarna innehåller vatten som inte utgör någon hälsofara ur metallsynpunkt. Det blyvärde på 13 µg/l som uppmättes vid Smedjemåla 1:6 2002 kan, med beaktande av resultatet från 2009, bero på någon liten partikel med adsorberat bly som följt med i provet och orsakat det höga värdet. Blyhalten i provet från Bruksbacken 2011-05-11 ligger väldigt nära gränsen för otjänligt.



## **Biologiska undersökningar**

Biologiska undersökningar har ej genomförts under referenskontrollen.

## **Provtagnings- och resultatredovisning**

Vid leverans av prover medföljer alltid en följesedel med proventifikation, undantaget Alcontrol som har streckodsmärkta flaskor och där man i förväg bestämt vilka analyser som ska göras. När prover anlänt till aktuellt laboratorium skall mottagandet bekräftas med ett faxmeddelande eller via e-post. Dessa bekräftelser arkiveras på Miljö- och byggnadskontoret.

Redovisning av analysresultat från anlidade laboratorier sker via e-post och underskrivna analysprotokoll till Miljö- och byggnadskontoret. Provresultaten samlas i pärmar för arkivering och lagras även i Excel-format. Analysresultaten delges tillsynsmyndigheten vid begäran och sammanställs då i särskilda rapporter.

## Bilagor:

1. Krav på rapporteringsgränser
2. System för providentifikation och provstationsbenämningar
3. Kartor över provpunkter
4. Provtagningsdatum

### 1. Krav på rapporteringsgränser

I nedanstående sammanställning redovisas de krav som ställs på rapporteringsgränser i respektive material.

Parameter	Rapporteringsgräns, fast fas	Rapporteringsgräns sedimentfällematerial	Rapporteringsgräns sötvatten
Cr	10 µg /g ts	0,2 µg /g ts	0,04 µg/l
Hg	0,05 µg /g ts	0,05 µg /g ts	0,002 µg/l
Cu	0,1 µg /g ts	0,1 µg /g ts	0,1 µg/l
Pb	0,1 µg /g ts	1 µg /g ts	0,02 µg/l
Zn	0,7 µg /g ts	10 µg /g ts	0,5 µg/l
Cd	0,01 µg /g ts	0,1 µg /g ts	0,01 µg/l
As	0,1 µg /g ts	1 µg /g ts	0,5 µg/l
Si	100 µg /g ts	100 µg /g ts	50 µg/l
Ti	10 µg /g ts	10 µg /g ts	- µg /l
Zr	5 µg /g ts	5 µg /g ts	- µg /l
Al	- µg /g ts	100 µg /g ts	0,3 µg/l
Fe	- µg /g ts	10 µg /g ts	1,0 µg/l
Mn	- µg /g ts	10 µg /g ts	0,04 µg/l
S	10 µg /g ts	10 µg /g ts	200 µg/l
TOC		1% av TS	1 mg/l
Turbiditet			Enl.svensk standard
Alkalinitet			Enl.svensk standard
Fosfat			Enl.svensk standard
Totalkväve			Enl. svensk standard
Ammoniumkväve			Enl. svensk standard
Nitrit+Nitratkväve			Enl. svensk standard
Suspenderat material			0,5 mg/l
Glödrest i suspenderat material			0,5 mg/l

## 2. System för providentifikationer och provstationsbenämningar

Alla prover ges en unik siffer/bokstavskombination bestående av totalt sex siffer/bokstavsgrupper åtskilda med en punkt enligt nedanstående exempel:

### 00. TU. 00. 01. 080110.01

**00.** Den första siffran anger typ av provtagningsobjekt

00.	Mätning i ytvatten
01.	Mätning i grundvatten
02.	Markprov (morän)
03.	Varp
04.	Vaskmull / Anrikningssand
05.	Slagg
06.	Sediment
07.	Destillerat vatten (kontroll)
08.	Porvatten
09.	Sedimentfällematerial
10.	Suspendatprovtagning i vatten
11.	Vitringsprodukter på scaktkväggar
12.	Vatten i gruvschakt
13.	Fisk
14.	Blåbär
15.	Lingon
16.	Borrmaterial (vid rörsättning)
17.	Markstratigrafiskt prov
18.	Dricksvattentäkt
19.	Bottenvatten vid porvattenprovtagning
20.	Ytavrinning
21.	Vatten vid filterförsök

**TU.** Bokstavskombinationen anger mätstationen. Om provet utgörs av ett filter ges stationsnamnet ett tillägg med bokstaven F (I exemplet: Tjursbosjöns utlopp. Ett filter, sammanhörande med detta prov hade fått beteckningen TU F.)

Provstationerna har följande beteckningar:

Grundvattenrören – **GV**, följt av ett ordningsnummer **1 - 25**

Torsfallsån – **TFU** (uppströms) och **TFN** (nedströms)

Tjursbosjön – **TJ** (kompletteras med **N**- norra, **S** – södra etc.)

Gruvviken allra närmast gruvområdet benämns **TJG**.

Ekenässjön – **E** (kompletteras på samma sätt som Tjursbosjön).

Kyrksjön – **K** (kompletteras på samma sätt som Tjursbosjön).

Perstorpsjön – **P**

Maren - **M**

Axsjön - **AX**

Sjöns utlopp – **U** (Inlopp betecknas i förekommande fall med **I**)

Ytavrinning betecknas med ett **Y** följt av den provstation som ligger närmast, t ex **Y GV6**.

Vid provtagningar av profiler i vatten anges provdjupet efter stationsbeteckningen i meter, exempelvis **TJM 5**.

Sedimentfällor - "**TJSN Ö**" ( Tjursbosjön, Sedimentfälla, (Tjursbosjön) Norr, Övre fällan) **N** är Nedre fällan.

**00.** Den andra siffergruppen anger mätparameter (i exemplet metaller)

00.	Metaller
01.	Sulfat
02.	Alkalinitet
03.	Koppar
04.	Kobolt
05.	Totalkväve, Totalfosfor, Nitritkväve+nitratkväve, Ammoniumkväve, Totalfosfor, TOC, Susp, Glödrest, pH och turbiditet
06.	Kadmium
07.	Kvicksilver
08.	Referensmaterial för eventuell analys
09.	Susp och glödrest
10.	Screeninganalys
11.	Åldersdatering
12.	TS och glödrest
13.	Toxicitetstest
14.	Sulfat, alkalinitet och aciditet
15.	Buffringsförmåga (alkalinitet)

Skall flera analyser göras från samma provflaska anges siffran för respektive analys med ett bindestreck mellan.

**01.** Den tredje siffergruppen anger provets representativitet (i exemplet: stickprov)

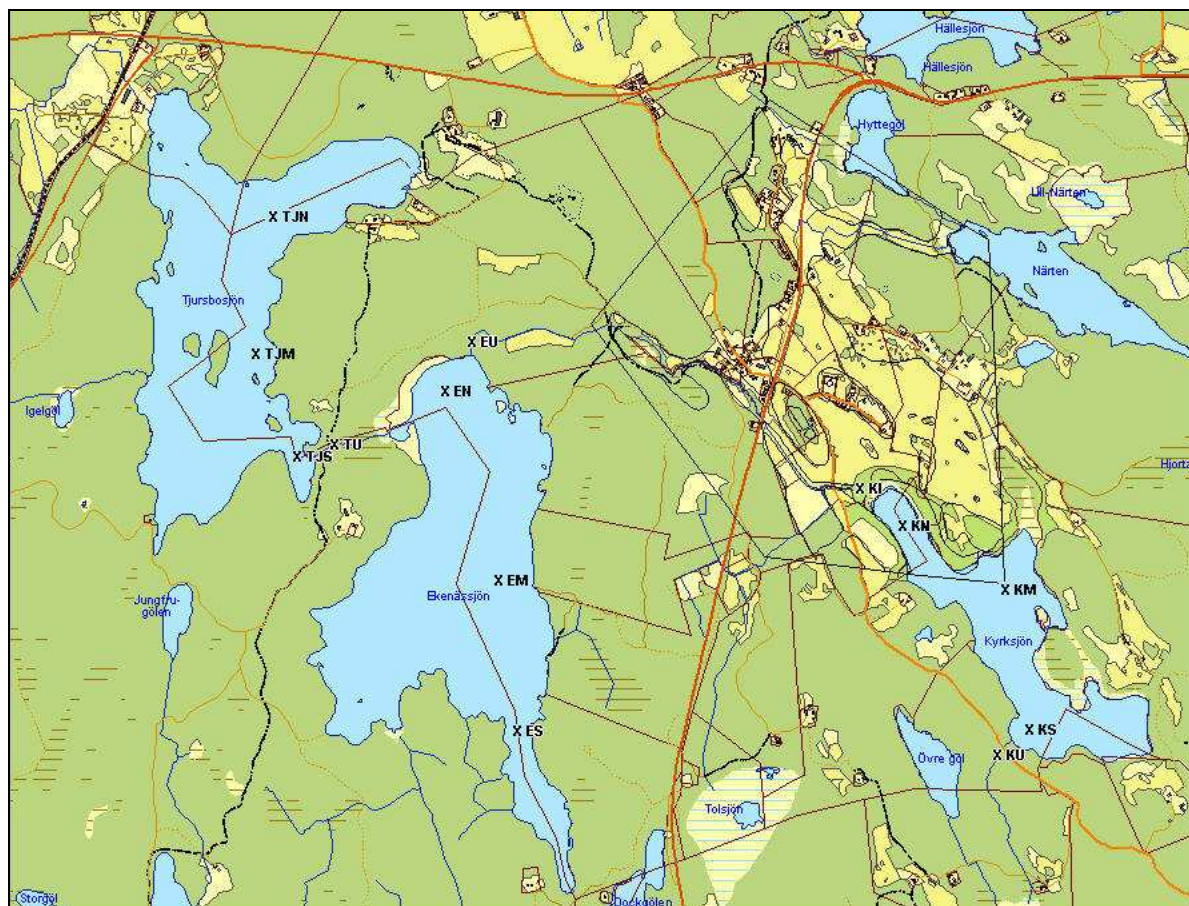
01.	Stickprov
02.	Dygnssamlingsprov
03.	Veckosamlingsprov
04.	Fuktkammarförsök
05.	Samlingsprov (stenprover etc)
06.	Suspendatinsamling (sedimentfällor)
07.	Fisk
08.	Exposmetermätning

**080110.** Den fjärde siffergruppen anger provtagningsdatum. För samlingsprover över längre tid än ett dygn anges provperiodens sista dag, d v s det datum då provinsamlingen avslutats. Prover, där det exakta datumet för provtagningen inte spelar någon roll (exempelvis sedimentproppar) kan istället benämnas med veckonummer t ex **V0834** (2008, vecka 34). Exakt datum för provtagningen anges i provtagningsprotokoll och samlingsdokument för provtagningar.

**01.** Den femte siffergruppen (slutsiffran) är ett löpnummer under aktuellt datum, aktuell mätstation och aktuell mätparameter.

Journaler förs löpande för alla mätningar och provtagningar. Efter varje mättillfälle registreras tagna prover i samlingsdokument och mätdata i respektive resultatfil. Registrering skall ske utan onödigt dröjsmål.

### 3. Kartor över provpunkter

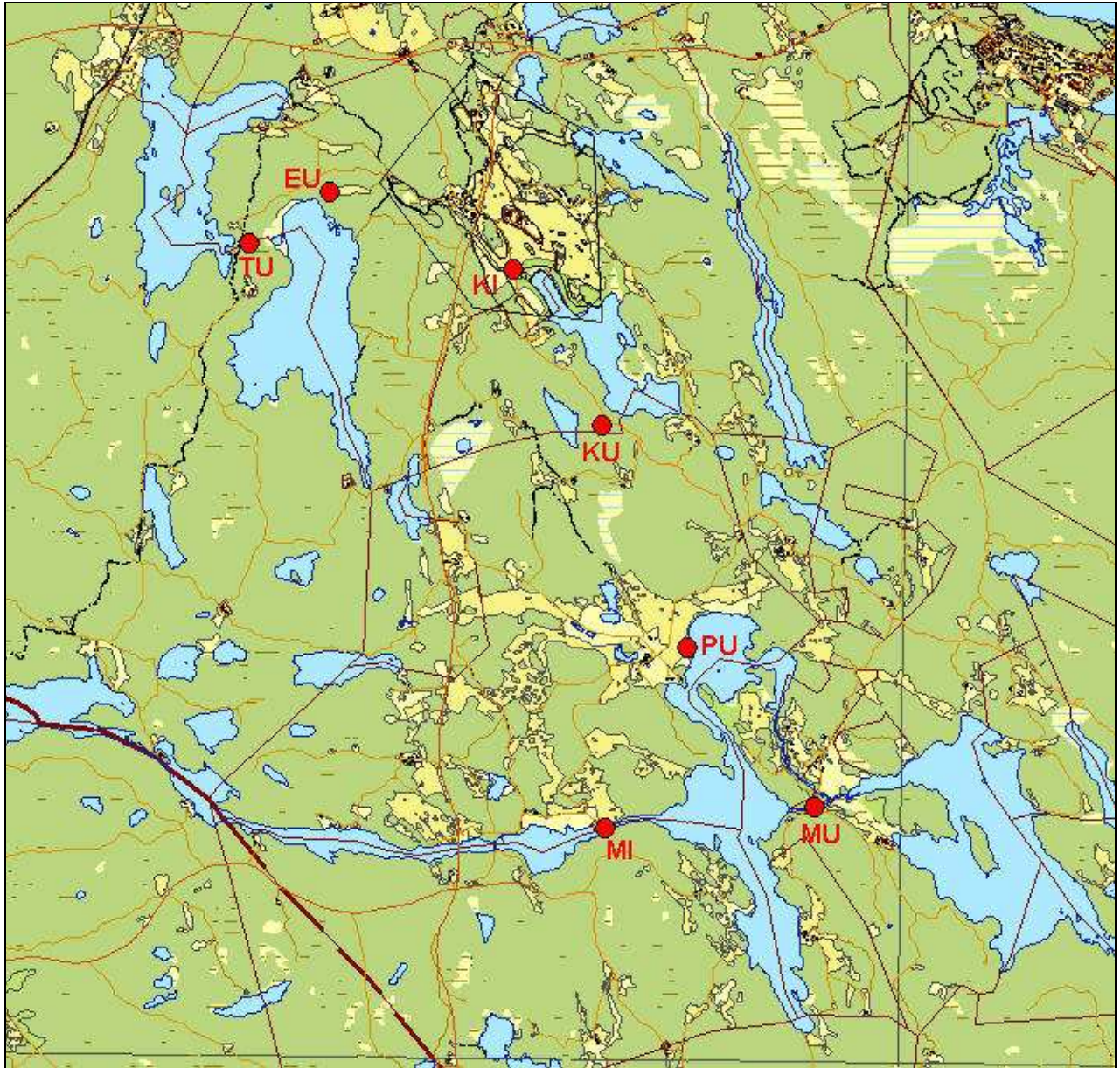


Karta över provpunkter i närområdet.

**TJN, TJM** och **TJS** är provpunkter för ytvattenprovtagning samt sedimentfällor.

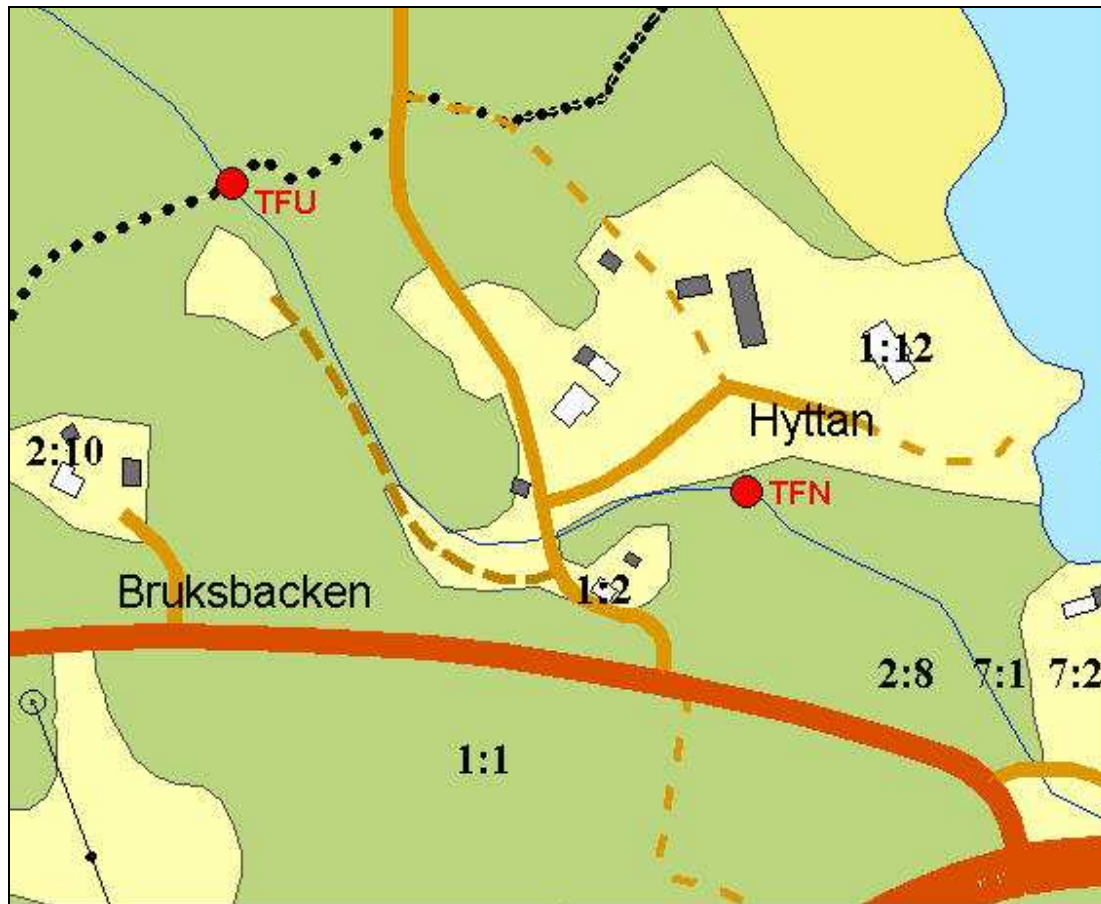
**EN, EM, ES, KN, KM** och **KS** är provpunkter för sedimentfällor.

**TU, EU, KI** och **KU** är provpunkter för ytvattenprovtagning.

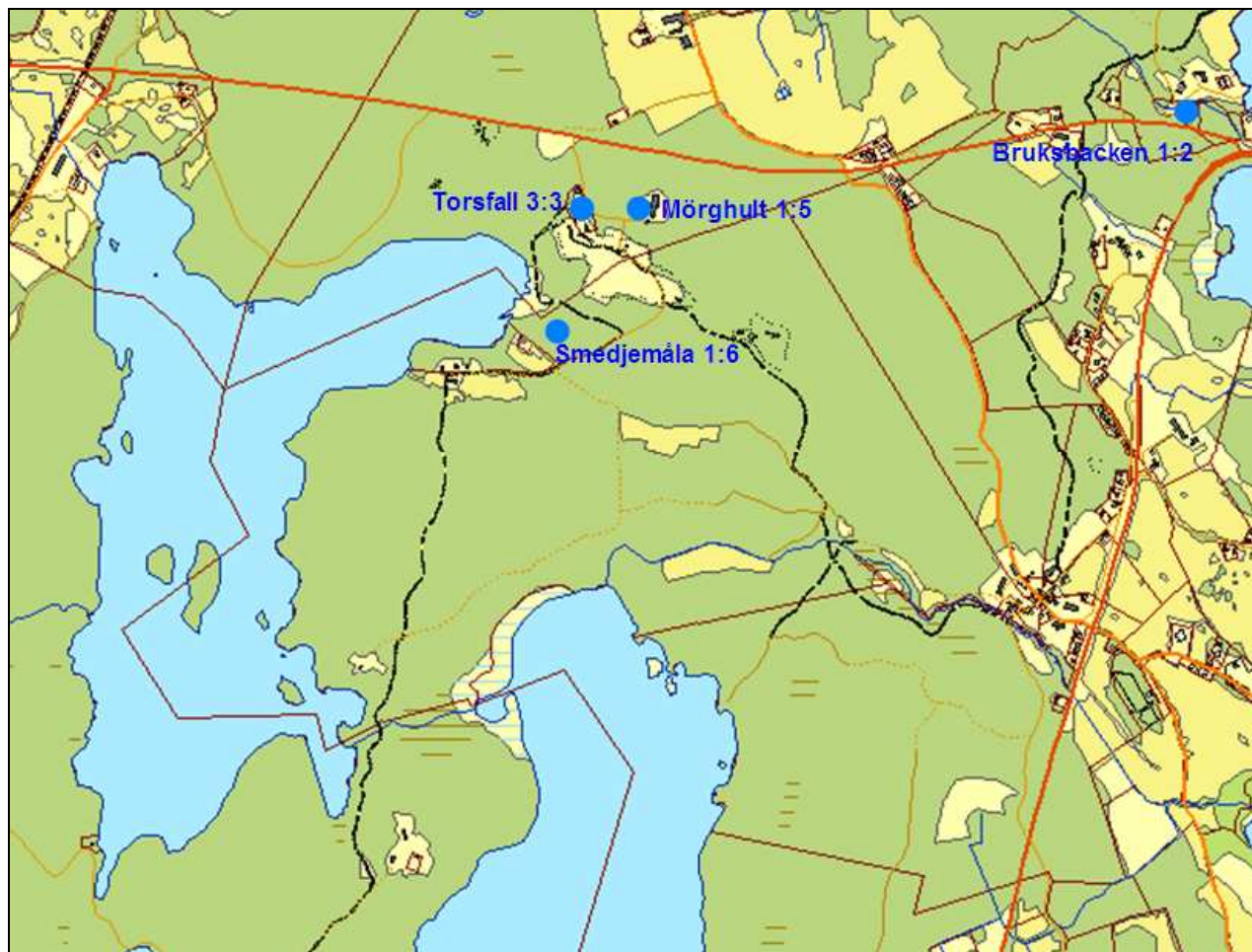


Översiktskarta över ytvattenprovpunkter i sjöarnas in- och utlopp. **TU** är Tjursbosjöns utlopp, **EU** är Ekenässjöns utlopp. **KI** och **KU** är Kyrksjöns in- respektive utlopp. **PU** är Perstorpsgölens utlopp i Marens norra del och **MI** och **MU** är Marens in- respektive utlopp.





Översiktskarta över provpunkterna vid Hyttan. **TFU** är provpunkten uppströms om avfallsområdet, **TFN** är provpunkten nedströms om avfallsområdet.



Översiktskarta för dricksvattentäkter i området.

Koordinater för provpunkter (SWEREF99 16 30)

Provpunkt	X	Y
TJN	6399738	144540
TJM	6399101	144486
TJS	6398684	144656
TU	6398678	144830
EU	6399160	145496
KI	6398458	147296
KU	6397225	147938
PU	6395180	148495
MI	6393634	147832
MU	6393858	149946
TFU	6400628	147017
TFN	6400502	147201
Bruksbacken 1:2	6400469	147160
Mörghult 1:5	6400188	145609
Torsfall 3:3	6400186	145428
Smedjemåla 1:6	6399822	145321

Provpunkterna för sedimentfällor i Ekenässjön och Kyrksjön anges inte koordinaterna för, eftersom de provpunkterna avvecklades.

## 4. Provtagningsdatum

### Tjursbosjöns utlopp (Utökad förstudie samt Huvudstudie)

2001-12-14
2002-01-08
2002-01-15
2002-01-31
2002-02-12
2002-02-27
2002-03-15
2002-03-26
2002-04-10
2002-04-23
2002-05-08
2002-05-24
2002-05-28
2002-06-05
2002-06-18
2002-07-03
2002-07-17
2002-07-30
2002-08-13
2002-08-29
2002-09-11
2002-09-26
2002-10-23
2002-11-06
2002-11-19
2002-12-03
2002-12-17
2003-01-13
2003-01-30
2003-02-13
2003-02-18
2003-03-05
2003-03-13
2003-03-26
2003-05-20
2003-07-23
2003-10-21
2004-01-09
2004-04-27
2004-07-14

## **Tjursbosjöns utlopp, Ekenässjöns utlopp, Kyrksjöns in- och utlopp, Perstorpsjöens utlopp samt Marens in- och utlopp, Torsfallsån upp- och nedströms om slaggupplaget**

2009-01-09
2009-01-20
2009-02-03
2009-02-18
2009-03-05
2009-03-18
2009-04-02
2009-04-17
2009-04-30
2009-05-14
2009-05-26
2009-06-08
2009-06-23
2009-07-08
2009-07-21
2009-08-19
2009-09-01
2009-09-16
2009-09-29
2009-10-16
2009-10-29
2009-11-12
2009-11-27
2009-12-07
2009-12-21

## **5. Referenser**

Naturvårdsverket (1999), Bedömningsgrunder för miljö kvalitet. Sjöar och vattendrag. (Rapport 4913)

Naturvårdsverket (2007), Status, potential och kvalitetskrav för sjöar, vattendrag, kustvatten och vatten i övergångszon, bilaga A, (Naturvårdsverkets handbok 2007:4)