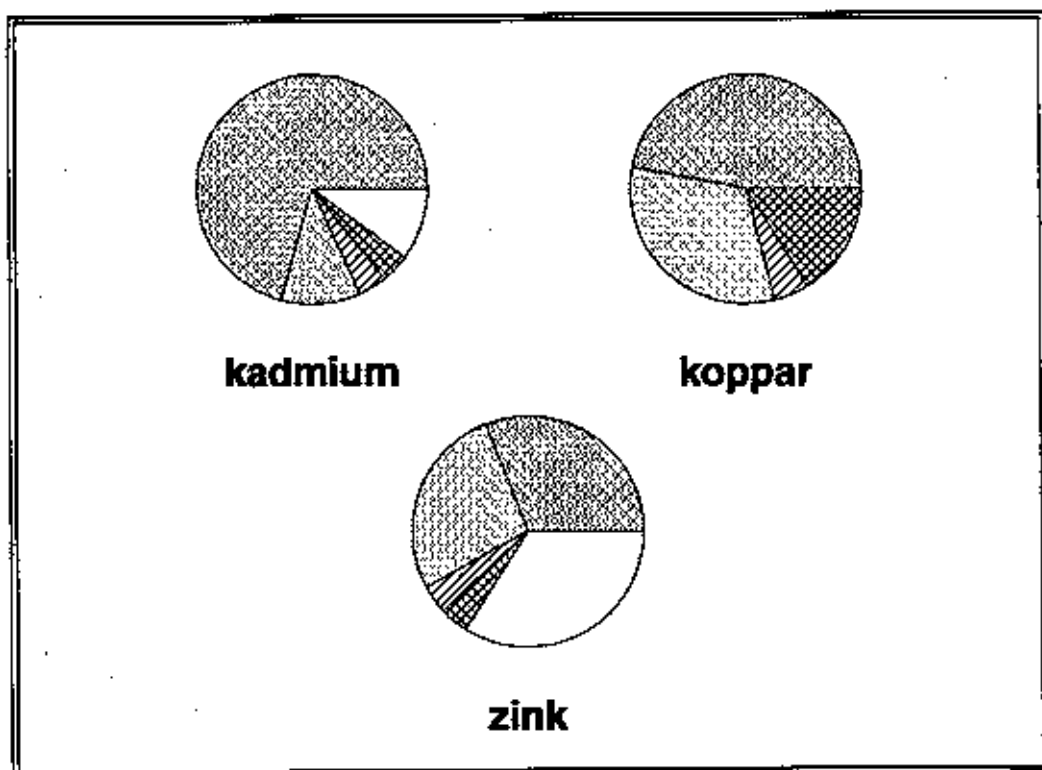


# Metaller i Vättern

## Tillförsel och källfördelning 1993-95



Lennart Lindeström  
Miljöforskargruppen

**Rapport nr 39**  
från Vätternvårdsförbundet 1996

# Metaller i Vättern

Tillförsel och källfördelning 1993-95

## Rapport nr 39 från Vätternvårdsförbundet \*

Rapporten har utarbetats av Lennart Lindeström,  
MiljöForskarGruppen på uppdrag av Vätternvårdsförbundets  
"metallgrupp" som även svarat för uppdragets finansiering.

Föreliggande rapport utgör en uppdatering av de tillförsel- och  
källfördelningsberäkningar som ingick i Vätternvårdsförbundets  
rapport nr 32, 1993 "Metaller i Vättern - Bedömning av tillförsel,  
tillstånd och möjliga konsekvenser.

Omslagets figur är ett urval av källfördelningsdiagram hämtade  
från figur 5 sidan 20. Här förklaras också de olika "tårtbitarnas"  
identitet.

\*

Rapporterna 1 - 29 utgavs av Kommittén för Vätterns vattenvård  
Kommittén ombildades 1989 till Vätternvårdsförbundet som  
fortsätter rapportserien f o m Rapport 30.

Vätternvårdsförbundet  
Länsstyrelsen i Jönköpings län  
551 86 Jönköping  
Tel 036 - 157092, 157083 Fax 036/157639

ISSN 1102 - 3791



F96/29:3

## **Metaller i Vättern**

### **Tillförsel och källfördelning 1993-95**

---

**Fryksta 1996-09-02**

**Lennart Lindeström  
MiljöForskarGruppen**

## Innehåll

<i>BAKGRUND</i> .....	1
<i>TILLFÖRSEL VIA VATTENDRAG</i>	
<i>Omfattning och metodik</i> .....	2
<i>Metallhalter - resultat och överväganden</i> .....	4
<i>Metalltransporter</i> .....	8
<i>TILLFÖRSEL FRÅN LUFT</i> .....	12
<i>TILLFÖRSEL FRÅN PUNKTKÄLLOR MED PÅGÅENDE VERKSAMHET</i> .....	13
<i>TILLFÖRSEL FRÅN ÖVRIGA KÄLLOR</i>	
<i>Ammunition</i> .....	15
<i>Gruvavfall</i> .....	16
<i>METALLBUDGET FÖR VÄTTERN</i>	
<i>Totalbudget</i> .....	18
<i>Budget för verksamma antropogena källor</i> .....	21
<i>Detaljbudgetar för vissa angränsande vattenområden</i> .....	21
<i>SLUTKOMMENTARER</i> .....	23
<i>REFERENSER</i> .....	25

*Bilaga 1. Fakta om Vättern*

*Bilaga 2. Registrerade metallhalter i vattendragen till och från Vättern under 1993-95 samt metalltransporter baserat på medianhalter*

*Bilaga 3. Registrerade metallhalter i Vättern under 1994-95*

*Bilaga 4. Beräknade metalltransporter i vattendrag till och från Vättern baserat på aritmetiska medelhalter för 1993-95*

## **Metaller i Vättern**

### **Tillförsel och källfördelning 1993-95**

#### **Bakgrund**

I en rapport från Vätternvårdsförbundet (nr 32) sammanställdes år 1993 den dåvarande kunskapen om tillförseln av metaller till Vättern från olika källor<sup>1</sup>. Vidare behandlades tillståndet i sjön vad gäller metallförekomsten i olika media, samt diskuterades på basis härav möjliga konsekvenser för sjöns ekosystem. I rapporten pekades på ett antal kunskapsluckor som borde fyllas, för att därmed bättre kunna värdera betydelsen och behovet av olika utsläpps begränsande åtgärder, samt öka möjligheten att förutsäga utvecklingen i sjön.

På uppdrag av Vätternvårdsförbundet har i denna rapport en uppdatering gjorts av metalltillförseln och källfördelningen till Vättern med utgångspunkt från senare års mätdata. Nya specifika uppgifter för Vättern utgör vattenkemiska mätningar i tillflödena och utflödet under 1993-95, nederbördskemiska mätningar på Visingsö under samma period, beräkningar av det norrifrån kommande utflödet via Hammarsundet, samt senare års mätningar av metallutsläpp från olika punktkällor runt sjön. Nya allmänna uppgifter som kan tillämpas för Vättern är framförallt uppdaterade schablonvärden för tungmetaller i dagvatten.

Vissa grundfakta om Vättern ges i bilaga 1. Här är större orter runt sjön utmärkta, vattendjup angivet, tillrinningsområdets yta markerat samt vissa basfakta för Vättern presenterade. Den normala strömriktningen i sjön är moturs<sup>2</sup>, vilket åstadkommes av jordens rotation.

## Tillförsel via vattendrag

### Omfattning och metodik

I 20 av de tillrinnande vattendragen till Vättern samt i utflödet Motåla Ström har provtagning av vatten skett i Vätternvårdsförbundets regi under 1993-95<sup>3</sup>. Med vissa undantag har provtagningen skett en gång per månad. Vattenproverna har analyserats på metallerna koppar, bly, zink, krom, nickel och arsenik genom multielementsanalys, ICP-MS (Svensk Grundämnesanalys). Kompletterande prover har tagits vid några få tillfällen under 1995 för bestämning av kadmiumhalten med hjälp av atomabsorptionspektrofotometri med bakgrundskorrektor, AAS (MeAna-Konsult), beroende på denna mätmetods större känslighet.

Alla värden avser totalhalter efter uppslutning med suprapur HNO<sub>3</sub> (0,5 ml/100 ml). Ingen filtrering har skett.

Försök har även gjorts vid några tillfällen under 1995 att provta och analysera vattnets kvicksilverhalt i Vätterns tillflöden, dock utan lyckat resultat.

Förutom i vattendragen har provtagning även skett på tre lokaler i egentliga sjön, där vatten från olika djup analyserats på samma metaller som ovan<sup>3</sup>. Provtagning i Vättern har skett vid tre tillfällen under 1994-95.

Inom den samordnade recipientkontrollen i Norra Vätterns tillrinningsområde, har mätningar gjorts av bly, zink och kadmium i de tillrinnande norra vattendragen till Vättern, samt i de norra fjärdarnas utflöde genom Hammarsundet<sup>4</sup>.

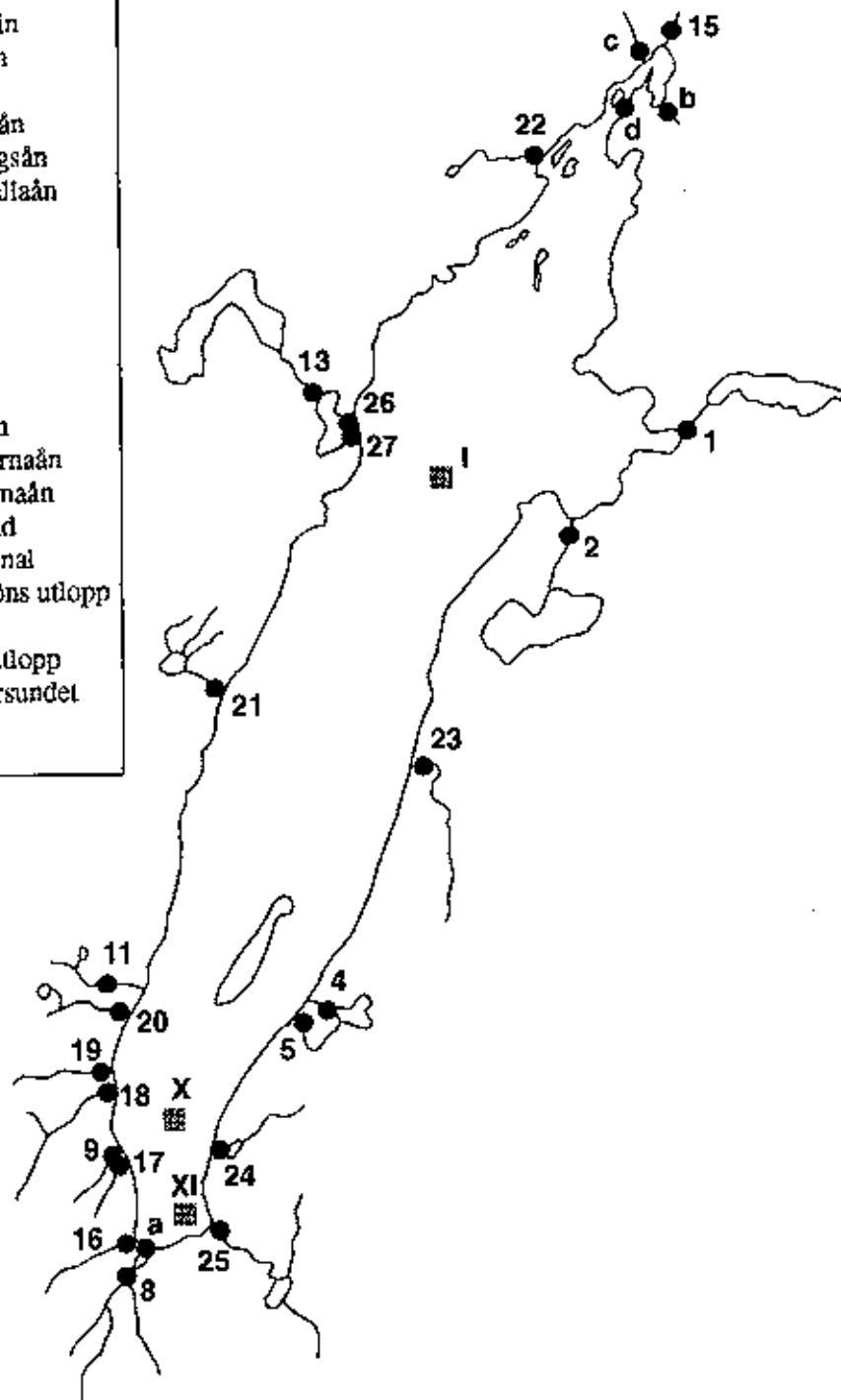
#### Beteckningar

As	arsenik
Cd	kadmium
Cr	krom
Cu	koppar
Hg	kvicksilver
Ni	nickel
Pb	bly
Zn	zink

Samtliga mätstationer för metallbestämning i vatten presenteras i figur 1.

Förutom bestämning av metallhalter har även vattenflöden beräknats, vilket är en förutsättning för att metalltransporter ska kunna uppskattas. För vattendragen har på delvis teoretiska grunder medelvattenflöden beräknats för perioden 1983-93<sup>5</sup>. I Hammarsundet har mätningar gjorts på olika vattendjup för beräkning av strömriktning och vattenflöden<sup>4</sup>.

VT1	Motala Ström
VT2	Mjölnaån
VT4	Gränna kraftv.
VT5	Röttleån
VT8	Tabergsåån
VT9	Domneån
VT11	Svedån
VT13	Forsviksåån
VT15	Skylbergsåån
VT16	Dunkehaliaån
VT17	Lillån
VT18	Hökesåån
VT19	Knipån
VT20	Gagnån
VT21	Hjoån
VT22	Aspaån
VT23	Ornåsåån
VT24	Edeskvarnaån
VT25	Huskvarnaån
VT26	Rödesund
VT27	Göta Kanal
a	Munksjöns utlopp
b	Salaån
c	Alsens utlopp
d	Hammarsundet
I, X & XI	Vättern



Figur 1. Provtagningsstationer för metallbestämning i vattendragen runt Vättern samt i sjön och dess utflöde.

## **Metallhalter - resultat och överväganden**

Samtliga enskilda mätresultat presenteras i bilaga 2 (vattendragen) och bilaga 3 (Vättern) fränsett de för Norra Vätterns avrinningsområde som redovisas i separata årsrapporter<sup>4</sup>. I tabellerna har olika genomsnitt- och spridningsvärden beräknats för varje enskild station (för Vättern genomsnitt för hela sjön). Värden som understigit mätmetodens känslighetsgräns har erhållit detta gränsvärde. Metodernas analyskänslighet för olika metaller framgår av försättsbladet till respektive bilaga.

Enstaka mätdata som med säkerhet kunnat konstateras vara felaktiga (sannolikt pga kontaminering) har strukits. Många värden kvarstår dock, som med stor sannolikhet även de är felaktiga, eller ej relevanta (kan exempelvis ha innehållit en stor mängd partiklar, såsom för några bottenprov i Vättern, bilaga 3). Svårigheter uppstår dock då man ska försöka sortera ut dessa felaktiga eller icke adekvata mätvärden från de som är korrekta. En ganska stor spännvidd i metallhalter kan nämligen förekomma såväl inom samma vattendrag (beroende på årstid, klimat etc) som mellan vattendrag.

Exempel på variationer och skillnader ges i figur 2. Halterna för zink, bly och nickel åskådliggörs i kurvor för tre vattendrag med olika karaktäristik. Mjölnaån avvattnar ett jordbruksdistrikt, Svedån ett skogsområde och Skyllbergsån ett mineralrikt område där förekomst av gruvavfall kan förväntas.

Högre halter av zink och bly förekommer genomgående i Skyllbergsån jämfört med de övriga åarna. De halttoppar som registrerats är i detta fall sannolikt korrekta. Beroende på årstid, nederbörd, grundvattennivå etc kan stora haltvariationer uppträda i mindre vattendrag som avvattnar mineralrika områden.

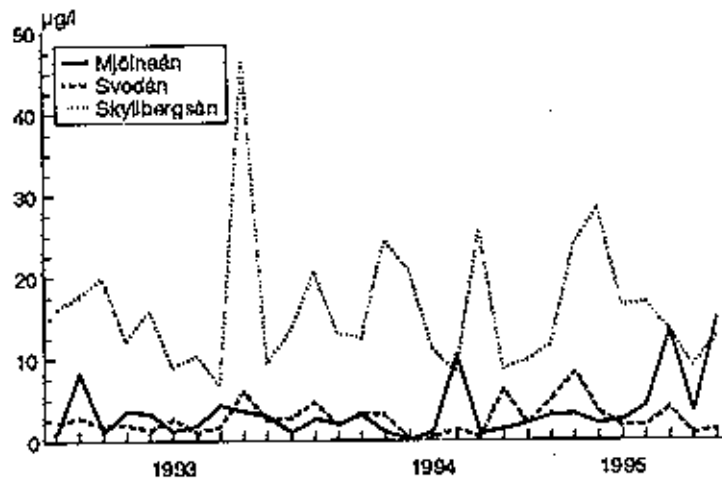
Det är dock inte alla metaller som avviker i de vattendrag som avvattnar det mineraliserade norra distriktet av Vätterns tillrinningsområde. Nickelhalten i vatten var exempelvis betydligt högre i "jordbruksån" (Mjölnaån) än i de båda andra åarna.

För att få en generell uppfattning om haltnivån i de olika vattendragen är det lämpligt att betrakta något slags genomsnittsvärde. Vanligast är att man bildar det aritmetiska medelvärdet, ofta kombinerat med ett spridningsmått, som anger sannolikheten för att det samma medelvärdet ligger inom ett bestämt intervall. För zink presenteras detta i tabell 1.

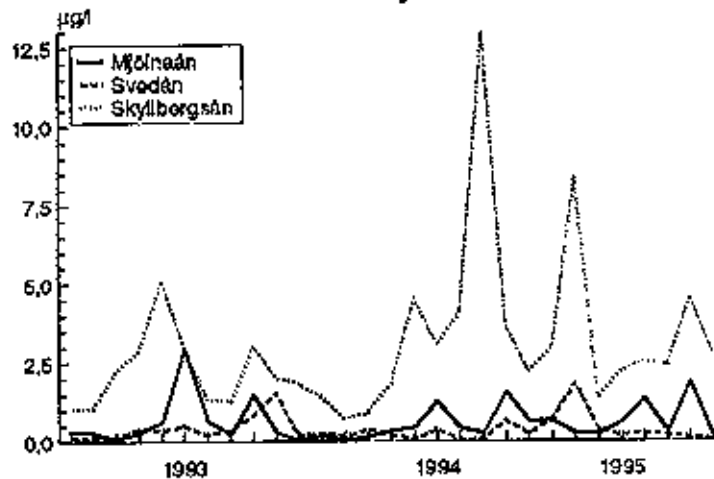
Enstaka höga värden kan få stor betydelse för det aritmetiska värdets storlek (som egentligen förutsätter att värdena är normalfördelade). Problem uppstår därmed att avgöra hurvida det avvikande värdet är korrekt eller exempelvis orsakat av kontaminering. Ett exempel på detta ges i figur 3.



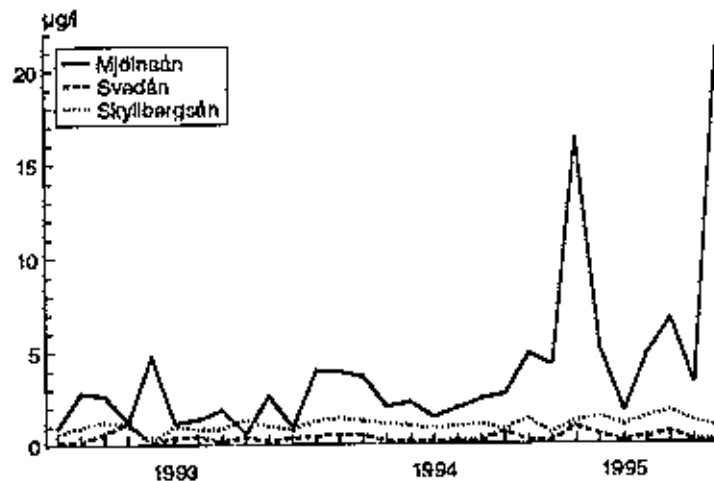
## Zink



## Bly



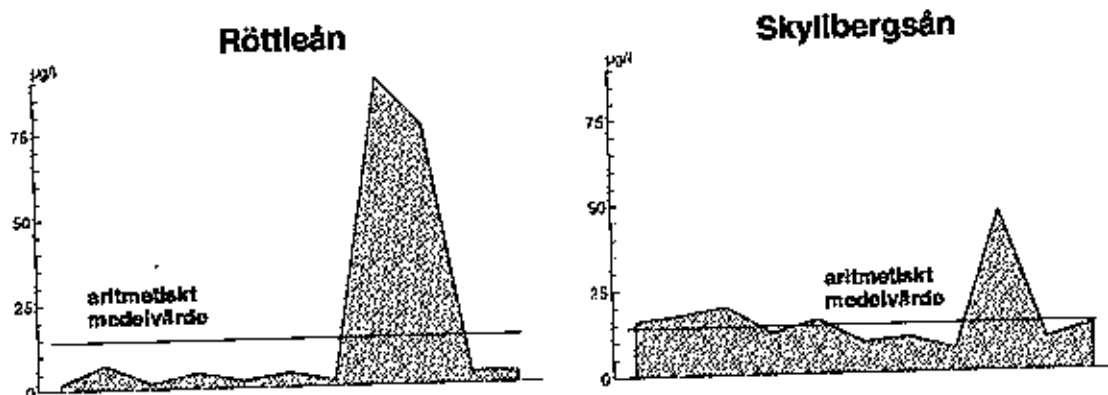
## Nickel



Figur 2. Halter av zink, bly och nickel i tre vattendrag av olika karaktär. Mjölneån avvattnar ett jordbruksområde, Svedån ett skogsområde och Skyllbergsån ett mineralrikt område. Kurvorna återger resultaten från provtagningsstillfällena under 1993-95. Enstaka månader då provtagning ej skett har inte tagits med.

Tabell 1. Aritmetiska medelvärden med 95% konfidensintervall samt medianvärden för zink i tillrinnande vattendrag till Vättern. Värdena avser perioden 1993-95.

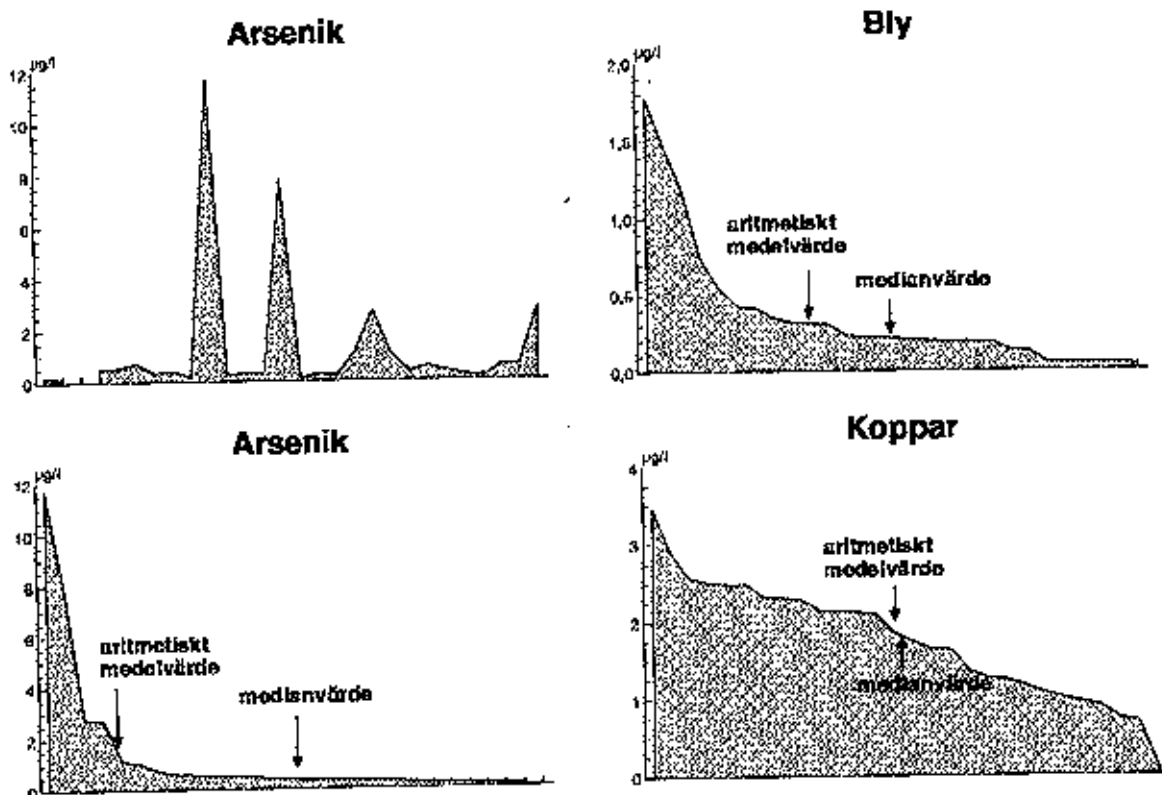
Stn.	vattendrag	medelvärde	medianvärde
		$\pm 95\%$ konf.int $\mu\text{g/l}$	$\mu\text{g/l}$
VT2	Mjölnån	$3,6 \pm 1,3$	2,6
VT4	Gränna kraftv.	$2,4 \pm 1,3$	1,3
VT5	Röttleån	$8,8 \pm 7,8$	3,0
VT8	Tabergsån	$7,4 \pm 1,4$	8,4
VT9	Domneån	$7,8 \pm 1,6$	6,9
VT11	Svedån	$2,6 \pm 0,7$	2,0
VT13	Forsviksån	$2,1 \pm 0,4$	1,8
VT15	Skyllbergsån	$15,9 \pm 5,8$	13,3
VT16	Dunkehallaån	$11,2 \pm 1,5$	11,0
VT17	Lillån	$9,1 \pm 2,2$	7,9
VT18	Hökesån	$6,0 \pm 1,7$	4,8
VT19	Knipån	$3,0 \pm 0,5$	2,8
VT20	Gagnån	$3,3 \pm 0,8$	2,8
VT21	Hjoån	$4,4 \pm 1,1$	4,2
VT22	Aspaån	$8,6 \pm 7,3$	4,6
VT23	Orrnäsaån	$6,9 \pm 6,7$	3,4
VT24	Edeskvarnaån	$5,7 \pm 2,9$	2,7
VT25	Huskvarnaån	$6,5 \pm 1,4$	5,7
VT26	Rödesund	$3,1 \pm 0,5$	3,4
VT27	Göta Kanal	$1,7 \pm 0,4$	1,8



Figur 3. Zinkhalter i vatten under 1993 i Röttleån och Skyllbergsån. Det aritmetiska medelvärdet är markerat och är detsamma i båda fallen. De avvikande höga zinkhalterna i Röttleån är sannolikt orsakat av någon kontaminering.

Det aritmetiska medelvärdet för zink för 1993 är detsamma i Röttleån (som avvattnar ett jordbruksdistrikt) som i Skyllsbergsån. Den generella haltnivån är dock betydligt lägre i Röttleån. Det förhållandevis höga medelvärdet beror på två avvikande höga halter under året, som sannolikt orsakats av någon kontaminering. Exemplet visar att det aritmetiska medelvärdet i detta fall sannolikt ger en missvisande bild av de genomsnittliga metallhalterna i Röttleån.

Ett sätt att komma runt detta problem är att istället betrakta medianvärdet som det bästa genomsnittsvärdet. Medianvärdet för ett antal mätvärden utgör mittvärdet på så sätt, att hälften av mätvärdena är lägre och hälften är högre än detta mätvärde. På så sätt behöver man inte ta ställning till om några enstaka avvikande höga värden är korrekta eller inte, eftersom de har liten inverkan på genomsnittsvärdet. Nackdelen är dock att dessa värden, såvida de är korrekta, kan ha stor betydelse för såväl metalltransporten i vattendraget som för eventuella effekter på vattenorganismer.



Figur 4. Aritmetiska medelvärden och medianvärden för arsenik, bly och koppar i Röttleån avseende perioden 1993-95. Arsenik presenteras både i kronologisk och i fallande ordning, de båda andra metallerna endast i fallande ordning. Då mätvärdenas fördelningen närmar sig en normalfördelning, närmar sig även de båda genomsnittsvärdena varandra (se koppar).

Skillnaden mellan aritmetiska medelvärden och medianvärden åskådliggörs i figur 4. Jämförelser kan även göras i tabell 1 för zink. Av tabellen framgår, att i de fall skillnaden är stor mellan medianvärdet och det aritmetiska medelvärdet, är även spridningen hos materialet stort. I samtliga fall inryms medianvärdet inom konfidensintervallet för medelvärdet. Eftersom det är sannolikt att flera av de högsta värdena beror på kontaminering eller dylikt, bedöms medianhalterna bäst återge den genomsnittliga metallsituationen i de aktuella vattnen.

I tabell 2 presenteras medianvärdena för samtliga metaller och mätpunkter. Högst medianhalter har erhållits för arsenik i Mjölnaån, krom och nickel i Lillån, koppar i Dunkehallaån, bly i Skyllbergsån och Salaån samt för zink och kadmium i Salaån.

Dessa medianvärden kan jämföras dels med "generella bakgrundshalter" för landet<sup>6</sup>, dels med medianhalten för andra större vattendrag som mynnar till Östersjön<sup>7</sup> (avser mätningar inom PMK för 1990). Denna jämförelse visar att även de högsta medianhalterna för krom och nickel ligger inom ett " normalt " intervall. En måttlig haltförhöjning tycks föreligga för arsenik och koppar, en något större för bly samt en avsevärd förhöjning för zink och kadmium i de vattendrag där högst halter av respektive metall registrerats (tabell 2).

Genomsnittet för samtliga tillrinnande vattendrag kan jämföras med halterna i såväl själva Vättern som i utflödet från sjön. Denna jämförelse visar att en haltreduktion sker i Vättern för i första hand arsenik, bly och kadmium.

### ***Metalltransporter***

Metalltransporten i vattendragen kan endast beräknas på basis av genomsnittliga metallhalter och vattenflöden eftersom inga samtidiga mätningar av halter och flöden gjorts. Detta förfarande kan innebära en underskattning av transporten i de fall höga metallhalter sammanfaller med höga vattenflöden, respektive en överskattning om höga halter istället sammanfaller med låga flöden. En genomgång av materialet indikerar, att inga generella samband av endera slaget förekommer i materialet, varför en transportberäkning enligt genomförd modell torde ge en godtagbar uppfattning av metalltransporten inom området.

Tabell 2. Medianhalter för metaller i vattendragen till och från Vättern samt i sjön för perioden 1993-95 (Salaån, Alsens utlopp, Hammarsundet och Vättern avser 1994-95). "Bakgrundshalter" är hämtat från naturvårdsverkets bedömningsgrunder<sup>6</sup> och "vattendrag till Östersjön" från mätningar inom PMK, Programmet för övervakning av MiljöKvalitet<sup>7</sup>.

Stn.	vattendrag	As µg/l	Cd ng/l	Cr µg/l	Cu µg/l	Ni µg/l	Pb µg/l	Zn µg/l
VT2	Mjölinaån	0,90	10	0,58	0,87	2,64	0,31	2,6
VT4	Gränna kraftv.	0,39	3	0,25	0,73	1,13	0,05	1,3
VT5	Röttleån	0,36	3	0,58	1,68	2,23	0,20	3,0
VT8	Tabergsåån	0,40	16	0,27	1,40	1,31	0,66	8,4
VT9	Domneån	0,57	18	0,31	1,02	0,81	0,86	6,9
VT11	Svedån	0,25	11	0,10	0,42	0,15	0,23	2,0
VT13	Forsviksåån	0,25	16	0,10	0,71	0,41	0,16	1,8
VT15	Skyllbergsåån	0,72	13	0,16	2,25	1,01	2,4	13,3
VT16	Dunkehallaån	0,54	20	0,42	3,50	1,16	1,36	11,0
VT17	Lillån	0,36	9	0,90	2,99	3,37	0,63	7,9
VT18	Hökesåån	0,45	21	0,49	0,76	0,98	0,37	4,8
VT19	Knipån	0,32	12	0,27	0,82	0,66	0,21	2,8
VT20	Gagnån	0,34	17	0,50	0,40	0,42	0,37	2,8
VT21	Hjoån	0,42	15	0,30	1,28	0,82	0,58	4,2
VT22	Aspaån	0,36	12	0,27	0,73	0,57	0,35	4,6
VT23	Orrnåsåån	0,51	20	0,31	1,16	2,25	0,20	3,4
VT24	Edeskvarnaån	0,61	5	0,47	1,26	1,96	0,47	2,7
VT25	Huskvarnaån	0,42	11	0,34	1,96	1,75	0,35	5,7
VT26	Rödesund	0,25	5	0,17	0,91	0,52	0,36	3,4
VT27	Göta Kanal	0,28	3	0,10	0,77	0,44	0,27	1,8
a	Munksjöns utlopp	0,38	6	0,31	1,48	1,88	0,35	6,8
b	Salaån		180				2,7	190
c	Alsens utlopp		27				0,58	43
d	Hammarsundet		59				1,6	100
	<i>genomsnitt i tillflöden</i>	<i>0,39</i>	<i>13</i>	<i>0,31</i>	<i>1,0</i>	<i>1,0</i>	<i>0,36</i>	<i>4,4</i>
I,X&XI	Vättern	<0,20	9	0,29	0,57	0,93	0,12	3,8
VT1	Motala Ström	0,13	6	0,24	0,83	0,72	0,18	3,6
	<i>"bakgrundshalter"</i>	<i>0,30</i>	<i>10</i>	<i>1,00</i>	<i>0,70</i>	<i>3,0</i>	<i>0,40</i>	<i>3,0</i>
	<i>vattendrag till Östersjön</i>							
	<i>1990</i>		<i>9</i>		<i>1,5</i>		<i>0,18</i>	<i>5,4</i>

Som tidigare nämnts bedöms medianhalterna utgöra de bästa närmevärdena för den genomsnittliga koncentrationen av respektive metall i vattendragen. Dessa har därför använts som underlag för en transportberäkning, tillsammans med medelvärden för vattenflöden i respektive

provtagningspunkt (perioden 1983-93), som räknats fram av Hans Kvarnäs, SLU<sup>5</sup>. På basis härav har den genomsnittliga metalltransporten till Vättern med vattendragen beräknats i enlighet med tabell 3. Härvid har Munksjön i söder och Kärrafjärdsområdet i norr antagits utgöra en del av Vättern, medan Bottensjön i väster betraktats som en separat sjö.

Tabell 3. Metalltransporter i vattendragen till och från Vättern baserat på medianhalterna enligt tabell 2 och genomsnittliga vattenflöden för perioden 1983-93<sup>5</sup>. Beräkningen av metalltransporten med "övriga vattendrag" beskrivs i texten.

	ARO <sup>a</sup> km <sup>2</sup>	Q <sup>b</sup> m <sup>3</sup> /s	As kg/år	Cd kg/år	Cr kg/år	Cu kg/år	Ni kg/år	Pb kg/år	Zn kg/år
<b>IN</b>									
VT2 - Mjölnån	417	3,44	97,5	1,08	62,4	94,5	286	33,8	284
VT4 - Gränna kry	185	1,33	16,5	0,126	10,4	30,7	47,4	2,1	54,9
VT5 - Röttleån	31,5	0,24	2,74	0,023	4,4	12,7	16,9	1,53	22,7
VT8 - Tabergsån	212	2,00	25,0	1,01	17,2	88,3	82,6	41,6	527
VT9 - Domneån	66,5	0,63	11,3	0,358	6,11	20,3	16,1	17,0	137
VT11 - Svedån	49,0	0,60	4,65	0,208	1,89	7,87	2,84	4,28	37,1
VT16 - Dunkehallaån	25,8	0,24	4,06	0,151	3,16	26,5	8,78	10,3	83,6
VT17 - Lillån	35,3	0,33	3,79	0,094	9,33	31,1	35,1	6,53	82,2
VT18 - Hökesån	68,8	0,84	11,9	0,556	12,9	20,2	25,9	9,71	128
VT19 - Knipån	52,8	0,64	6,38	0,242	5,51	16,6	13,4	4,21	57,1
VT20 - Gagnån	28,7	0,27	2,86	0,145	4,29	3,4	3,54	3,15	23,4
VT21 - Hjoån	61,0	0,33	4,37	0,151	3,12	13,3	8,55	6,00	43,6
VT22 - Aspaån	65,1	0,66	7,39	0,25	5,54	15,2	11,9	7,30	95,1
VT23 - Orrnäsån	64,1	0,70	11,2	0,442	6,91	25,6	49,7	4,49	75,5
VT24 - Edeskvarnaån	53,6	0,50	9,6	0,079	7,46	19,9	30,9	7,40	42,2
VT25 - Huskvarnaån	664	6,81	90,8	2,36	73,7	422	377	74,4	1210
VT26 - Rödesund	450	4	31,2	0,631	21,1	115	64,9	45,0	422
VT27 - Göta Kanal	450	4	34,9	0,378	12,6	97,0	55,0	33,9	227
<b>summa (VT2-27)</b>	<b>2980</b>	<b>27,56</b>	<b>376,1</b>	<b>8,284</b>	<b>268</b>	<b>1060</b>	<b>1137</b>	<b>312,7</b>	<b>3552</b>
<i>kg/km<sup>2</sup>*år<sup>e</sup></i>			<i>0,126</i>	<i>0,0028</i>	<i>0,09</i>	<i>0,356</i>	<i>0,381</i>	<i>0,105</i>	<i>1,192</i>
VT15 - Skyllbergsån	185	2,4	54,2	0,984	11,8	170	76,4	181	1007
Alsens utlopp <sup>d</sup>	184	2,39	54	2,03	12	41	76	43,7	3241
Salaån exkl. gruvan <sup>d</sup>	32	0,41	9,2	1,73	2,0	23	13	24,5	2124
<i>övriga vattendrag<sup>f</sup></i>	<i>1122</i>		<i>142</i>	<i>3,12</i>	<i>101</i>	<i>399</i>	<i>428</i>	<i>118</i>	<i>1340</i>
<b>TOTALT</b>	<b>4503</b>		<b>635</b>	<b>16,1</b>	<b>395</b>	<b>1690</b>	<b>1730</b>	<b>680</b>	<b>11300</b>
<b>UT</b>									
VT1 - Motala Ström	6383	38	262	7,2	281	990	864	212	4310

a/ ARO = avrinningsområdesyta

b/ Q = vattenflöde

c/ Avrinningen per markyta för VT2-27 har använts för "övriga" ej analyserade vattendrag

d/ As, Cr, Cu & Ni uppskattade på basis av relationer i Skyllbergsån, VT15

Tillflödena från de mineralrika områdena i norr har särbehandlats, medan genomsnittet för de övriga beräknats. På basis av det samlade avrinningsområdets storlek (2980 km<sup>2</sup>) har därvid den genomsnittliga metalltransporten (arealkoefficienterna) från dessa "övriga" markområden kunnat beräknas. Av tabell 3 framgår exempelvis, att 2,8 gram kadmium och 356 gram koppar i genomsnitt per år avgår från varje km<sup>2</sup> av dessa marker enligt det beräkningsunderlag som funnits till förfogande. Dessa värden har antagits vara representativa även för den resterande markarealen (1122 km<sup>2</sup>) vars "dräneringsvatten" inte analyserats.

Arealkoefficienterna för Vätterns avrinningsområde exklusive de norra delarna kan jämföras med motsvarande beräkningar för Västerdalälven<sup>8</sup> (stn. Mockfjärd). Från dessa marker, som företrädesvis är beväxta med skog, avgick under 1990-95 i genomsnitt 3,3 g kadmium, 330 g koppar, 73 g bly och 1.400 g zink per år och km<sup>2</sup>. Dessa värden avviker för kadmium, koppar och zink mindre än 20 % från motsvarande arealkoefficienter för Vätterns tillrinningsområde enligt beräkningen ovan. För bly är markavrinningen ca 30 % större runt Vättern, vilket inte är orimligt. Motsvarande arealkoefficienter för samtliga svenska vattendrag som mynnar till Bottenviken var för perioden 1992-94; 2,5 g kadmium, 510 g koppar och 2.300 g zink<sup>9</sup>. Jämförelserna visar att beräkningen av metalltransporten till Vättern via vattendragen enligt den använda och ovan angivna metoden ger värden, som i stort överensstämmer med den "normala" metalltransporten från andra markområden.

Några tillförlitliga värden för kvicksilver finns inte för vatten i Vätterns tillflöden. På basis av medianhalten (5 ng/l) för ett 25-tal svenska skogssjöar<sup>10</sup> har dock den årliga kvicksilvertillförseln till Vättern via vattendragen beräknats till 6,7 kg per år. I utflödet har mätningar gjorts närmare Motala Ströms utlopp i havet, där i genomsnitt 1,7 ng/l registrerats under 1995<sup>11</sup>. Om detta värde antages vara representativt även för övre Motala Ström, innebär det ett kvicksilverutflöde från Vättern på 2,0 kg/år.

En alternativ beräkning av metalltransporten med vattendragen har gjorts på basis av de aritmetiska medelvärdena för metallhalterna, för att visa vad denna metod ger för resultat. Beräkningen, som presenteras i bilaga 4, avviker från den tidigare framförallt för metallerna krom, arsenik och bly, vars transport totalt sett ökar med 40-80 % enligt denna metod. För zink uppkommer ingen skillnad, medan de aritmetiska medelvärdena ger ca 20 % högre metalltransport jämfört med medianvärdena för kadmium, koppar och nickel.

Den på de aritmetiska medelvärdena beräknade metalltransporten i vattendragen ska betraktas som ett absolut maximalt mått på metalltillskottet till Vättern via vattendragen. Dels är dessa mängder med stor sannolikhet i flera fall baserade på felaktiga värden orsakat av kontaminering e.d., dels har förekommande "<-värden" (som understiger mätmetodens känslighet) erhållit respektive analysgränsvärden vid beräkningen, vilket även detta ger en överskattnings av medelvärdet.

## Tillförsel från luften

Våtdepositionen av metaller mäts sedan 1993 kontinuerligt genom insamling av nederbörd på Visingsö. Undersökningen görs av IVL på uppdrag av Vätternvårdsförbundet. Nederbörds mängd och metallhalt mäts varefter volymvägda medelkoncentrationer för längre tidsperioder kan beräknas.

Fram t.o.m. 1991 togs på motsvarande sätt prov på nederbörden i nationell regi (PMK) i området Sjöängen/Velen nordost om Karlsborg. Resultaten i form av medelkoncentration och deposition redovisas i tabell 4 för båda mätstationerna.

Depositionen av kvicksilver över Vättern har approximativt uppskattats som medelvärdet för PMK-stationerna Rörvik på Västkusten och Aspvreten på Ostkusten. Med utgångspunkt från resultaten under 1993 och 1994<sup>12</sup> ger detta en total kvicksilverdeposition på Vätterns yta på ca 11 kg per år.

Tabell 4. Metallhalter och metalldeposition via nederbörd inom Vätterns tillrinningsområde under perioden 1987-95. Uppgifter från Naturvårdsverket och IVL<sup>12 & 13</sup>. Depositionen över Vättern (genomsnitt) har räknats upp på basis av depositionen på Visingsö och nederbördsrelationen 500/420 mm/år.

Metallhalter		As	Cd	Cr	Cu	Ni	Pb	Zn	
år	mm/år	µg/l	ng/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	
Sjöängen/Velen	1987	750		100	0,15	2,0	0,38	2,9	7,9
	1988	1100	0,15	93	0,14	1,3	0,28	3,2	7,5
	1989	770	0,44	103	0,10	0,9	0,29	2,7	8,3
	1990	1200	0,21	53	0,09	0,6	0,16	1,7	5,4
	1991	790	0,18	55	0,15	0,7	0,22	1,8	5,7
	medel 1987-91	922	0,25	75	0,13	1,1	0,27	2,5	7,0
Visingsö	1993	330	0,28	200	0,50	3,8	0,51	2,7	15,7
	1994	370	0,46	60	0,39	2,5	0,66	3,3	16,6
	1995	570	0,45	70	0,32	1,8	0,58	2,6	10,3
	medel 1993-95	423	0,40	110	0,40	2,7	0,58	2,8	14,2
Metalldeposition		As	Cd	Cr	Cu	Ni	Pb	Zn	
år	mm/år	µg/m <sup>2</sup>	µg/m <sup>2</sup>	µg/m <sup>2</sup>	µg/m <sup>2</sup>	µg/m <sup>2</sup>	µg/m <sup>2</sup>	µg/m <sup>2</sup>	
Sjöängen/Velen	1987-92	920	226	69,1	115	1010	245	2280	6420
Visingsö	1993-95	420	168	46,7	171	1140	247	1200	6010
Vättern	medel	500	200	55,4	203	1360	294	1430	7160
Vättern totalt (1856 km <sup>2</sup> )		kg/år	kg/år	kg/år	kg/år	kg/år	kg/år	kg/år	kg/år
		370	100	380	2500	540	2700	13000	



Av tabellen kan utläsas att medelhalterna för koppar, zink, krom, nickel och arsenik varit ungefär dubbelt så hög på Visingsö under perioden 1993-95 jämfört med "fastlandet" väster om sjön under 1987-91. För bly och kadmium är skillnaden mindre, vilket dock kan förklaras av en allmän haltninskning för dessa metaller i nederbörden under senare år<sup>7</sup>.

Den högre metallhalten i nederbörden över Visingsö tycks uppvägas av att nederbördsmängden samtidigt ligger på ungefär halva nivån jämfört med fastlandet. Metalldepositionen ligger därför i flertalet fall på ungefär samma nivå om hänsyn tas till den fortlöpande depositionsminskningen för de nämnda metallerna. Iakttagelsen tyder på att metallerna "tvättas" ur luften vid regn, snarare än att de från början finns i nederbörden.

På basis av depositionen per ytenhet över Visingsö har metallnedfallet för hela Vättern beräknats. Beräkningen visar på ett betydande nedfall av metaller över sjön.

### **Tillförsel från punktkällor med pågående verksamhet**

Metalltillförseln till Vättern från pågående verksamheter runt sjön har särbehandlats (tabell 5). Uppgifter har i allmänhet inhämtats från den löpande utsläppskontrollen över de aktuella metallutsläppen från industrier och kommuner med direktutsläpp till Vättern. Uppgifterna avser i de flesta fall åren 1994-95. I några fall har inga mätningar företagits varför schablonvärden istället har utnyttjats.

För gruvindustrin (Ammenberg Mining) och verkstadsindustrierna runt sjön har faktiska mätresultat legat till grund för utsläppsberäkningarna. Detsamma gäller för de båda skogsindustrierna, där emellertid äldre mätvärden (från en mätkampanj under hösten 1991<sup>14</sup>) har måst utnyttjas för Munksjö Hygien.

Tätortsarealer (km <sup>2</sup> ) i Vätterns närområde	
Olsbhammar	0,82
Askersund	2,71
Hammar	0,65
Motala	17,85
Vadstena	3,36
Borghamn	0,76
Ödeshög	2,38
Gränna	1,53
Husqvarna/	
Jönköping	44,05
Bankeryd	4,07
Hjo	4,41
Karlsborg	5,40
<b>TOTALT</b>	<b>87,99</b>

Bland de kommunala reningsverken har mätningar av metallutsläppen gjorts vid de två största verken, Simsholmen och Husqvarna. För övriga verk och för bräddvattnet har samma schablonvärden används, som vid den tidigare sammanställningen 1993<sup>1</sup>.

Metaller i dagvatten mättes inom Motala kommun år 1994<sup>15</sup> (Pb, Zn, Cd, Cr & Ni). I övrigt har metalltillförseln med dagvatten beräknats på basis av nyligen framtagna schablonvärden för olika kategoriområden i tätorter, kompletterat med uppgifter från Göteborgs stad, vissa utländska studier, jämte en tidigare tillämpad princip för att

beräkna dagvattenflödet från tätorter. Uppgifter om tätortsarealen runt Vättern har inhämtats från SCB<sup>16</sup>. För information om beräkningsmetoder och använda referenser hänvisas till en separat faktaruta.

Tabell 5. Metalltillförsel till Vättern från punktkällor runt sjön med pågående verksamhet. Referenser och beräkningsmetodik enligt texten. Inga beräkningar har gjorts på basis av <-värden.

	As kg/år	Cd kg/år	Cr kg/år	Cu kg/år	Ni kg/år	Pb kg/år	Zn kg/år	Hg kg/år
<b>Gruvindustri</b>								
Ammeberg Mining		0,60		5,2		10,4	333	
<b>Verkstadsindustri</b>								
Husqvarna/Electrolux			2,5		12,3		51,2	
MIHAB Ytbehandling		0,003	1,9	3	6,3		0,4	
Isaksson-Nyström		0,225	31,8	5	6,5		49,4	
Övriga			0,1	4,4	3,6		2,8	
<b>SUMMA</b>		<b>0,228</b>	<b>36,3</b>	<b>12,4</b>	<b>28,7</b>		<b>104</b>	
<b>Skogsindustri</b>								
Munksjö Hygien		2	20	20	50	5	170	
Munksjö Aspa	0,3	3,45	14,9	232	10,4	6,1	1160	
<b>SUMMA</b>	<b>0,3</b>	<b>5,5</b>	<b>35</b>	<b>252</b>	<b>60</b>	<b>11</b>	<b>1330</b>	
<b>summa industrier</b>	<b>0,3</b>	<b>6,33</b>	<b>71,3</b>	<b>270</b>	<b>88,7</b>	<b>21,4</b>	<b>1770</b>	
<b>Kommunala ARV</b>								
Simsholmen		1,05	13,7	146	83,3	17	476	0,36
Husqvarna		0,71	7,8	140	28,2	7	188	0,67
Övriga		0,94	40	166	71	15	401	0,71
bräddning		0,3	6	39	4	5	112	0,34
<b>SUMMA</b>		<b>3,00</b>	<b>67,5</b>	<b>491</b>	<b>187</b>	<b>44</b>	<b>1180</b>	<b>2,08</b>
<b>Dagvatten</b>								
Motala	0,85	0,7	18	66	11	10	227	0,085
Övrigt	4,2	2,1	42	331	42	467	276	0,42
<b>SUMMA</b>	<b>5,1</b>	<b>2,8</b>	<b>60</b>	<b>397</b>	<b>53</b>	<b>477</b>	<b>503</b>	<b>0,51</b>
exkl regnvatten	3,8	2,5	59	388	52	467	456	0,47
<b>summa kommuner</b>	<b>3,8</b>	<b>5,5</b>	<b>126</b>	<b>879</b>	<b>239</b>	<b>511</b>	<b>1640</b>	<b>2,55</b>

## BERÄKNINGSPRINCIP FÖR DAGVATTEN

Den avvattnade arean enligt beräkningen utgörs av den sammanlagda ytan år 1990 av tätorter i direkt anslutning till Vättern<sup>16</sup>. Med tätort menas i princip alla hussamlingar med minst 200 invånare. Den totala ytan blir därmed 88 km<sup>2</sup>. Av denna yta antages 30% vara hårdgjorda ytor av vilka 30% är anslutna till avvattningsystem, varav i sin tur 80% antages utgöra separata dagvattenledningar<sup>17</sup>. Den aktuella ytan blir därmed 6,3 km<sup>2</sup>. Den genomsnittliga nederbörden i Vätterns närområde uppgår till 600 mm/år<sup>18</sup>, vilket ger ett totalt dagvattenflöde via separata ledningar på  $3,9 \cdot 10^9$  l/år. Basvattenflödet, dvs det flöde som alltid rinner i ledningarna oavsett nederbörden, antages vara 4 l/s.

Aktuella schablonvärden för den nederbördsbetingade dagvattenavrinningen från industriområden, trafikytor och bostadsområden<sup>19</sup> har använts för beräkning av viktrade koncentrationsmedelvärden för koppar, zink och bly enligt samma metod som G. Persson (1991)<sup>20</sup>. Således har viktningen gjorts med 4/6 vikt för bostadsområden och 1/6 vikt vardera för trafik- och industriområden. För kadmium och kvicksilver har använts medelhalter 1993 i dagvatten vid Göteborgs VA-verk och för krom och nickel registrerade haltnivåer i internationell litteratur (referenser i<sup>21</sup>). Arsenikhalten slutligen har antagits ligga på nivån 1 µg/l. Koncentrationerna i basvattenflödet har satts till 50% av koncentrationerna i nederbördsdagvattnet.

## **Tillförsel från övriga källor**

### **Ammunition**

I den tidigare sammanställningen gjordes en mycket grov uppskattning av den mängd metall som kan förmodas tillföras Vättern genom utlösning från den ammunition som årligen skjuts ut över sjön vid provskjutningarna i militärens regi. Uppskattningen baserades på antagandet att ca 1 % av ammunitionens sammanlagda innehåll av bly och koppar kan befaras bli lösgjort innan den täcks av sedimenterande material och därmed blir "otillgänglig" för Vätterns ekosystem. Detta innebar en årlig tillförsel från ammunitionen på ca 50 kg bly och 17 kg koppar.

Några nya uppgifter har inte framkommit under senare år som föranleder en ändring av denna grova uppskattning. I sammanhanget bör dock omnämnas en utredning som gjordes 1994-95 inom Älvdalens skjutfält i Dalarna, där metallhalter i vatten mättes under ett års tid i små bäckar, som avvattnade nedslagsplatser. Vidare undersöktes metallförekomsten i sediment och abborre i sjöar inom skjutfältet. Resultaten jämfördes med motsvarande mätningar i andra liknande områden i Dalarna. Inga onormala metallförhöjningar registrerades i något medium inom skjutfältet förutom sådana som kunde hänföras till skillnader orsakade av omgivningsfaktorer<sup>22</sup>.

Den tidigare bedömningen att ca 50 kg bly och 17 kg koppar årligen tillförs Vättern från ammunitionen kvarstår därmed.

## **Gruvavfall**

En hel del gruvavfall och restmaterial från mineralrik berggrund (bl.a. "gråberg" från tidigare gruvbrytning) finns i de marker norr om Vättern som avvattnas via Salaån, Skyllbergsån och Alsens utlopp. Till detta kommer morän och andra jordarter, som till stor del härrör från mineralrika bergarter. Tillsammans medför detta, att halterna av i första hand zink och i andra hand bly och kadmium är förhöjda i dessa vattendrag jämfört med övriga tillflöden till Vättern (tabell 2). För Salaån tillkommer dessutom ett tillskott från den pågående gruvverksamheten i Zinkgruvan.

Något försök att särskilja utläckaget från gruvavfall från andra metallkällor inom dessa markområden har inte gjorts.

Däremot kan metalltillförseln från gruvavfall inom Kärrafjärdsområdet grovt uppskattas. I tabell 6 har den totala "kända" tillförseln till Kärrafjärden beräknats på basis av tidigare redovisade uppgifter och schabloner för markavrinning och deposition. Vattentransporten genom Hammarsundet och metallhalter på olika djup (endast Cd, Pb & Zn) har undersökts med hjälp av bl.a. strömmätningar under 1994-95, vilket gjort det möjligt att uppskatta nettoutflödet av metaller genom sundet<sup>4</sup>.

Av tabell 6 framgår, att en större mängd metall transporterats ut från Kärrafjärdsområdet jämfört med den kända tillförseln till området. Inom området finns, såväl under vattenytan som på angränsande mark, stora mängder gruvavfall deponerat från tidigare gruvverksamhet. Skillnaden mellan utflödet och intransporten är således på ett eller annat sätt ett mått på metalltillförseln till Vättern från dessa deponier.

Om sedimenten antas utgöra den huvudsakliga källan, bör nettoutlösningen från bottenarna vara densamma som den angivna skillnaden mellan in- och uttransporten till Kärrafjärden (A). Om istället markdeponierna antas svara för det huvudsakliga metallbidraget, måste man även ta hänsyn till att en del av de tillförda metallmängderna sedimenterar inom fjärdområdet. De andelar som angivits i tabell 6 är en mycket grov uppskattning av en möjlig fastläggningsgrad. Dessa andelar leder till en ungefärlig metallutlösning från markdeponier enligt (B).

Den egentliga metalltillförseln från gruvavfall förmodas ligga någonstans emellan alternativen (A) och (B). I den fortsatta beräkningen av en total budget för Vättern har nettotillförseln (A) använts som ett mått på gruvavfallen som metallkälla till sjön.

I sammanhanget bör även omnämnas ett laboratorieförsök som Institutet för tillämpad miljöforskning, ITM, genomförde 1993<sup>23</sup>. Metallutlösningen från sedimenten i upptagna sedimentproppar från Kärrafjärdens botten studerades i laboratorium under drygt 100 dygn i 8 °C. Ett motsvarande

försök har tidigare utförts på sediment från samma område som provtogs 1976<sup>24</sup>. En minskad metallutlösning med ca 80 % reduktion för zink och 70 % för kadmium konstaterades 1993 jämfört med 1976.

*Tabell 6. Detaljbudget för Kärrafjärden. Metalltillförseln från gruvavfall i området har beräknats enligt två förutsättningar; att sedimenten i Kärrafjärden (A) respektive angränsande markområden (B) utgör den primära metalkällan. I det senare fallet förutsätts en fastläggning i fjärden. Uppgifter om tillförseln har hämtats från, eller baserats på, beräkningar i tabell 3-5. Uttransporten genom Hammarsundet avser undersökningar under 1994-95<sup>a</sup>.*

Kärrafjärden	ARO km <sup>2</sup>	Q m <sup>3</sup> /s	Cd kg/år	Pb kg/år	Zn kg/år
<i>tillförsel</i>					
Skyllbergsån	185	2,40	0,984	181	1007
utloppet Alsen	183,6	2,39	2,03	43,7	3241
Ammeberg Mining			0,60	10,4	333
Salaån exkl gruvan	32	0,41	1,73	24,5	2124
normal marktillförsel	15	0,19	0,038	1,5	17
direktnedfall Kärrafjärden	6,8		0,4	9,5	46,2
<b>SUMMA</b>	<b>422</b>	<b>5,4</b>	<b>5,7</b>	<b>271</b>	<b>6769</b>
<i>uttransport</i>					
Hammarsundet		4,05	15,5	296	15676
<i>flödeskorrigerat<sup>a</sup></i>		<b>5,4</b>	<b>20,7</b>	<b>394</b>	<b>20900</b>
<i>Från Kärrafjärdsområdet</i>					
<i>A. sedimentdeponi</i>					
rest uttransport - tillförsel			15	120	14000
<i>B. markdeponi</i>					
möjlig fastläggning <sup>b</sup>			50%	70%	30%
från gruvavfall			25	400	20000

*a/ Uppräknat på basis av det teoretiska "medelflödet" under 1983-93*

*b/ Den procentuella fastläggningen utgör en mycket grov uppskattning*

Den genomsnittliga zinkavgången från sedimenten uppgick vid laboratorieförsöket 1993 till 1,6 mg zink per dygn och kvadratmeter sedimentyta. Om denna siffra antages vara representativ för området även under verkliga förhållanden, innebär det en årlig zinkavgång från sedimenten på ca 4 ton per år (6,8 km<sup>2</sup>). Denna mängd är i sin tur betydligt mindre än de 14 ton som enligt tabell 6 teoretiskt sett borde lösgöras från bottarna, om dessa utgör den främsta metalkällan i området. Detta indikerar därmed, att

deponier på angränsande marker utgör den huvudsakliga metallkällan från gruvavfall till Vättern.

En jämförelse kan även göras med de inventeringar av äldre gruvavfall som gjorts inom Askersunds Kommun och som bl.a. visat, att den teoretiskt mobiliserbara metallmängden i Kärrafjärdens sandmagasin under mitten av 1980-talet uppgick till i storleksordningen 20 ton zink, 1,4 ton bly och 600 kg kadmium<sup>25 & 26</sup>. För zink överensstämmer denna mängd således med den beräknade årliga tillförseln från gruvavfall enligt tabell 6, B.

## **Metallbudget för Vättern**

### **Totalbudget**

Med reservationer för de osäkerheter i beräkningsunderlaget som redovisats och de antaganden på mer eller mindre säkra grunder som måst göras, kan en metallbudget för Vättern göras i enlighet med tabell 7. Tabellen innehåller dels de mängder som hämtats för respektive metallkälla från föregående avsnitt, dels uträknade procentandelar för respektive källa sett till den totala tillförseln. Källfördelningen åskådliggörs även i figur 5.

Metallerna kan grovt indelas i tre kategorier. Tillförseln till Vättern av kadmium, bly och kvicksilver sker huvudsakligen från luften via nederbörden direkt på sjöytan. Arsenik och nickel kommer framförallt från markerna med vattendragen. För krom, koppar och zink slutligen dominerar ingen enskild källa.

Metalltillförseln via de kommunala reningsverken och dagvattnet svarar enligt uppskattningen tillsammans för minst 10 procent av tillförseln av krom, koppar, bly och kvicksilver. Den samlade tillförseln från industrin är mindre än 10 procent för alla metaller. Gruvavfallet inom Kärrafjärdensområdet har betydelse för tillförseln av i första hand zink (34 %) och i andra hand kadmium (10 %) till Vättern.

Metallbudgeten leder till en betydande grad av fastläggning för alla metaller i Vättern (tabell 7). Detta är också rimligt med tanke på vattnets långa uppehållstid i sjön.

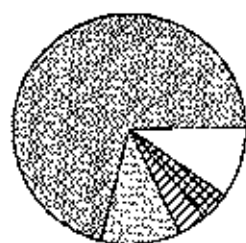
Störst procentuell fastläggning erhålles för bly och kadmium, vilket stämmer överens med det tidigare försöket till källfördelning, som gjordes i rapporten 1993<sup>1</sup> på basis av då tillgängliga uppgifter. Koppar har även i andra liknande budgetberäkningar erhållit en fastläggningsgrad som varit lägre än exempelvis för bly, kadmium och zink<sup>27, 28 & 29</sup>.

Tabell 7. Metallbudget för Vättern baserat på tabell 3-6 i denna rapport. Tillskottet från gruvavfall avser netto-uttransporten från Kärrafjärdsområdet (A. i tabell 6). Källor större än 50% är markerade med fetstil (<0,5% = 0%).

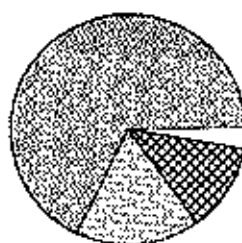
Mängder	As kg/år	Cd kg/år	Cr kg/år	Cu kg/år	Ni kg/år	Pb kg/år	Zn kg/år	Hg kg/år
<b>tillförsel</b>								
vattendrag	635	16,1	395	1690	1730	680	11300	6,7
deposition	370	100	380	2500	540	2700	13000	11
gruvindustri		0,60		5,2		10,4	333	
verkstadsindustri		0,23	36,3	12,4	28,7		104	
skogsindustri	0,3	5,5	35	252	60	11	1330	
kommunala ARV		3,0	67,5	491	187	44	1180	2,08
dagvatten (exkl regn)	3,8	2,5	59	389	52	467	456	0,47
ammunition				17		50		
gruvavfall Kärrafj. netto		15				120	14000	
<b>SUMMA</b>	<b>1010</b>	<b>143</b>	<b>973</b>	<b>5360</b>	<b>2600</b>	<b>4080</b>	<b>41700</b>	<b>20,3</b>
<b>utflöde</b>								
	262	7,2	281	990	864	212	4310	2
<b>rest</b>								
	747	136	692	4367	1734	3870	37393	18
<b>fastläggning</b>								
(rapport -93 <sup>1</sup> )	74%	95% (92%)	71%	82% (72%)	67%	95% (97%)	90% (83%)	90%
<b>källfördelning</b>								
vattendrag	63%	11%	41%	32%	67%	17%	27%	33%
deposition	37%	70%	39%	47%	21%	66%	31%	54%
gruvindustri							1%	
verkstadsindustri			4%		1%			
skogsindustri		4%	4%	5%	2%		3%	
kommunala ARV		2%	7%	9%	7%	1%	3%	10%
dagvatten (exkl regn)		2%	6%	7%	2%	11%	1%	2%
ammunition						1%		
gruvavfall Kärrafj. netto		10%				3%	34%	

Zink uppvisar en oväntat hög grad av fastläggning (90 %). Eventuellt föreligger en stor del av den zink som tillförs Vättern via Hammarsundet i en sådan form, att den relativt lätt fastläggs på bottenarna i norra delarna av sjön, vilket skulle kunna vara en förklaring till det höga värdet för denna metall.

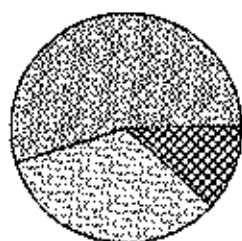
Vidare är möjligen den erhållna fastläggningsgraden för kvicksilver, arsenik, krom och nickel något lägre än vad som kunde förväntas sett till övriga metaller (tabell 7). För de två förstnämnda metallerna kan en förklaring vara att uppgifter saknas om tillförseln från flera källor, som i dessa fall satts till noll (tabell 5).



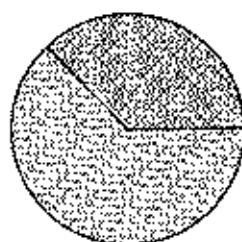
**kadmium**



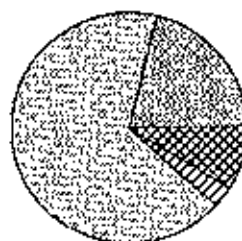
**bly**



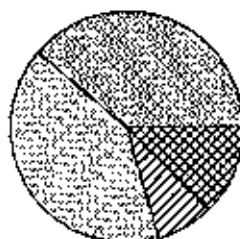
**kvicksilver**



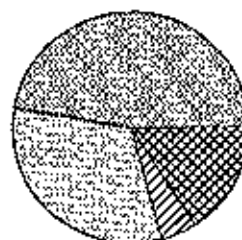
**arsenik**



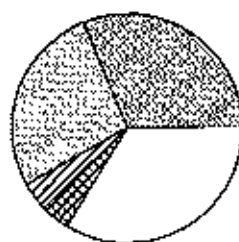
**nickel**



**krom**



**koppar**



**zink**



*Figur 5. Den procentuella fördelningen för metallkällorna till Vättern.*



### **Budget för verksamma antropogena källor**

För samtliga metaller svarar det sammanlagda bidraget via vattendragen och depositionen för den helt dominerande tillförseln till Vättern (tabell 7). För alla metaller utom zink utgör detta bidrag ca 80 % eller mer av den totala tillförseln.

För att få en uppfattning om de lokala metalkällornas inbördes relativa betydelse i sammanhanget, har därför en kompletterande tabell gjorts, som försöker belysa fördelningen mellan de antropogena, nu verksamma metalkällorna runt Vättern (tabell 8). Arsenik och kvicksilver har i detta fall utelämnats, eftersom uppgifterna om dessa metaller i avloppsvattnen från de aktuella källorna varit bristfälliga.

*Tabell 8. Fördelningen av de antropogena metalltillskotten till Vättern från idag verksamma källor runt sjön.*

Källfördelning	Cd	Cr	Cu	Ni	Pb	Zn
gruvinindustri	5%				2%	10%
verkstadsindustri	2%	18%	1%	9%		3%
skogsindustri	46%	18%	22%	18%	2%	39%
kommunala ARV	25%	34%	42%	57%	8%	35%
dagvatten (exkl regn)	21%	30%	33%	16%	80%	13%
ammunition			1%		9%	

Enligt tabell 8 har skogsindustrin en relativt sett stor betydelse bland de antropogena källorna för tillförseln av kadmium till Vättern. Från de kommunala avloppsverken kommer förhållandevis mycket nickel och koppar, medan tillförseln av bly helt dominerar via dagvattnen.

### **Detaljbudgetar för vissa angränsande vattenområden**

Genom framförallt de förnyade mätningar av metaller som gjorts i vattendragen under senare år, finns det möjlighet att göra några grova uppskattningar av detaljbudgetar även för några perifera vattenområden i eller i nära anslutning till Vättern.

För Kärrafjärden har redan en metallbudget gjorts i tabell 6.

En detaljbudget för Munksjön i söder presenteras i tabell 9, och för Bottensjön i väster i tabell 10. Dessa båda beräkningar kan endast betraktas som indikativa, eftersom underlaget i flera fall är bristfälligt.

För Munksjön finns exempelvis inga uppgifter om metallutsläppen från Munksjö Hygien under senare år, varför det inte kan uteslutas att tillförseln av kadmium från denna källa är överskattad. I övrigt tyder delbudgeten för Munksjön på, att ytterligare arsenik och troligtvis även bly tillförs sjön från någon ytterligare källa i området, för att fastläggningsgraden ska vara rimlig. För blyets del kan en möjlig källa utgöras av exempelvis dagvatten (bly borde fastläggas till ca 80% sett till övriga metaller). Orsaken till att arsenik "fattas" kan helt enkelt vara bristen på mätningar i flera av flödena.

Tabell 9. Detaljbudget för Munksjön baserat på idag kända metallflöden till och från sjön.

	ARO	Q	As	Cd	Cr	Cu	Ni	Pb	Zn
	km <sup>2</sup>	m <sup>3</sup> /s	kg/år	kg/år	kg/år	kg/år	kg/år	kg/år	kg/år
<b>tillförsel:</b>									
Tabergsån, VT8	212	2	25,0	1,01	17,2	88,3	82,6	41,6	527
markttillförsel	32	0,31	4,0	0,081	2,9	11,4	12,6	3,1	37,1
Munksjö Hygien				2	20	20	50	5	170
Simsholmen ARV				1,05	13,7	146	83,3	17	476
direkt nedfall	1		0,2	0,052	0,2	1,3	0,3	1,4	6,8
<b>SUMMA</b>	<b>245</b>	<b>2,3</b>	<b>29</b>	<b>4,2</b>	<b>54</b>	<b>270</b>	<b>230</b>	<b>68</b>	<b>1220</b>
<b>utflöde:</b>		<b>2,3</b>	<b>28</b>	<b>0,4</b>	<b>23</b>	<b>108</b>	<b>137</b>	<b>25</b>	<b>495</b>
<b>rest</b>			<b>1,7</b>	<b>3,79</b>	<b>31,2</b>	<b>159</b>	<b>91,3</b>	<b>43</b>	<b>722</b>
<b>fastläggning</b>			<b>6%</b>	<b>90%</b>	<b>58%</b>	<b>59%</b>	<b>40%</b>	<b>63%</b>	<b>59%</b>

I detaljbudgeten för Bottensjön har antagits att ungefär hälften av det utgående vattnet passerar via Rödesund och resterande hälft via Göta Kanal. Några faktiska flödesmätningar sker inte på dessa punkter. Budgeten visar, att metaller tillförs sjön från någon idag okänd källa. Mer metaller förs nämligen ut ur sjön än vad som tillförs sjön från idag kända utsläppskällor.

Särskilt bly uppvisar ett underskott i balansen (tabell 10). Om man räknar med att fastläggningsgraden för bly i Bottensjön rimligtvis borde uppgå till åtminstone 50 %, saknas ca 60 kg bly som således årligen skulle tillföras sjön från någon idag okänd utsläppskälla. Avvikelsen i budgeten är i detta fall så stor, att det måste bedömas som högst troligt att ett reellt metalltillskott av främst bly förekommer till Bottensjön. Liknande indikationer har tidigare gjorts på basis av metallanalyser av Bottensjöns sediment<sup>30</sup>

Tabell 10. Detaljbudget för Bottensjön baserat på idag kända metallflöden till och från sjön.

	ARO km <sup>2</sup>	Q m <sup>3</sup> /s	As kg/år	Cd kg/år	Cr kg/år	Cu kg/år	Ni kg/år	Pb kg/år	Zn kg/år
<i>tillförsel:</i>									
Forsviksån, VT13	841	7,25	55,9	3,66	22,9	162	93,3	35,7	418
marktilförsel	50	0,7	10,5	0,213	7,59	29,9	33,0	8,22	97,604
direkt nedfall	12		2,40	0,62	2,28	15,6	3,6	16,8	81,6
<b>SUMMA</b>	<b>903</b>	<b>8,0</b>	<b>69</b>	<b>4,5</b>	<b>33</b>	<b>208</b>	<b>130</b>	<b>61</b>	<b>597</b>
<i>utflöde:</i>									
Rödesund, VT26	450	4	31,2	0,631	21,1	115	64,9	45,0	422
Göta Kanal, VT27	450	4	34,9	0,378	12,6	97,0	55,0	33,9	227
<b>SUMMA</b>			<b>66</b>	<b>1,0</b>	<b>34</b>	<b>212</b>	<b>120</b>	<b>79</b>	<b>649</b>
<b>REST</b>			<b>2,7</b>	<b>3,5</b>	<b>-0,9</b>	<b>-4</b>	<b>10,0</b>	<b>-18</b>	<b>-52</b>
<i>fastläggning</i>			<b>4%</b>	<b>78%</b>	<b>-3%</b>	<b>-2%</b>	<b>8%</b>	<b>-30%</b>	<b>-9%</b>

## Slutkommentarer

Kunskapsluckor som kvarstår efter denna genomgång beträffande metallkällor till Vättern, är bl.a. följande:

- Faktiska mätningar av kvicksilvertillförseln till Vättern via vattendragen vore önskvärt att erhålla, liksom ett bättre underlag för kadmium.
- Bakomliggande orsaker till förhöjda halter av vissa metaller i några av vattendragen bör utredas (t.ex. Åmmelångens avflöde Skylbergssån, Dunkchallaån, och Lillån).
- Metallmätningar av nederbörden bör fortsätta för att därmed få en långsiktig bild över depositionen.
- Uppgifter om främst kvicksilver och arsenik saknas för flera antropogena utsläppskällor.
- Även utsläppen av övriga metaller från flera av de större källorna behöver fortlöpande uppdateras.
- Utsläppskällan för främst bly till Bottensjön bör utredas.
- Underlaget för att beräkna metalltillskottet från ammunition är fortfarande bristfälligt.
- Även tillförseln av andra metaller än zink, bly och kadmium bör lämpligen mätas i tillflödena till norra Vättern och i utflödet via Hammarsundet.
- Metallkällan i och kring Kärrafjärden bör utredas beträffande sedimentens respektive markernas betydelse.

Någon bedömning av eventuella risker för effekter av metaller på växter och djur i Vättern har inte ingått i detta uppdrag. Inte heller att påtala något behov av eventuella åtgärder.

För uppgifter om registrerade effekter, risk för effekter respektive metallhalter i olika medier i sjön samt kunskapsluckor kring dessa frågor, hänvisas till den tidigare sammanställningen om metaller i Vättern<sup>1</sup>.

## Referenser

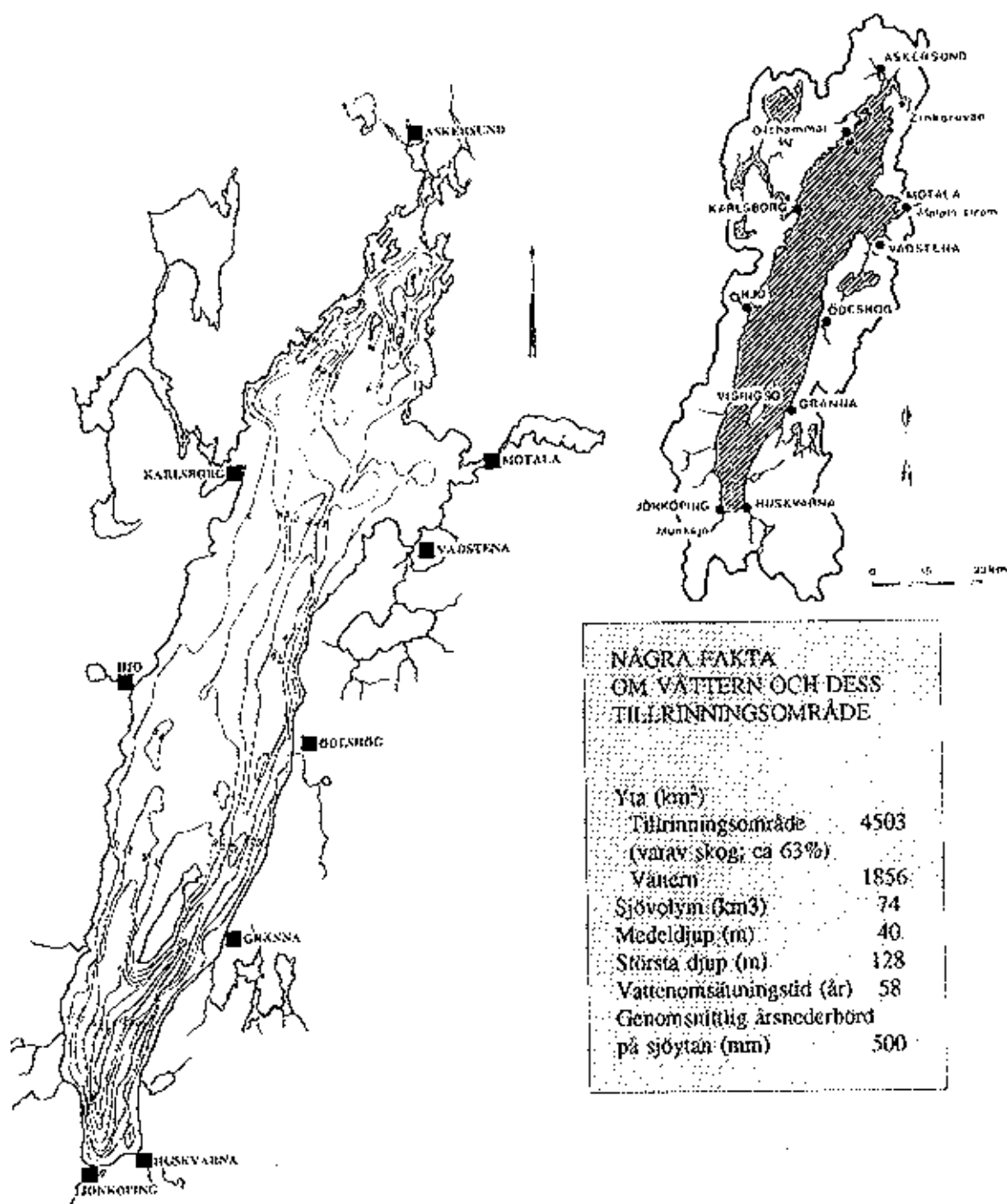
- <sup>1</sup> Lindeström, L. (1993). Metaller i Vättern. Bedömning av tillförsel, tillstånd och möjliga konsekvenser. Rapport nr 32 från Vätternvårdsförbundet.
- <sup>2</sup> Funkquist, L. (1979). En inledande studie i Vätterns dynamik. SMHI rapporter, hydrologi och oceanografi, nr RHO 16.
- <sup>3</sup> Obearbetade mätdata från Vätternvårdsförbundet.
- <sup>4</sup> Medin, M. (1995&-96). Årsrapport för 1994 avseende recipientkontrollen i Norra Vätterns tillrinningsområde, samt obearbetade mätdata från 1995.
- <sup>5</sup> Kvarnäs, H. (1996). Beräkningar av vattenflöden i vattendragen till Vättern på uppdrag av Vätternvårdsförbundet. Rapport under publicering.
- <sup>6</sup> Naturvårdsverket (1990). Bedömningsgrunder för sjöar och vattendrag. Allmänna råd 90:4.
- <sup>7</sup> Notter, M. (1993). Metallerna och miljön. Underlagsrapport till MIST. NV rapport 4135.
- <sup>8</sup> Lindeström, L. (1996). Uppgifter framtagna av Dalälvens Vattenvårdsförening på basis av mätningar inom PMK, under rapportering.
- <sup>9</sup> SLU. Uppgifter från det rikstäckande PMK-nätet i vattendrag.
- <sup>10</sup> Håkanson, L. et al (1990). Åtgärder mot höga kvicksilverhalter i insjöfisk. SNV rapport 3818.
- <sup>11</sup> Willander, A. SLU. Personlig information.
- <sup>12</sup> Metallhalter i nederbörd vid Sjöängen/Velen enligt Naturvårdsverkets rapporter nr 3943, 4092, 4213 och 4403 samt IVL-rapport B 1206
- <sup>13</sup> Westling, O. (1994 & 1996). Rapporter till Vätternvårdsförbundet om nederbördskemi Visingsö 1993-95: 1994-04-21 & 1996-05-05.
- <sup>14</sup> Naturvårdsverket (1993). Utsläpp av metaller från skogsindustrin. NV rapport 4169.
- <sup>15</sup> Ulmstedt, G. & Ekman, A. (1994). Dagvatten med avrinningsområde till Vättern. Rapport från Motala kommun.
- <sup>16</sup> Statistiska Centralbyrån (1992). Tätorter 1990. Statistiska meddelanden, Na38SM9201.
- <sup>17</sup> Falk, J. (1986). Urban runoff - Swedish experience. Baltic Sea Environment Proceedings, No. 25: 2-14.
- <sup>18</sup> Kommittén för Vätterns Vattenvård (1970). Vättern Vatten Vård, vattenvårdsplan för Vättern.
- <sup>19</sup> Malmqvist, P.A., Svensson, G. & Fjellström, C. (1994). Dagvattnets sammansättning. VA-Forsk, rapport nr 1994-11.
- <sup>20</sup> Persson, G. (1991). Mälarens vattenkvalitet under 20 år. 3. Metaller i sediment och vatten samt metalltillförsel. SNV rapport 3904.
- <sup>21</sup> Larm, T. (1994). Dagvattnets sammansättning, recipientpåverkan och behandling. VA-forsk rapport 1994-06.
- <sup>22</sup> Lindeström, L. (1995). Älvdalens skjutfält 1994-95. Undersökningar av eventuella metallhaltsförhöjningar i vatten, sediment och fisk. MFG rapport F95/38:2.
- <sup>23</sup> Göthberg, A. et al (1994). Minskad utlösningspotential för zink och kadmium i Kärrafjärdens sediment och möjliga orsaker. ITM rapport 30.
- <sup>24</sup> Borg, H., Lithner, G. & Unger, M. (1977). Metallavgång från förorenat Vätternsediment. SNV pm 821.
- <sup>25</sup> Comet, B. (1991). Äldre gruvavfall i Askersunds Kommun. Rapport från Länsstyrelsen i Örebro län.
- <sup>26</sup> Qvarfort, U. (1989). Sandmagasin från sulfidmalmsbrytning. En kartläggning och inventering. NV rapport 3587.
- <sup>27</sup> Lindeström, L. (1995). Metaller och stabila organiska ämnen i Vätern. Åtgärdsgrupp Vätern, rapport nr 2.
- <sup>28</sup> Borg, H. et al (1989). Influence of acidification on metal fluxes in Swedish forest lakes. The Science of the Total Environment, 87/88: 241-253.
- <sup>29</sup> Håkansson, K. (1991). Metals released from mine waste deposits. Linköping studies in art and science: 62.
- <sup>30</sup> Lann, H. (1994). Miljöförhållandena i Bottensjön, Forsviksån's avrinningsområde. I: Vätternvårdsförbundets Rapport nr 35, s. 13-30.

*Bilaga 1*

*Fakta om Vättern*

*Höjer  
bark blank*

Vissa fakta om Vättern och dess tillrinningsområde.  
Referenser i Vätternvårdsförbundets rapport 32.



**NÅGRA FAKTA  
OM VÄTTERN OCH DESS  
TILLRINNINGSMÅRÅDE**

Yta (km <sup>2</sup> )	
Tillrinningsområde	4503
(varav skog; ca 63%)	
Vättern	1856
Sjövolym (km <sup>3</sup> )	74
Medeldjup (m)	40
Största djup (m)	128
Vattenomsättningstid (år)	58
Genomsnittlig årsnederbörd på sjöytan (mm)	500

## *Bilaga 2*

*Registrerade metallhalter i  
vattendragen till och från  
Vättern under 1993-95*

*Metalltransporter beräknade  
på medianhalter*

*Metodernas känslighetsgräns*

*As: 0,2 µg/l*

*Cr: 0,2 µg/l*

*Cu: 0,2 µg/l*

*Pb: 0,1 µg/l*

*Cd: 0,003 µg/l*



VT4, Grønna kraftv.							
x-y: 643286-141990 ARO: 185 km2 Q-1,33 m3/s							
	As	Cr	Cu	Ni	Pb	Zn	Cd
	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l
9302	0,270	0,100	0,517	0,572	0,070	0,38	
930315	0,365	0,100	3,180	1,130	0,061	5,66	
930419			1,120	1,120	0,064	1,31	
930517	0,371	5,090	5,870	3,870	0,405	13,50	
930616	0,437	0,100	0,907	0,150	0,408	1,35	
930816	0,304	0,100	0,761	0,536	0,229	0,94	
930917	0,367	0,100	0,687	0,941	0,105	13,20	
931017	0,433	0,100	0,914	0,976	0,711	4,97	
931114	3,765	0,649	2,500	1,120	0,380	1,97	
931214	0,308	0,100	0,752	0,520	0,050	1,75	
940117	0,297	0,221	1,840	1,500	0,050	3,37	
940214	0,450	0,544	0,658	1,390	0,050	1,18	
940317	0,465	0,714	0,731	1,260	0,050	1,66	
940417	0,244	0,100	0,640	0,933	0,050	0,93	
940515	0,100	0,100	0,379	0,801	0,050	0,15	
940613	0,427	0,677	0,713	0,871	0,718	1,33	
940719	0,618	0,100	0,582	1,040	0,050	1,60	
940816	1,810	0,830	0,886	1,390	0,132	0,76	
940920	0,634	0,761	0,272	1,390	0,050	0,67	
941018	0,598	0,275	0,100	1,790	0,050	3,11	
941116	0,484	0,100	0,100	0,725	0,355	0,75	
950116	0,331	0,551	0,625	4,260	0,050	1,22	
950220	0,286	0,382	0,750	1,610	0,050	0,88	
950420	0,359	0,303	0,469	1,450	0,050	0,39	0,003
950815	0,417	0,305	0,835	2,200	0,050	1,36	0,003
951022	0,369	0,100	0,585	1,130	0,050	0,53	0,003
951218	0,455	0,544	0,933	1,400	0,050	0,41	
Medlanv.	0,394	0,248	0,731	1,130	0,050	1,31	0,003
Medelv.	0,576	0,502	1,048	1,336	0,163	2,42	0,003
Stdav	0,717	0,969	1,171	0,897	0,200	3,42	0,000
Konf. Int. (95%)	0,276	0,373	0,442	0,339	0,075	1,29	
Antal	26	26	27	27	27	27	3
Transport (kg/år)	16,5	10,4	30,7	47,4	2,10	54,9	0,126

VT1, Metala Ström							
x-y: 649181-145729 ARO: 6383 km <sup>2</sup> Q=38 m <sup>3</sup> /s							
	As	Cr	Cu	Ni	Pb	Zn	Cd
	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l
9302	0,223	0,100	0,780	0,445	0,192	3,30	
930315	0,037	0,100	1,300	0,485	0,116	5,01	
930419			1,190	0,918	0,205	4,22	
930517	0,205	0,100	1,020	0,760	0,208	3,57	
930616	0,496	0,100	1,010	0,150	0,276	2,76	
930715	0,028	0,100	0,865	0,830	0,262	2,53	
930816	0,146	0,240	0,828	0,346	0,239	2,10	
930917	0,172	0,100	0,925	0,762	0,128	5,57	
931017	0,762	0,100	0,897	0,831	0,907	7,64	
931114	2,725	0,463	2,500	0,694	0,230	4,23	
931214	0,100	0,202	1,330	0,552	0,143	6,36	
940117	0,241	0,310	2,310	1,320	0,177	7,62	
940214	0,218	0,601	1,200	1,020	0,401	6,33	
940317	0,100	0,746	0,782	0,721	0,050	3,76	
940417	0,100	0,359	1,010	0,643	0,050	2,80	
940515	0,100	0,100	0,502	0,400	0,050	1,54	
940613	0,241	0,293	0,904	0,610	0,491	2,62	
940719	0,238	0,100	0,521	0,554	0,223	3,60	
940816	0,966	0,304	0,724	0,698	0,110	2,63	
940920	0,100	0,741	1,220	1,260	0,126	4,04	
941018	0,398	0,100	0,100	1,100	0,050	3,15	
941116	0,243	0,100	0,100	0,150	0,385	3,63	
950116	0,100	0,773	0,695	3,260	2,210	7,55	
950220	0,232	0,384	0,712	1,190	0,104	4,24	
950320	0,220	0,231	0,795	0,487	0,050	3,23	
950420	0,100	0,320	0,469	1,140	0,050	3,55	0,010
950815	0,557	0,100	0,100	1,310	0,050	2,33	0,006
951022	0,339	0,238	0,713	0,900	0,218	3,50	0,006
951218	0,150	0,246	0,618	0,150	0,050	5,19	
Medianv.	0,219	0,235	0,828	0,721	0,177	3,60	0,006
Medelv.	0,341	0,273	0,901	0,817	0,267	4,09	0,007
Stdav	0,514	0,213	0,531	0,579	0,414	1,68	0,002
Konf. Int. (95%)	0,190	0,079	0,193	0,211	0,151	0,61	0,003
Antal	28	28	29	29	29	29	3
Transport (kg/år)	262	281	992	864	212	4314	7,19

VT2, Mjőlánc							
x-y: 647910-144480 ARO: 417 km <sup>2</sup> Q=3,44 m <sup>3</sup> /s							
	As	Cr	Cu	Ni	Pb	Zn	Cd
	μg/l	μg/l	μg/l	μg/l	μg/l	μg/l	μg/l
9302	0,504	0,100	0,839	0,931	0,303	0,93	
930315	0,364	0,338	4,490	2,830	0,275	8,30	
930419			0,871	2,640	0,089	1,20	
930517	1,270	0,692	1,740	1,230	0,312	3,63	
930616	1,340	0,880	0,932	4,780	0,626	3,35	
930715	0,551	0,220	0,593	1,160	2,950	1,22	
930816	1,160	0,214	1,170	1,380	0,660	1,96	
930917	0,911	0,100	0,760	1,890	0,237	4,40	
931017	0,887	0,243	0,585	0,611	1,480	3,55	
931114	8,050	1,200	2,500	2,600	0,279	3,08	
931214	0,879	0,100	0,646	0,914	0,050	1,10	
940117	0,411	0,217	2,310	3,970	0,187	2,62	
940214	1,090	0,724	1,110	3,900	0,050	2,10	
940317	4,860	1,330	1,200	3,640	0,138	3,19	
940417	0,556	0,341	0,866	2,040	0,321	1,10	
940515	0,850	0,237	0,572	2,250	0,445	0,15	
940613	1,210	1,350	0,795	1,460	1,260	1,13	
940719	1,570	0,100	0,491	1,940	0,420	10,30	
940816	3,730	1,070	0,543	2,450	0,262	0,85	
940920	1,160	1,810	0,434	2,670	1,570	1,41	
941018	0,976	0,757	0,393	4,830	0,636	2,16	
941116	0,868	0,960	0,100	4,250	0,679	3,12	
950116	0,851	1,340	1,120	16,300	0,266	3,21	
950220	0,651	0,903	1,260	5,160	0,234	2,12	
950320	0,670	0,458	1,550	1,780	0,634	2,53	
950420	0,924	1,010	1,660	4,800	1,340	4,32	0,010
950815	1,310	0,375	0,400	6,690	0,299	13,40	0,003
951022	0,607	0,696	1,950	3,240	1,890	3,45	0,023
951218	0,718	0,457	8,760	21,000	0,119	14,80	
Medánv.	0,899	0,575	0,871	2,640	0,312	2,62	0,010
Medélv.	1,390	0,651	1,401	3,908	0,621	3,61	0,012
Stdáv	1,616	0,474	1,660	4,394	0,667	3,60	0,010
Konf. Int. (95%)	0,598	0,176	0,604	1,599	0,243	1,31	0,011
Antal	28	28	29	29	29	29	3
Transport (kg/ár)	97,5	62,4	94,5	286	33,8	284	1,08

VT5, Röttleån							
x-y: 643092-141875 ARO: 31,5 km <sup>2</sup> Q=0,24 m <sup>3</sup> /s							
	As	Cr	Cu	Ni	Pb	Zn	Cd
	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l
9302	0,200	0,100	1,230	1,270	0,191	1,61	
930315	0,123	0,589	3,470	2,630	0,301	7,10	
930419			1,250	2,110	0,061	1,46	
930517	0,503	17,900	2,140	11,300	0,410	4,53	
930616	0,548	0,224	0,687	0,150	0,218	2,00	
930715	0,725	0,394	1,250	1,220	0,423	4,14	
930816	0,349	0,235	2,320	2,180	0,190	1,75	
930917	0,424	0,996	0,947	2,220	0,030	89,50	
931017	0,162	0,928	2,480	2,400	1,780	75,70	
931114	11,700	0,744	2,500	2,100	0,130	3,48	
931214	0,277	0,100	1,730	1,470	0,050	3,37	
940117	0,330	0,275	2,910	2,840	0,220	4,26	
940214	0,334	0,945	1,340	2,790	0,050	3,02	
940317	7,800	1,170	2,480	2,840	0,312	5,86	
940417	0,100	0,382	1,630	2,030	0,199	2,29	
940515	0,292	0,100	0,898	1,680	0,183	0,81	
940613	0,211	1,230	1,060	1,490	1,190	1,88	
940719	1,110	0,100	0,729	1,820	0,206	2,75	
940816	2,720	1,050	0,999	1,770	0,320	2,11	
940920	1,020	2,220	2,560	2,700	0,540	2,98	
941018	0,341	0,582	1,620	4,250	0,125	2,82	
941116	0,539	0,413	0,100	2,240	0,727	5,62	
950116	0,362	0,959	2,140	7,070	0,228	5,20	
950220	0,226	0,275	2,090	2,790	0,185	3,93	
950420	0,100	0,906	2,280	2,840	0,347	3,65	0,021
950815	0,561	0,566	1,150	23,100	0,050	2,22	0,003
951022	0,592	0,346	1,840	2,700	0,050	1,14	0,003
951218	2,760	1,830	2,300	1,490	0,050	2,14	
Medianv.	0,362	0,582	1,680	2,230	0,203	3,00	0,003
Medelv.	1,274	1,317	1,719	3,410	0,313	8,83	0,009
Stdav	2,589	3,356	0,783	4,378	0,377	20,97	0,010
Konf. Int. (95%)	0,977	1,266	0,290	1,621	0,140	7,77	0,012
Antal	27	27	28	28	28	28	3
Transport (kg/år)	2,74	4,40	12,7	16,9	1,53	22,7	0,023

VT8, Tebergsån							
x-y: 640596-140167 ARO: 212 km <sup>2</sup> Q=2,00 m <sup>3</sup> /s							
	As	Cr	Cu	Ni	Pb	Zn	Cd
	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l
9302	0,252	0,249	1,360	1,650	0,491	10,20	
930315	0,850	0,310	1,550	1,290	0,556	9,13	
930419			1,440	1,110	0,348	4,97	
930517	0,581	2,660	1,240	2,560	0,279	3,40	
930616	0,396	0,100	0,612	1,860	0,098	1,93	
930715	0,084	0,100	1,590	3,160	0,760	6,39	
930816	0,411	0,322	2,890	1,140	0,792	8,35	
930917	0,035	0,100	0,638	1,300	0,134	3,36	
931017	0,802	2,630	1,260	1,270	1,300		
931114	6,350	0,273	2,500	1,700	1,190	9,79	
931214	0,341	0,227	0,679	0,762	0,387	5,69	
940117	0,100	0,100	2,470	1,530	0,559	9,44	
940515	0,100	0,100	1,640	1,200	0,894	10,20	
940613	0,408	2,120	0,961	0,939	1,360	3,51	
940719	0,322	0,100	0,649	1,040	0,345	3,93	
940920	1,030	0,851	1,600	1,320	1,190	9,22	
941116	0,487	0,100	0,100	0,882	1,980	13,00	
950116	3,970	1,710	1,820	1,730	0,870	9,89	
950420	0,337	0,677	1,200	1,330	1,020	10,50	0,022
950815	0,100	0,501	1,710	2,850	0,407	7,33	0,010
Medianv.	0,396	0,273	1,400	1,310	0,660	8,35	0,016
Medelv.	0,892	0,696	1,395	1,531	0,748	7,38	0,016
Stdav	1,579	0,885	0,698	0,646	0,483	3,16	0,008
Konf. Int. (95%)	0,710	0,398	0,306	0,283	0,212	1,42	0,012
Antal	19	19	20	20	20	19	2
Transport (kg/år)	25,0	17,2	88,3	82,6	41,6	527	1,01

VT9, Domneón							
x-y: 641827-139990 ARO: 66,5 km <sup>2</sup> Q=0,63 m <sup>3</sup> /s							
	As	Cr	Cu	Ni	Pb	Zn	Cd
	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l
9302	0,329	0,231	0,327	0,415	0,372	8,05	
930315	0,130	0,100	1,880	0,712	0,374	8,98	
930419			2,530	1,090	0,369	7,61	
930517	0,719	0,791	1,630	1,390	0,316	6,17	
930616	0,634	0,100	0,732	1,210	0,439	2,95	
930715	0,104	0,100	8,210	0,996	1,740	13,40	
930816	0,546	0,201	0,994	0,603	0,856	3,90	
930917	0,320	0,100	1,010	0,697	0,447	3,07	
931017	0,871	0,100	1,550	0,715	1,940	14,60	
931114	5,800	0,100	2,500	0,559	1,490	11,70	
931214	0,645	0,269	0,915	0,488	0,989	6,26	
940117	0,297	0,100	1,290	0,864	0,848	5,99	
940214	0,548	1,240	0,520	0,810	0,483	6,89	
940317	3,695	1,060	2,840	1,170	0,959	10,30	
940417	0,100	0,461	2,040	0,563	0,972	7,74	
940515	0,393	0,375	10,400	1,110	2,720	16,30	
940613	0,702	3,060	0,797	0,326	1,500	3,68	
940719	0,654	0,100	0,608	0,642	0,878	3,95	
940816	3,050	0,790	0,942	0,910	0,727	4,57	
940920	0,890	0,573	1,240	1,060	1,810	7,54	
941018	0,707	0,897	1,110	1,070	0,901	5,24	
941116	0,518	0,100	0,100	0,534	2,020	22,20	
950116	0,538	0,781	0,538	1,280	0,680	6,68	
950220	0,600	0,969	1,020	1,060	0,857	8,22	
950320	0,492	0,240	1,010	0,618	0,731	7,14	
950420	0,299	0,509	0,805	0,638	0,857	7,67	0,018
950815	0,742	0,100	1,200	1,680	0,390	3,90	0,013
951022	0,492	0,432	1,020	1,090	1,290	4,39	0,039
951218	0,594	0,346	0,460	0,498	0,580	6,42	
Medianv.	0,571	0,308	1,020	0,810	0,857	6,89	0,018
Medelv.	0,907	0,508	1,732	0,855	0,984	7,78	0,023
Stdav	1,237	0,608	2,219	0,327	0,601	4,35	0,014
Konf. int. (95%)	0,458	0,225	0,808	0,119	0,219	1,58	0,016
Antal	28	28	29	29	29	29	3
Transport (kg/år)	11,3	6,11	20,3	16,1	17,0	137	0,358

VT11, Svedån							
x-y: 643455-140114 ARO: 49,0 km <sup>2</sup> Q=0,60 m <sup>3</sup> /s							
	As	Cr	Cu	Ni	Pb	Zn	Cd
	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l
9302	0,010	0,100	0,157	0,150	0,106	2,21	
930315	0,151	0,100	0,530	0,150	0,114	2,81	
930419			0,779	0,569	0,092	1,76	
930517	0,497	1,830	0,528	1,240	0,384	1,96	
930616	0,380	0,100	0,336	0,150	0,337	1,35	
930715	0,213	0,100	0,549	0,335	0,485	2,64	
930816	0,168	0,100	0,208	0,454	0,199	0,93	
930917	0,107	0,100	0,416	0,150	0,342	1,78	
931017	0,499	0,100	0,531	0,389	0,808	5,99	
931114	2,325	0,100	2,500	0,150	1,520	2,44	
931214	0,100	0,100	0,426	0,324	0,136	2,76	
940117	0,100	0,100	0,866	0,407	0,264	4,63	
940214	0,278	0,972	0,279	0,521	0,133	1,86	
940317	0,100	0,920	0,448	0,448	0,367	3,29	
940417	0,100	0,288	0,272	0,150	0,198	3,02	
940515	0,100	0,100	0,100	0,150	0,050	0,15	
940613	0,358	0,679	0,100	0,150	0,365	0,34	
940719	0,426	0,100	0,100	0,150	0,050	1,29	
940816	1,060	0,902	0,240	0,150	0,050	0,41	
940920	1,560	0,870	0,614	0,690	0,646	6,14	
941018	0,483	0,430	1,610	0,150	0,226	1,86	
941116	0,373	0,100	0,100	0,150	0,682	4,90	
950116	0,536	0,810	0,575	0,922	1,840	8,26	
950220	0,281	0,461	0,403	0,470	0,373	3,54	
950320	0,329	0,100	0,454	0,150	0,174	1,82	
950421	0,100	0,429	0,100	0,342	0,239	1,76	0,017
950815	0,100	0,609	2,010	0,615	0,160	3,90	0,003
951022	0,100	0,100	0,232	0,150	0,108	0,72	0,011
951218	0,150	0,100	0,227	0,150	0,050	1,36	
Medianv.	0,246	0,100	0,416	0,150	0,226	1,96	0,011
Medelv.	0,392	0,386	0,541	0,344	0,362	2,62	0,010
Stdav	0,500	0,424	0,569	0,269	0,416	1,89	0,007
Kont. Int. (95%)	0,185	0,157	0,207	0,098	0,152	0,69	0,008
Antal	28	28	29	29	29	29	3
Transport (kg/år)	4,65	1,89	7,87	2,84	4,28	37,1	0,208

VT13, Forsviksån							
x-y: 649556-142025 ARO: 841 km <sup>2</sup> Q=7.25 m <sup>3</sup> /s							
	As	Cr	Cu	Ni	Pb	Zn	Cd
	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l
9302	0,010	0,100	0,478	0,150	0,118	1,28	
930315	0,105	0,431	0,639	0,462	0,077	2,13	
930419			0,971	1,040	0,166	2,62	
930517	0,625	0,755	0,946	0,907	0,369	4,54	
930616	0,467	0,100	0,817	0,150	0,458	1,92	
930715	0,783	0,100	0,710	0,408	0,364	4,18	
930816	0,358	0,100	0,835	0,530	0,336	3,83	
930917	0,277	0,100	0,781	0,362	0,207	1,55	
931017	0,336	0,100	0,750	0,150	0,671	2,01	
931114	2,270	0,100	2,500	0,150	0,156	1,59	
931214	0,100	0,100	0,774	0,150	0,131	1,96	
940117	0,100	0,100	1,190	0,456	0,240	2,68	
940214	0,100	0,702	0,893	0,651	0,134	2,92	
940317	0,100	0,100	0,711	0,409	0,202	2,89	
940417	0,100	0,100	0,665	0,403	0,161	2,63	
940515	0,228	0,100	0,355	0,150	0,101	1,27	
940613	0,444	0,527	0,665	0,150	0,476	0,96	
940719	0,644	0,100	0,594	0,338	0,105	3,20	
940816	1,820	0,274	0,915	0,459	0,136	2,99	
940920	1,110	0,362	0,373	0,432	0,276	1,39	
941018	0,381	0,216	0,677	0,308	0,144	1,22	
941116	0,100	0,100	0,100	0,150	0,297	0,57	
950116	0,100	0,556	0,728	1,330	0,050	1,42	
950220	0,244	0,100	0,679	0,451	0,050	1,83	
950320	0,245	0,100	0,696	0,361	0,117	1,58	
950420	0,671	0,531	0,410	0,466	0,147	1,62	0,016
950815	0,229	0,100	1,510	0,732	0,144	1,63	0,003
951022	0,100	0,100	0,655	0,448	0,171	0,80	0,020
951218	0,150	0,100	0,695	0,150	0,050	0,68	
Medianv.	0,245	0,100	0,710	0,408	0,156	1,83	0,016
Medelv.	0,436	0,223	0,783	0,424	0,209	2,07	0,013
Stdav	0,526	0,208	0,420	0,287	0,146	1,02	0,009
Konf. Int. (95%)	0,195	0,077	0,153	0,104	0,053	0,37	0,010
Antal	28	28	29	29	29	29	3
Transport (kg/år)	55,9	22,9	162	93,3	35,7	418	3,66



VT15, Skyllbergsån							
x-y: 652700-145335 ARO: 185 km <sup>2</sup> Q=2,40 m <sup>3</sup> /s							
	As	Cr	Cu	Ni	Pb	Zn	Cd
	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l
9302	0,298	0,100	2,600	0,594	1,020	15,90	
930315	0,073	0,212	2,740	0,914	1,060	17,60	
930419			3,020	1,250	2,230	19,80	
930517	0,810	0,100	2,250	1,070	2,850	12,10	
930616	1,080	0,100	1,790	0,150	5,070	15,70	
930715	0,762	0,248	1,640	0,949	2,970	8,90	
930816	0,536	0,100	1,780	0,809	1,290	10,30	
930917	0,672	0,100	1,710	0,840	1,260	6,58	
931017	0,716	0,310	2,240	1,260	2,980	46,50	
931114	2,750	0,100	6,000	0,977	2,000	9,28	
931214	0,632	0,100	2,770	0,783	1,830	13,30	
940117	0,324	0,100	4,560	1,240	1,380	20,50	
940214	0,393	0,675	2,050	1,420	0,701	13,00	
940317	0,391	0,100	1,880	1,220	0,865	12,40	
940417	0,625	0,278	2,370	1,080	1,830	24,30	
940515	0,528	0,100	2,150	0,993	4,510	20,60	
940613	0,715	1,130	1,910	0,775	3,010	11,10	
940719	1,110	0,100	1,320	0,934	4,070	8,18	
940816	1,390	0,424	2,250	1,050	12,900	25,50	
940920	2,020	0,373	1,580	0,752	3,610	8,50	
941018	1,130	0,277	1,820	1,330	2,180	9,70	
941116	0,812	0,100	0,100	0,563	2,950	11,60	
950116	0,770	0,573	3,950	1,210	8,310	23,80	
950220	0,715	0,100	5,610	1,430	1,380	28,20	
950320	0,628	0,240	2,460	1,010	2,210	16,30	
950420	0,222	0,567	1,950	1,370	2,520	16,70	0,033
950815	0,826	0,292	10,300	1,720	2,390	13,30	0,010
951022	0,828	0,100	2,420	1,160	4,540	8,96	0,013
951218	1,010	0,271	2,940	0,861	2,710	12,30	
Medianv.	0,716	0,156	2,250	1,010	2,390	13,30	0,013
Medelv.	0,813	0,260	2,764	1,025	2,987	15,89	0,019
Stdav	0,541	0,238	1,891	0,314	2,476	8,22	0,013
Konf. Int. (95%)	0,301	0,096	1,006	0,373	1,087	5,78	0,021
Antal	28	28	29	29	29	29	3
Transport (kg/år)	54,2	11,8	170	76,4	181	1007	0,984

VT16, Dunkehallaån							
x-y: 640839-140147 ARO: 25,8 km <sup>2</sup> Q=0,24 m <sup>3</sup> /s							
	As	Cr	Cu	Ni	Pb	Zn	Cd
	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l
9302	0,130	0,100	2,350	0,736	0,925	14,20	
930419			2,730	1,100	0,857	10,10	
930616	0,643	0,100	7,270	1,230	1,960	12,10	
930816	0,930	0,582	4,290	1,500	2,730	18,00	
931017	1,070	0,223	2,340	0,991	2,070	15,20	
931214	0,536	0,351	2,940	1,150	0,809	11,60	
940214	0,527	0,918	3,460	1,320	1,000	13,20	
940417	0,601	0,370	2,000	0,880	0,993	10,50	
940613	0,633	3,360	4,500	0,931	2,630	8,72	
940816	4,710	0,451	4,580	1,140	1,290	7,17	
941018	0,840	0,449	2,910	1,500	1,940	9,93	
950116	0,481	0,813	4,410	1,950	1,440	12,70	
950420	0,505	0,671	4,100	1,180	1,740	11,90	0,037
950815	0,455	0,276	7,220	2,010	1,430	7,80	0,015
951022	0,100	0,353	3,550	1,170	1,010	6,53	0,020
951218	0,452	0,418	2,440	1,010	0,635	8,86	
Medianv.	0,536	0,418	3,505	1,160	1,360	11,05	0,020
Medelv.	0,841	0,629	3,818	1,237	1,466	11,16	0,024
Stdav	1,101	0,791	1,586	0,354	0,650	3,09	0,012
Konf. int. (95%)	0,557	0,400	0,777	0,173	0,318	1,52	0,013
Antal	15	15	16	16	16	16	3
Transport (kg/år)	4,06	3,16	26,5	8,78	10,3	83,6	0,151

VT17, Lillån							
x-y: 641732-140096 ARO: 35,3 km <sup>2</sup> Q=0,33 m <sup>3</sup> /s							
	As	Cr	Cu	Ni	Pb	Zn	Cd
	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l
9302	0,031	1,990	5,570	4,250	1,800	20,70	
930419			3,100	4,950	0,627	8,41	
930616	0,617	1,730	3,040	2,860	0,830	6,51	
930816	0,267	0,507	3,360	3,780	0,666	7,53	
931017	1,050	0,547	2,850	2,910	2,050	10,50	
931214	0,386	3,270	4,530	3,350	0,843	11,30	
940214	0,643	0,980	5,340	2,780	0,250	10,60	
940613	0,741	4,670	2,990	3,200	1,750	5,70	
950116	0,342	0,814	2,330	3,370	0,339	10,80	
950420	0,218	1,250	2,840	3,100	0,378	7,58	0,014
950815	0,776	0,463	2,390	6,010	0,050	3,97	0,004
951022	0,100	0,417	2,730	4,290	0,256	6,97	0,009
951218	0,150	0,354	2,470	3,490	0,120	7,90	
Medianv.	0,364	0,897	2,990	3,370	0,627	7,90	0,009
Medelv.	0,443	1,416	3,349	3,718	0,766	9,11	0,009
Stdav	0,318	1,337	1,088	0,940	0,678	4,11	0,005
Konf. int. (95%)	0,180	0,756	0,591	0,511	0,369	2,23	0,006
Antal	12	12	13	13	13	13	3
Transport (kg/år)	3,79	9,33	31,1	35,1	6,53	82,2	0,094

VT18, Hökesån							
x-y: 642246-139745 ARO: 68,8 km <sup>2</sup> Q=0,84 m <sup>3</sup> /s							
	As	Cr	Cu	Ni	Pb	Zn	Cd
	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l
9302	0,219	0,250	1,030	0,710	0,371	8,44	
930419			0,640	0,940	0,174	3,31	
930616	0,658	0,100	0,620	0,885	0,329	2,55	
930816	0,459	0,451	0,786	1,170	0,517	4,22	
931017	0,738	0,244	1,050	0,899	1,200	7,59	
931214	0,283	0,247	0,515	0,779	0,255	4,17	
940214	0,322	1,220	0,848	1,200	0,250	5,39	
940417	0,491	0,544	0,736	0,975	0,362	5,48	
940613	0,946	2,270	0,797	0,707	1,430	4,44	
940816	0,578	1,060	1,640	1,390	1,440	11,70	
941018	0,763	1,080	0,655	1,090	0,244	4,40	
950116	0,306	0,852	0,686	1,590	0,278	5,20	
950420	0,283	0,905	3,080	0,978	0,591	7,17	0,021
950815	0,449	0,413	3,950	2,230	1,280	15,60	0,043
951022	0,100	0,487	0,592	0,997	0,429	3,40	0,019
951218	0,150	0,355	0,487	0,785	0,153	3,18	
Medlanv.	0,449	0,487	0,761	0,977	0,367	4,82	0,021
Medelv.	0,450	0,699	1,132	1,083	0,581	6,02	0,028
Stdav	0,246	0,560	0,983	0,389	0,468	3,48	0,013
Konf. Int. (95%)	0,124	0,283	0,482	0,191	0,229	1,70	0,015
Antal	15	15	16	16	16	16	3
Transport (kg/år)	11,9	12,9	20,2	25,9	9,71	128	0,556

VT19, Knipén							
x-y: 642562-139877 ARO: 52,8 km <sup>2</sup> Q=0,64 m <sup>3</sup> /s							
	As	Cr	Cu	Ni	Pb	Zn	Cd
	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l
9302	0,227	0,100	0,767	0,506	0,215	5,33	
930419			0,695	0,772	0,099	1,83	
950420	0,100	0,411	0,547	0,677	0,202	2,83	
930616	0,164	0,100	1,090	0,952	0,436	3,33	
930816	0,427	0,100	1,770	0,317	0,282	2,72	
931017	0,714	0,100	0,708	0,594	0,974	3,34	
931214	0,281	0,100	0,614	0,502	0,165	2,62	
940214	0,100	0,940	0,929	0,989	0,163	4,68	
940417	0,329	0,273	0,682	0,650	0,263	3,63	
940613	0,557	1,590	0,766	0,619	0,902	2,44	
940816	2,340	0,330	0,880	0,779	0,233	1,64	
941018	0,635	0,284	0,937	0,997	0,201	2,83	
950116	0,316	0,677	0,884	1,580	0,251	4,25	
950420							0,013
950815	0,100	0,358	2,320	1,190	0,200	1,85	0,003
951022	0,327	0,100	0,649	0,600	0,196	1,55	0,012
951218	0,150	0,271	1,100	0,650	0,130	3,71	
Medlanv.	0,316	0,273	0,824	0,664	0,209	2,83	0,012
Medelv.	0,451	0,382	0,959	0,773	0,307	3,04	0,009
Stdav	0,558	0,412	0,464	0,309	0,258	1,10	0,006
Konf. Int. (95%)	0,282	0,208	0,227	0,151	0,126	0,54	0,006
Antal	15	15	16	16	16	16	3
Transport (kg/år)	6,38	5,51	16,6	13,4	4,21	57,1	0,242

VT20, Gagnån							
x-y: 643185-140068 ARO: 28,7 km <sup>2</sup> Q=0,27 m <sup>3</sup> /s							
	As	Cr	Cu	Ni	Pb	Zn	Cd
	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l
9302	0,196	0,100	0,385	0,353	0,282	4,74	
930419			0,512	0,393	0,152	2,13	
930616	0,407	0,100	0,599	0,421	0,435	2,23	
930816	0,569	0,316	0,338	0,340	0,707	3,45	
931017	0,926	0,100	0,622	0,502	1,460	8,38	
931214	0,241	0,100	0,703	0,511	0,375	4,63	
940214	0,293	1,050	0,407	0,636	0,244	3,23	
940417	0,320	0,740	0,369	0,476	0,394	4,85	
940613	0,517	0,826	0,398	0,378	0,914	2,05	
940816	1,410	0,811	0,544	0,339	0,247	1,96	
941018	0,707	0,744	0,454	0,489	0,352	2,53	
950116	0,247	0,658	0,254	1,020	0,365	2,69	
950421	0,338	0,504	0,100	0,411	0,403	2,81	0,020
950815	0,100	1,010	2,240	0,749	0,456	4,14	0,010
951022	0,336	0,219	0,245	0,373	0,361	2,14	0,017
951218	0,150	0,100	0,100	0,150	0,178	1,60	
Medianv.	0,336	0,504	0,403	0,416	0,370	2,75	0,017
Medelv.	0,450	0,485	0,517	0,471	0,458	3,35	0,016
Stdav	0,345	0,358	0,491	0,198	0,328	1,71	0,005
Konf. int. (95%)	0,174	0,181	0,241	0,097	0,161	0,84	0,006
Antal	15	15	16	16	16	16	3
Transport (kg/år)	2,86	4,29	3,43	3,54	3,15	23,4	0,145

VT21, Hjódn							
x-y: 646536-141117 ARO: 61,0 km <sup>2</sup> Q=0,33 m <sup>3</sup> /s							
	As	Cr	Cu	Ni	Pb	Zn	Cd
	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l
9302	0,212	0,100	0,160		0,407	3,40	
930419			1,640	0,713	1,410	4,33	
930616	0,508	0,100	1,210	0,753	0,549	2,62	
930816	0,420	0,545	2,770	1,020	0,813	6,39	
931017	0,158	0,215	1,460	0,822	1,910	5,22	
931214	0,272	0,100	1,560	0,513	0,999	10,00	
940214	0,441	0,808	0,982	0,973	0,414	4,09	
940417	0,440	0,372	1,290	0,971	0,536	4,96	
940613	0,417	1,070	1,040	0,454	1,180	1,90	
940816	2,880	0,100	1,090	0,652	0,604	2,45	
941018	0,516	0,772	1,420	1,000	0,679	4,28	
950116	0,307	0,536	1,270	1,460	0,351	4,49	
950420	0,203	0,688	1,590	0,898	3,890	7,67	0,023
950815	0,454	0,278	2,270	1,140	0,338	2,44	0,006
951022	0,737	0,100	1,040	0,659	0,403	2,42	
951218	0,150	0,300	1,220	0,536	0,359	3,11	
Medianv.	0,420	0,300	1,280	0,822	0,577	4,19	0,015
Medelv.	0,541	0,406	1,376	0,838	0,928	4,36	0,015
Stdev	0,666	0,315	0,572	0,269	0,907	2,17	0,012
Konf. int. (95%)	0,337	0,159	0,280	0,136	0,444	1,06	0,017
Antal	15	15	16	15	16	16	2
Transport (kg/år)	4,37	3,12	13,3	8,55	6,00	43,6	0,151

VT22, Aspaån							
x-y: 651770-144250 ARO: 65.1 km <sup>2</sup> Q=0.66 m <sup>3</sup> /s							
	As	Cr	Cu	Ni	Pb	Zn	Cd
	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l
9302	0,327	0,100	0,414		0,228	5,27	
930419			1,360	0,663	0,328	7,59	
930616	0,642	0,100	0,836	0,437	0,365	3,21	
930816	0,355	0,266	0,777	0,588	0,373	3,71	
931017	0,519	0,567	0,823	0,808	0,996	64,10	
931214	0,229	0,100	1,130	0,510	0,611	6,92	
940214	0,593	1,340	0,988	0,912	1,030	9,84	
940417	0,394	0,210	0,430	0,505	0,336	6,58	
940613	0,511	1,070	0,549	0,320	0,774	2,80	
940816	1,480	0,314	0,520	0,533	0,168	1,62	
941018	0,327	0,287	0,682	0,615	0,264	3,41	
950116	0,349	0,690	0,657	1,070	0,375	5,25	
950420	0,100	0,480	0,378	0,572	0,301	3,89	0,018
950815	0,287	0,100	1,760	0,733	0,449	3,78	0,007
951022	0,529	0,100	1,670	0,481	0,238	5,88	0,012
951218	0,150	0,208	0,442	0,150	0,128	3,70	
Medianv.	0,355	0,266	0,730	0,572	0,351	4,57	0,012
Medelv.	0,453	0,395	0,839	0,593	0,435	8,60	0,012
Stdav	0,324	0,379	0,438	0,228	0,276	14,95	0,006
Konf. int. (95%)	0,164	0,192	0,215	0,115	0,135	7,32	0,006
Antal	15	15	16	15	16	16	3
Transport (kg/år)	7,39	5,54	15,2	11,9	7,30	95,1	0,250



VT23, Ommäsån							
x-y: 645650-142975 ARO: 64,1 km <sup>2</sup> Q=0,70 m <sup>3</sup> /s							
	As	Cr	Cu	Ni	Pb	Zn	Cd
	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l
9302	0,307	0,207	0,900	0,933	0,217	2,34	
930419			1,380	1,950	0,030	2,50	
930616	1,040	0,230	1,210	4,000	0,394	3,80	
930816	0,415	0,100	1,400	1,270	0,546	3,33	
931017	0,334	0,100	0,989	1,100	2,250	4,75	
931214	0,406	0,100	0,705	0,794	0,050	2,34	
940215	0,412	0,689	1,020	2,200	0,050	4,30	
940417	0,511	0,244	1,110	2,360	0,190	3,51	
940613	0,887	2,040	1,430	2,050	1,340	2,02	
940816	1,270	2,020	16,900	5,300	14,600	58,00	
941018	0,507	0,722	1,070	4,960	0,322	3,71	
950116	0,522	1,040	1,250	11,400	0,171	4,86	
950420	0,268	0,622	1,080	2,460	0,050	1,86	0,009
950815	0,720	0,455	1,900	3,290	1,440	8,98	0,064
951022	0,821	0,219	1,050	2,300	0,141	2,38	0,020
951218	0,325	0,313	1,280	1,080	0,050	2,16	
Medianv.	0,507	0,313	1,160	2,250	0,204	3,42	0,020
Medelv.	0,583	0,607	2,167	2,965	1,365	6,93	0,031
Stdav	0,300	0,639	3,938	2,633	3,587	13,73	0,029
Konf. Int. (95%)	0,152	0,324	1,930	1,290	1,757	6,73	0,033
Antal	15	15	16	16	16	16	3
Transport (kg/år)	11,2	6,91	25,6	49,7	4,49	75,5	0,442

VT24, Edeskvornaån							
x-y: 641708-140946 ARO: 53,6 km <sup>2</sup> Q=0,50 m <sup>3</sup> /s							
	As	Cr	Cu	Ni	Pb	Zn	Cd
	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l
9302	0,010	0,100	7,600	1,010	0,844	9,34	
930419			1,210	1,320	0,301	1,44	
930616	0,977	0,100	0,957	2,040	0,537	1,74	
930816	0,609	0,100	1,060	0,963	0,587	2,65	
931017	0,668	1,500	3,200	2,610	2,830	19,90	
931214	2,310	0,837	3,690	2,070	2,710	16,10	
940215	0,623	0,609	0,731	1,610	0,050	1,27	
940417	0,320	0,238	4,280	2,980	0,784	6,89	
940613	1,070	1,300	3,010	1,880	4,150	14,30	
940816	2,810	0,725	0,972	1,510	0,438	1,71	
941018	0,690	0,425	0,740	3,520	0,102	1,86	
950116	0,438	0,703	1,290	6,370	0,344	4,27	
950420	0,100	0,473	0,947	2,240	0,286	1,67	0,005
950815	0,444	0,500	2,010	3,370	0,110	2,09	0,003
951022	0,380	0,238	1,230	1,750	0,500	3,99	0,044
951218	0,388	0,100	1,300	0,840	0,050	2,70	
Medelv.	0,609	0,473	1,260	1,960	0,469	2,68	0,005
Medelv.	0,789	0,530	2,139	2,255	0,914	5,75	0,017
Stdav	0,778	0,433	1,846	1,366	1,209	5,97	0,023
Konf. int. (95%)	0,394	0,219	0,904	0,669	0,592	2,93	0,026
Antal	15	15	16	16	16	16	3
Transport (kg/år)	9,60	7,46	19,9	30,9	7,40	42,2	0,079

VT25, Huskvarnaån							
x-y: 640881-140842 ARO: 664 km <sup>2</sup> Q=6.81 m <sup>3</sup> /s							
	As	Cr	Cu	Ni	Pb	Zn	Cd
	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l
9302	0,120	0,321	1,260	1,130	0,273	3,22	
930322	0,580	0,100	1,330	0,912	0,184	3,56	
930419			2,650	2,330	0,435	5,62	
930517	0,423	8,230	3,820	5,790	1,560	9,85	
930616	0,628	0,361	5,420	2,820	0,622	15,70	
930715	0,370	0,100	4,580	1,610	0,622	14,50	
930816	0,541	0,499	3,050	1,870	1,070	7,29	
930917	0,111	0,455	1,910	2,800	0,220	8,35	
931017	0,754	0,325	1,950	1,750	1,990	9,51	
931114	6,400	0,313	2,500	1,300	0,482	5,69	
931214	0,313	0,228	1,980	1,130	0,229	5,12	
940117	0,294	0,278	3,280	2,240	0,450	14,00	
940215	0,417	0,790	0,942	1,570	0,173	3,36	
940417	0,100	0,289	1,140	1,520	0,305	2,57	
940515	0,361	0,562	1,910	3,300	0,299	6,44	
940613	1,070	2,630	2,450	1,640	1,770	4,61	
940719	0,579	0,100	2,160	1,900	0,326	6,16	
940816	4,050	1,060	2,870	1,980	0,408	6,02	
940920	0,999	0,869	1,290	1,370	0,476	3,81	
941116	0,447	0,100	0,100	1,090	0,653	3,85	
950116	0,359	0,612	1,440	3,360	0,247	5,26	
950220	0,256	0,100	1,190	1,530	0,186	4,09	
950420	0,432	0,876	1,330	1,760	0,367	3,62	0,012
950815	0,565	0,253	3,670	3,590	0,193	6,85	0,008
951022	0,414	0,790	3,090	3,140	0,286	5,84	0,011
951218	0,341	0,343	1,570	1,720	0,050	3,50	
Medlanv.	0,423	0,343	1,965	1,755	0,347	5,66	0,011
Medelv.	0,837	0,823	2,265	2,121	0,534	6,48	0,010
Stdav	1,384	1,628	1,213	1,066	0,504	3,58	0,002
Konf. int. (95%)	0,542	0,638	0,466	0,410	0,194	1,38	0,002
Antal	25	25	26	26	26	26	3
Transport (kg/år)	90,8	73,7	422	377	74,4	1214	2,36

VT26, Rödösund							
x-y: 64-14		ARO: 460 km <sup>2</sup>		Q=4 m <sup>3</sup> /s			
	As	Cr	Cu	Ni	Pb	Zn	Cd
	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l
930322	0,372	0,100	1,220	0,470	0,225	3,36	
930517	0,403	0,784	1,600	0,995	0,581	3,70	
930715	0,382	0,100	0,937	0,493	0,515	2,13	
930917	0,391	0,281	0,866	0,578	0,403	3,33	
940117	0,175	0,100	1,600	0,548	0,140	4,19	
940317	1,675	0,397	1,490	0,520	0,311	3,21	
940515	0,100	0,234	2,440	2,240	1,430	4,47	
940719	0,529	0,100	0,618	0,509	0,174	2,98	
940920	0,208	0,504	0,834	0,731	0,891	3,82	
941116	0,100	0,100	0,100	0,150	0,505	1,63	
950220	0,252	0,100	0,805	0,456	0,118	1,81	
950320	0,242	0,100	0,884	0,353	0,165	1,17	
950426	0,212	0,440	0,807	0,503	0,439	3,70	0,004
950815	0,100	0,564	1,890	1,210	0,135	3,43	0,006
Medianv.	0,247	0,167	0,911	0,515	0,357	3,35	0,005
Medelv.	0,367	0,279	1,149	0,697	0,431	3,07	0,005
Stdav	0,399	0,224	0,598	0,515	0,363	1,00	0,001
Konf. Int. (95%)	0,209	0,117	0,313	0,270	0,190	0,52	0,002
Antal	14	14	14	14	14	14	2
Transport (kg/år)	31,2	21,1	115	64,9	45,0	422	0,631

VT27, Göta Kanal							
x-y: 64-14		ARO: 460 km <sup>2</sup>		Q=4 m <sup>3</sup> /s			
	As	Cr	Cu	Ni	Pb	Zn	Cd
	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l
930322	0,464	0,100	0,757	0,150	0,367	2,00	
930517	0,306	0,100	0,882	0,459	0,491	1,80	
930715	0,277	0,100	0,820	0,531	0,507	1,88	
930917	0,506	0,206	0,855	0,535	0,286	2,18	
940117	0,174	0,100	1,230	0,470	0,269	3,15	
940317	1,430	0,332	1,220	0,436	0,268	2,75	
940515	0,224	0,100	0,484	0,306	0,210	0,15	
940719	0,469	0,100	0,610	0,394	0,246	3,20	
940920	0,669	0,485	0,100	0,150	0,329	0,90	
941116	0,235	0,100	0,100	0,150	0,499	0,64	
950220	0,100	0,100	0,763	0,455	0,050	1,43	
950320	0,203	0,100	0,876	0,150	0,160	1,28	
950420	0,100	0,363	0,445	0,403	0,280	1,31	0,003
950815	0,212	0,335	1,260	0,810	0,170	1,87	0,003
951022	0,362	0,100	0,769	0,485	0,200	1,01	0,005
Medianv.	0,277	0,100	0,769	0,436	0,269	1,80	0,003
Medelv.	0,382	0,181	0,745	0,392	0,289	1,70	0,004
Stdav	0,331	0,130	0,357	0,185	0,132	0,88	0,001
Konf. Int. (95%)	0,168	0,066	0,181	0,094	0,067	0,45	0,001
Antal	15	15	15	15	15	15	3
Transport (kg/år)	34,9	12,6	97,0	55,0	33,9	227	0,378

Munksjöns utlopp							
x-y: 640750-140230 ARO: 245 km <sup>2</sup> Q=2,31 m <sup>3</sup> /s							
	As	Cr	Cu	Ni	Pb	Zn	Cd
	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l
940215	0,372	0,733	0,983	1,570	0,264	6,79	
940317	4,695	0,510	12,100	1,770	1,880	26,60	
940417	0,100	0,219	1,200	2,120	0,336	5,97	
940515	0,316	0,275	0,948	2,160	0,298	4,63	
940719	0,712	0,100	1,490	1,880	0,379	18,90	
940816	2,460	1,120	1,520	2,110	0,304	4,21	
941019	0,395	0,336	1,770	2,330	0,352	6,07	
941116	0,408	0,100	0,100	1,170	0,736	8,35	
950116	0,377	0,632	1,450	3,330	0,389	8,42	
950220	0,381	0,262	1,780	1,880	0,451	11,50	
950320	0,357	0,229	1,590	1,270	0,346	8,73	
950421	0,100	0,747	1,160	1,680	0,341	6,74	
950815	0,439	0,529	2,600	3,170	0,166	4,60	0,003
951022	0,338	0,227	1,480	1,940	0,468	6,08	0,008
951218	0,327	0,313	1,350	1,130	0,225	8,82	
Medianv.	0,377	0,313	1,480	1,880	0,346	6,79	0,006
Medelv.	0,785	0,422	2,101	1,967	0,462	9,09	0,006
Stdav	1,218	0,286	2,817	0,634	0,413	6,05	0,004
Konf. Int. (95%)	0,616	0,145	1,425	0,321	0,209	3,06	0,005
Antal	15	15	15	15	15	15	2
Transport (kg/år)	27,5	22,8	108	137	25,2	495	0,401

## Bilaga 3

### Registrerade metallhalter i Vättern under 1994-95

#### Metodernas känslighetsgräns

As: 0,2 µg/l

Cr: 0,2 µg/l

Cu: 0,2 µg/l

Pb: 0,1 µg/l

Cd: 0,003 µg/l

Metallhalter Vättern, 1994-95									
Datum	stn.	djup m	As µg/l	Cr µg/l	Cu µg/l	Ni µg/l	Pb µg/l	Zn µg/l	Cd ng/l
9406	1	0,5	<0,2	<0,2	0,84	1,13	0,19	3,3	
		10	0,24	<0,2	0,54	0,83	0,11	3,2	
		20	<0,2	0,21	0,99	0,81	<0,1	3,2	
		30	<0,2	0,33	0,65	0,87	<0,1	3,9	
		50	<0,2	0,33	0,42	0,72	<0,1	3,2	
		70	<0,2	0,36	0,55	0,88	<0,1	3,8	
		90	<0,2	0,43	1,76	1,09	0,37	8,0	
		110	0,58	0,56	4,37	2,18	5,01	23,1	
	10	0,5	<0,2	<0,2	0,58	1,03	<0,1	3,4	
		10	0,23	0,25	0,98	0,89	0,12	4,2	
		20	<0,2	0,28	0,63	0,92	0,68	5,0	
		30	<0,2	0,44	0,45	0,85	<0,1	3,6	
	11	0,5	0,37	<0,2	0,60	0,93	<0,1	3,4	
		10	<0,2	0,22	0,41	0,83	<0,1	2,8	
9410	1	0,5	<0,2	0,49	0,50	0,66	0,30	4,6	
		10	<0,2	0,66	0,25	0,54	0,22	3,9	
		20	0,34	0,41	1,28	1,48	7,69	6,2	
		30	<0,2	<0,2	0,55	1,00	0,25	3,3	
		50	<0,2	0,60	0,79	0,56	3,10	38,2	
		70	<0,2	0,27	0,74	1,09	1,48	8,1	
		90	<0,2	0,73	0,57	0,55	1,73	6,4	
		110	<0,2	0,69	0,27	0,39	0,65	4,8	
	10	0,5	<0,2	0,61	<0,2	0,40	0,41	4,3	
		10	<0,2	0,63	<0,2	0,35	0,12	3,0	
		20	<0,2	0,46	<0,2	0,35	0,10	3,1	
		30	0,24	0,64	<0,2	0,40	0,12	3,3	
	11	0,5	<0,2	0,72	<0,2	0,43	0,27	4,0	
		10	0,51	0,37	<0,2	0,84	0,17	3,1	
9510	1	0,5	0,44	0,42	0,80	2,10	0,52	3,6	5
		10	<0,2	0,21	0,66	1,97	0,12	3,6	
		20	<0,2	<0,2	0,54	1,90	<0,1	3,8	
		30	0,22	0,21	0,59	2,06	<0,1	5,0	
		50	<0,2	0,2	0,55	1,89	0,19	4,6	
		70	<0,2	<0,2	0,56	1,86	<0,1	4,1	
		90	<0,2	<0,2	0,60	1,90	<0,1	3,5	
		110	0,24	0,27	1,85	2,06	0,46	15,1	9
	10	0,5	<0,2	<0,2	0,56	1,85	<0,1	3,6	7
		10	<0,2	0,2	0,54	1,96	<0,1	3,6	
		20	0,31	0,3	0,67	2,05	0,23	3,8	
		30	<0,2	0,22	0,68	1,87	<0,1	4,8	8
	11	0,5							9
		30							12
<b>medianhalt</b>			<b>&lt;0,2</b>	<b>0,29</b>	<b>0,57</b>	<b>0,93</b>	<b>0,12</b>	<b>3,8</b>	<b>8,5</b>
<b>medelhalt</b>			<b>0,24</b>	<b>0,36</b>	<b>0,71</b>	<b>1,16</b>	<b>0,65</b>	<b>5,7</b>	<b>8,3</b>
<b>stdav</b>			<b>0,09</b>	<b>0,18</b>	<b>0,70</b>	<b>0,62</b>	<b>1,47</b>	<b>6,4</b>	<b>2,3</b>
<b>konf.int (95%)</b>			<b>0,03</b>	<b>0,06</b>	<b>0,22</b>	<b>0,19</b>	<b>0,46</b>	<b>2,0</b>	<b>0,7</b>



## *Bilaga 4*

*Beräknade metalltransporter i  
vattendrag till och från Vättern  
baserat på aritmetiska  
medelhalter för 1993-95*

<b>Metaltransport i vattendrag till och från Vättern baserat på aritmetiska medelvärden</b>									
IN	ARO	Q	As	Cd	Cr	Cu	Ni	Pb	Zn
	km <sup>2</sup>	m <sup>3</sup> /s	kg/år	kg/år	kg/år	kg/år	kg/år	kg/år	kg/år
VT2	417	3,44	151	1,30	70,6	152	424	67,4	392
VT4	185	1,33	24,1	0,126	21,0	44,0	56,0	6,85	101
VT5	31,5	0,24	9,65	0,068	9,97	13,0	25,8	2,37	66,8
VT8	212	2,00	56,3	1,01	43,9	88,0	96,5	47,2	465
VT9	66,5	0,63	18,0	0,460	10,1	34,4	17,0	19,5	154
VT11	49,0	0,60	7,42	0,196	7,30	10,2	6,51	6,85	49,5
VT16	25,8	0,24	6,36	0,182	4,76	28,9	9,37	11,1	84,4
VT17	35,3	0,33	4,61	0,094	14,7	34,9	38,7	7,97	94,8
VT18	68,8	0,84	11,9	0,733	18,5	30,0	28,7	15,4	159
VT19	52,8	0,64	9,11	0,188	7,72	19,3	15,6	6,20	61,3
VT20	28,7	0,27	3,84	0,133	4,13	4,40	4,01	3,90	28,5
VT21	61,0	0,33	5,63	0,151	4,22	14,3	8,72	9,65	45,4
VT22	65,1	0,66	9,42	0,257	8,23	17,5	12,4	9,06	179
VT23	64,1	0,70	12,9	0,684	13,4	47,8	65,5	30,1	153
VT24	53,6	0,50	12,4	0,273	8,35	33,7	35,6	14,40	90,6
VT25	664	6,81	180	2,22	177	486	456	115	1390
VT26	450	4	46,3	0,631	35,2	145	87,9	54,4	387
VT27	450	4	48,2	0,463	22,9	93,9	49,5	36,4	215
<b>summa</b>	<b>2980</b>	<b>27,56</b>	<b>617,1</b>	<b>9,169</b>	<b>482</b>	<b>1297</b>	<b>1438</b>	<b>463,8</b>	<b>4116</b>
<i>kg/km<sup>2</sup>*år</i>			<i>0,207</i>	<i>0,0031</i>	<i>0,162</i>	<i>0,435</i>	<i>0,182</i>	<i>0,156</i>	<i>1,381</i>
VT15	185	2,4	61,5	1,41	19,7	209	77,5	226	1200
Alsens utflopp	184	2,39	61	2,56	20	45	76	48,7	3003
Salaån exkl. gruvan	32	0,41	10	2,79	3,3	16	13	22,5	1971
övriga vattendrag	1122		232,4	3,4522	181,5	488,44	541,3	174,6	1550
<b>SUMMA TOTALT</b>	<b>4503</b>		<b>982</b>	<b>19,4</b>	<b>706</b>	<b>2056</b>	<b>2146</b>	<b>936</b>	<b>11840</b>
UT, VT1	6383	38	408	8,8	327	1079	979	320	4900