



Älvtransporterade spårmetaller till Bottenviken

Genomgång av monitoringdata

Länsstyrelserapport 17/2012
Diarinummer 537-9583-11



Länsstyrelsen
Norrbotten

Titel	Älvtransporterade spårmetaller till Bottenviken. Länsstyrelsen Norrbotten. Rapportserie nr 17/2012.
Författare:	Bo Sundström Länsstyrelsen Norrbotten beställare till Luleå tekniska universitet. Författare Susanne Bauer och Johan Ingri, Luleå tekniska universitet
Omslagsbild:	Fotograf: Mats Bergqvist
Kontaktperson:	Bo Sundström, Länsstyrelsen i Norrbottens län, 971 86 Luleå. Telefon: 0920-96000, fax: 0920-22 84 11, E-post: norrbotten@lansstyrelsen.se Internet: www.lansstyrelsen.se/norrbotten

FÖRORD

För arbetet i den svenska vattenförvaltningen finns ett stort behov att förstå hur sjöar och vattendrag påverkas av naturliga processer såväl som samhällsliga aktiviteter. Detta gäller alla typer av påverkan, såväl kvalitativt som kvantitativt. I delar av norra Sverige är det sedan länge känt att metaller kan orsaka jämförelsevis stor påverkan på grund av naturliga processer, ibland förstärkta av olika mänskliga aktiviteter i samhället.

För att ge ett kunskapsunderlag för vattenförvaltningens arbete beställdes föreliggande rapport av professor Johan Ingri vid Luleå Tekniska Universitet. Under arbetet har även Johan Ingri under 2012 publicerat en grundläggande lärobok i miljögeokemi: Från berg till hav: en introduktion i miljögeokemi (Studentlitteratur).

Luleå 2012-11-20

Bo Sundström

Vattenvårdsdirektör

Länsstyrelsen Norrbotten

Innehåll

Sammanfattning	1
Inledning	3
Bottenvikens avrinningsområde	4
HARO	5
Marktyp och jordart	6
Hydrologi	7
Datakvalitet	12
Sulfidjordar	16
Älvtransport till Bottenviken	20
Organiskt kol	20
Aluminium	22
Krom	24
Järn	26
Arsenik	29
Mangan	31
Kobolt	34
Nickel	36
Koppar	38
Zink	40
Bly	42
Kadmium	44
Älvar till Kvarken	46
Organiskt kol	47
Aluminium	48
Krom	49
Järn	51
Arsenik	53
Mangan	55
Kobolt	57
Nickel	59
Koppar	61
Bly	65
Kadmium	67
Finska älvar	69
Bottenvikens sediment	81
Appendix 1	86
Appendix 2	87

Sammanfattning

Data visar att det är svårt att karakterisera och ta fram en ”typ-älv” för spårmetalltransporten till Bottenviken. Det är stora skillnader i transporten av spårmetaller mellan kustnära vattendrag, som dränerar sediment som tidigare avsatts i Bottenviken, skogsälvar och fjällälvar. Dessutom är skillnaderna stora mellan älvar av samma typ. Trots att Kalixälv och Torneälv dränerar samma typ av berggrund och lösa avlagringar är kemin olika för flera spårmetaller. Skillnaderna är i grunden beroende på vittringsförhållanden i dräneringsområdet och vattenföringen, men spåds på av analysvårigheter och avsaknaden av filtrerade prov.

I stort sett visar järn, krom, aluminium och totalt organiskt kol liknade mönster, även om de ibland inte är korrelerade i varje älv. Zink, kadmium, kobolt och nickel är korrelerade till mangan, men i flera älvar är inte sambandet uppenbart. Arsenik är linjärt korrelerat till järn söder om Piteälven. Halterna av järn är låga i utbyggda älvar, vilket indikerar att järntransporten minskar när en älv byggs ut. Zinkvärdena i monitoringdata verkar vara påverkade av kontamination. De flesta kadmiumvärden ligger nära detektionsgränsen och överlag är kadmiumhalterna inte tillförlitliga.

Övervakningsprogrammet bygger på ofiltrerade syrasatta vattenprov. Problemet med sådana prov är att analysvärdena ”hoppa”. Syrasättningen löser inte upp bergartsfragment men löser järn-manganoxidhydroxidpartiklar. Partiklar påverkar med andra ord analysen på ett oregelbundet sätt eftersom mängden, och typen a partiklar, varierar kraftigt speciellt vid höga flöden.

Proven bör filtreras i fält, enklast genom sprutfiltrering. Filtren kan sparas för analys eller bara lagras. Oberoende om filtren analyseras eller inte blir den lösta fraktionen bättre definierad än utan filtrering. Filtring förändrar inte nämnvärt provtagningskostnaden och analyskostnaden blir den samma (utan filteranalys). Filtring bör införas omgående. För att kunna jämföra med tidigare år bör både ofiltrerad och filtrerad fas analyseras under ett eller två år.

I vissa system bör även den partikulära fasen bestämmas. Detta är speciellt viktigt för att förstå förändringar i järn och mangantransporten, eftersom dessa grundämnen styr flera spårmetaller och fosfor. Brunifieringen av svenska vattendrag är tydlig i flera större och mindre vattendrag. Brunifieringen beror på förhöjda halter av bla. järn och mangan. För att förstå orsakerna till brunifiering måste både filtrerade prov och partiklar analyseras.

Markanvändning och dess betydelse för transporten av järn och mangan är en viktig forskningsfråga. Dels för att det finns gränsvärden uppsatta för säker mänsklig konsumtion, dels för att dessa grundämnen styr biotillgängligheten av fosfor i Östersjön, via en serie av komplicerade biogeokemiska processer. Detaljerade kunskaper, på molekylnivå, om järn-mangan oxidhydroxider och deras biogeokemi är viktig.

Eftersom det är järn-mangan oxidhydroxider som till stor del reglerar utbytet mellan vatten och sediment blir tillgången av dessa grundämnen central. Källorna för både järn och mangan är på land. Hanteringen av markfrågor kan med andra ord direkt påverka tillflödet av järn och mangan. Kopplingen mellan marktyp-markanvändning och utflödet av järn och mangan är idag lite studerat. Fosfortransporten i sötvatteninflödet är också starkt korrelerad till järnoxidhydroxider. Biotillgängligheten av den tillförda fosfor är lite studerat. Nya data antyder att fosfor inte är direkt biotillgänglig. Detta kan bero på ett komplext samspel mellan fosfor-järn-fotoreduktion, en koppling som inte studerats i Östersjön.

Höga halter fosfor sitter bundet i ytsediment i Bottniska viken. En sänkning av redoxnivån skulle frigöra fosfor och systemet skulle snabbt bli eutroft. Tröskelvärde för hur mycket näringsämnen som kan tillföras utan att förändra syreförhållandena är okänt. Bottenhavet och Bottenviken är idag viktiga sänkor för fosfor. Hur stabila dessa sänkor är för miljöförändringar blir därför en viktig fråga. Eftersom Bottenhavet i stort sett saknar Mn-barriären så är denna bassäng troligen känsligare för förändringar jämfört med Bottenviken.

Kadmium visar en stigande trend i sedimentdata från Bottenviken. Inga andra metaller, förutom bly, visar en sådan klar förändring. Orsaken till förändringen kan bero på landhöjningen (exponering av sulfidleror på land) och oligotrofieringen av Bottenviken, men mekanismen är inte klarlagd och bör studeras i detalj.

Luleå, 2012-09-07

Susanne Bauer och Johan Ingri

Inledning

Syftet med denna rapport är samla basdata om metalltransporten i vattendrag som dränerar till Bottenviken och presentera data på ett enkelt och lättfattligt sätt. Det ingår därför inga djuplodande tolkningar av datamaterialet. Som jämförelse diskuteras kort metallfördelningen i Bottenvikens sediment. Rapporten innehåller en kort granskning av datakvalitet och provtagningsteknik.

Rapporten är baserad på data från fem år, 2006-2010, för Torneälven, Kalixälven, Råneälven, Luleälven, Piteälven, Skellefteälven, Vindelälven, Umeälven, Öreälven, Kemijoki, Iijoki och Oulujoki. För dessa år redovisas medelvärde för transporterad mängd och medelhalt av spårmetaller. För Sangisälven, Åbyälven och Byskeälven presenteras data från 2008. Några älvar saknar värden för vissa månader eller vissa metaller är inte analyserade. För saknade månadsvärden användes medelvärdet över tio år för det saknade värdet. Vissa element ligger nära eller under detektionsgränsen (se datakvalitet i rapporten). Alla värden för alla älvar finns i tabellform och som kurvor som visar transporterad mängd respektive medelhalt över ett år. Vidare finns för alla element 15-års-trender som jämförelse mellan Kalixälven och Råneälven.

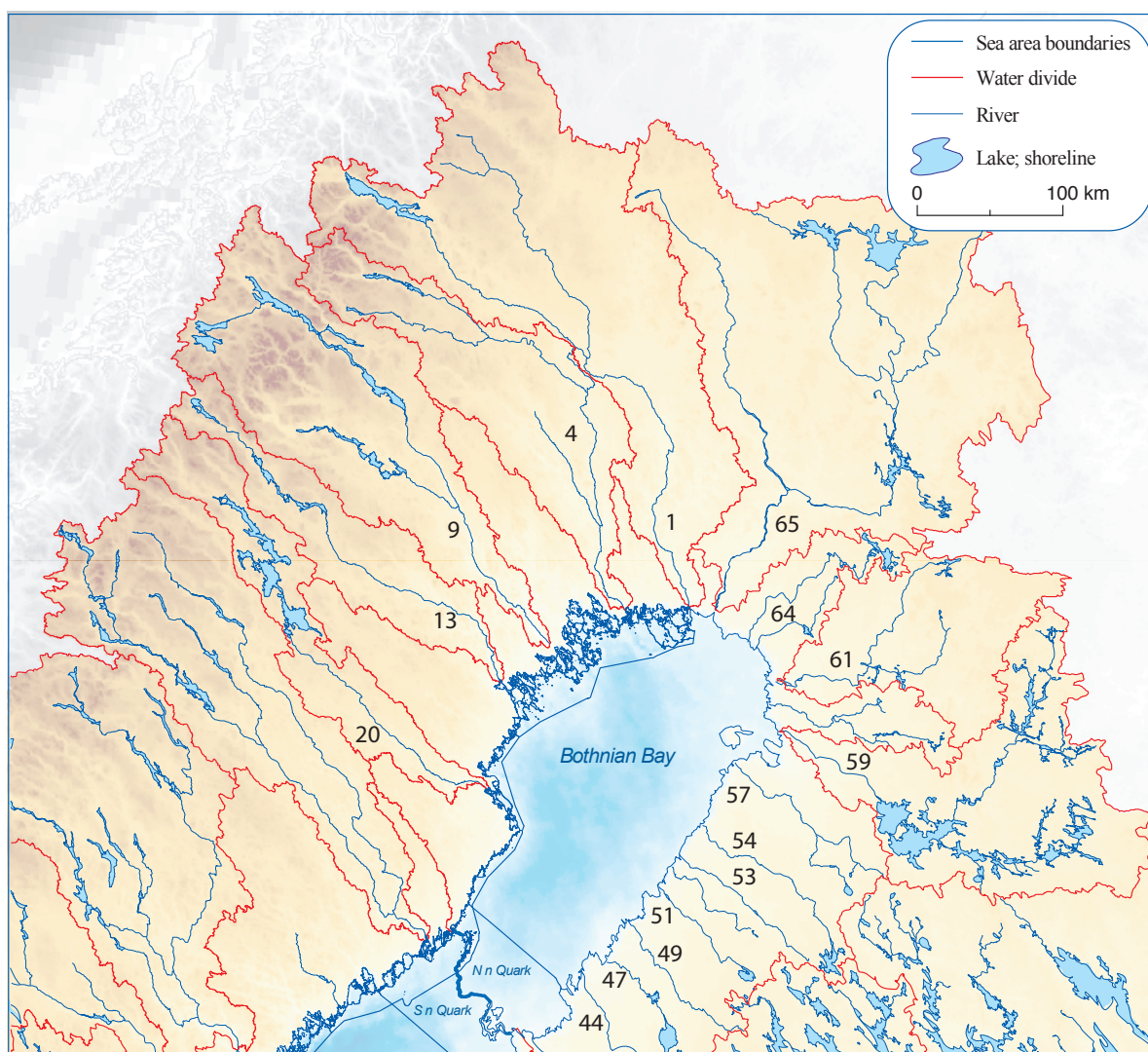
Data för Umeälven, Vindelälven och Öre älv har lagts in som jämförelse till de älvar som tillhör Bottenvikens dräneringsområde.

Alla data som användes i denna rapport är allmänt tillgängliga via internet. Använda databaser är:

- databanken för vattenkemi från SLUs hemsida (institutionen för vatten och miljö) för svenska älvarnas vattenkemidata
- SMHIs vattenweb för flödesdata av svenska älvarna
- HERRTA för vattenkemidata och flödesdata av finska älvarna

Bottenvikens avrinningsområde

Bottenvikens avrinningsområde omfattar ca 243.671 km² därav befinner sig 53% (128.907 km²) på svensk mark, 47% (113.709 km²) på finsk mark och mindre än 1% (1055 km²) i Norge. Den väst-östliga utsträckning räcker därmed från den norsk-svenska gränsen till den finsk-ryska gränsen och de nordligaste delar sträcker sig till latituderna 68°-69° N i norr. Den sydliga begränsning är olika definierad. I HELCOM rapporterna räknas det nordliga Kvarkenområdet till Bottenviken medans t.ex. i det svensk finska samarbetsprojekt "Bottenviken life" dras gränsen vid Umeälven som mynnar i den sydliga delen av Kvarken.



Figur 1. Bottenvikens avrinningsområdet. Siffrorna anger huvudavrinningsområden (Tabell 1).

HARO

Enligt SMHI och finska Statens miljöförvaltnings webbtjänst finns 36 Huvudavrinningsområden (HARO) omkring Bottenviken. Via dessa HAROs når årligen 91,6 km³ eller 2905 m³/s vatten Bottenviken, där följande älvar är mest betydelsefulla: Kemijoki, Torneälven, Luleälven, Oulujoki, Kalixälven, Iijoki, Skellefteälven och Piteälven (Tabell 1). Tillsammans bidrar de med 86% av avrinningen till Bottenviken.

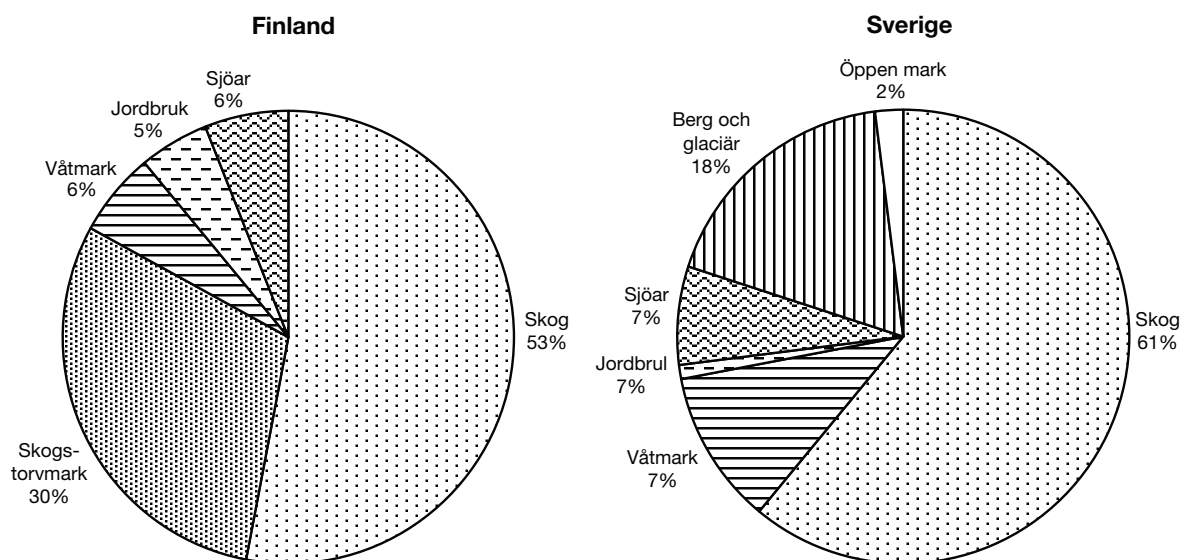
Tabell 1. Huvudavrinningsområden till Bottenviken.

HARO Nr	Vattendrag	Avrinnings- område (km ²)	Medelvatten- föring (m ³ /s)	Andel vatten till Bottenviken (%)	Sjöandel (%)
	Sverige				
1	Torneälven	40157	406,9	14,00	4,9
2	Keräsjoki	427	4,5	0,15	2,5
3	Sangisälven	1230	3,9	0,14	6,4
4	Kalixälven	18130	288,8	9,90	3,6
5	Töreälven	449	4,6	0,16	3,0
6	Vitån	519	5,3	0,18	6,5
7	Råneälven	4207	41,8	1,44	4,2
8	Altersundet	403	3,7	0,13	6,0
9	Luleälven	25263	497,7	17,10	9,4
10	Alån	593	6,1	0,21	6,0
11	Rosån	197	1,8	0,06	3,8
12	Alterälven	459	4,5	0,15	4,0
13	Piteälven	11285	156,9	5,40	8,3
14	Lillpitälven	619	6,5	0,22	5,6
15	Rökån	229	2,4	0,08	1,6
16	Jävreån	196	1,8	0,06	7,5
17	Åbyälven	1344	14,5	0,50	5,5
18	Byskeälven	3662	35,1	1,20	6,6
19	Kågeälven	909	9,0	0,31	3,1
20	Skellefteälven	11731	165,0	5,68	14,7
21	Bureälven	1046	10,9	0,38	6,7
22	Mångbyån	219	2,2	0,08	9,4
23	Kålabodaån	506	5,7	0,20	1,4
24	Rickleån	1649	16,0	0,55	9,4
25	Dalkarlsån	347	3,9	0,13	1,5
kust	1/2 – 24/25	3135	-	-	-
	Finland				
65	Kemijoki	51127	540,6	18,60	2,9
64	Simojoki	3160	42,7	1,47	0,7
61	Iijoki	14191	172,4	5,94	5,8
59	Oulujoki	22841	267,5	9,20	11,4
57	Siikajoki	4318	42,3	1,46	1,5
54	Pyhäjoki	3712	29,1	1,00	5,7
53	Kalajoki	4247	32,9	1,13	1,8
51	Lestijoki	1372	11,4	0,39	6,0
49	Perhonjoki	2550	20,6	0,71	3,0
47	Ähtäväjoki	2054	14,4	0,50	9,8
44	Lapuanjoki	4137	31,3	1,08	2,8

Det finns stora älvar på svenska sidan och i norra Finlands avrinningsområde. I södra delen av finska avrinningsområdet finns bara mindre älvar vilka har en liten sjöandel. Sjöandelen i hela avrinningsområdet gör upp 6-7%, därav är bara få sjöar stora, till exempel Inari, Torneträsket, Akkajaure och Hornavan.

MARKTYP OCH JORDART

Skog är dominerande med mer än 60% i Sverige och mer än 80% i Finland (varav 30% skog växer på torvmark). Sverige har också stora delar med fjäll och myrmark (Figur 2). Andelen av jordbruk utgör bara 1% av Sveriges andel av avrinningsområdet medan Finland har en andel på 5%. Jordbruksmarken ligger i söder och påverkar de mindre älvarna.



Figur 2. Procentuell fördelning av marktyper i Bottenvikens avrinningsområdet.

Vittringen av metaller sker främst i dräneringsområdets jordarter. Man kan dela upp svenska delen av Bottenvikens avrinningsområde i fyra jordartsområden: Norra Norrlands kust med berg-, myr och sedimentområden, kalfjällområdet, norra Norrlands morän- och myrområde och södra/mellersta Norrlands inlands morän- och myrområdet. Finska sidan är dominerad av morän och torv. Längs kusten finns dock stora arealer med marina avlagringar. I norr finns hållmark.

Morän är en osorterad bergart som kan innehålla allt från block till ler i varierande mängder. Kornstorleksammansättningen beror bland annat på transportsträckan, vilka bergarter ingår och eventuell blandning med äldre sediment. Därför kan man inte säga vilka metaller som huvudsakligen kommer från moränmark. Moränmaterialet kan vara transporterad långa sträckor kan därför avvika från den kemiska sammansättningen som den underliggande berggrunden har.

Isälvs sediment är avsatta av smältvatten från inlandsisen. Vattnet har transporterat och sorterat kornstorlekar från mo till block. Materialet är vanligt avrundat. Som morän kan materialet ha sammansättningar som skiljer sig från berggrunden.

Torv bildas av ofullständigt nerbrutna växtdelar. Torv bildas i myrar. Om myrarna får sitt vatten bara från nederbörden har de ofta ett lågt pH. Myrar som är påverkade av grundvatten återspeglar

den kemiska sammansättning på den lokala geologin. Vid kraftiga regn eller snösmältning rinner nederbörden av som ytvatten.

Sulfdjordar har avsatts i Bottenviken men har lyfts upp på land via landhöjningen och påverkar starkt geokemin i de kustnära älvarna (se nedan). När vattenmättade sulfidlera torkar ut börjar sulfiderna att oxidera. Under vittringen frisätts spårmetaller och svavelsyra. Det kan leda till försurning av hela vattendragen för korta tider. Tidigare svårösliga spårmetaller mobiliseras. De kan då enkelt transporteras med vatten (stigande grundvatten eller regn) till närmaste vattendrag. Påverkan av sulfdjordar är ännu utpräglad på finska sidan där flertalet vattendrag är kustnära, speciellt i de södra delarna av avrinningsområdet.

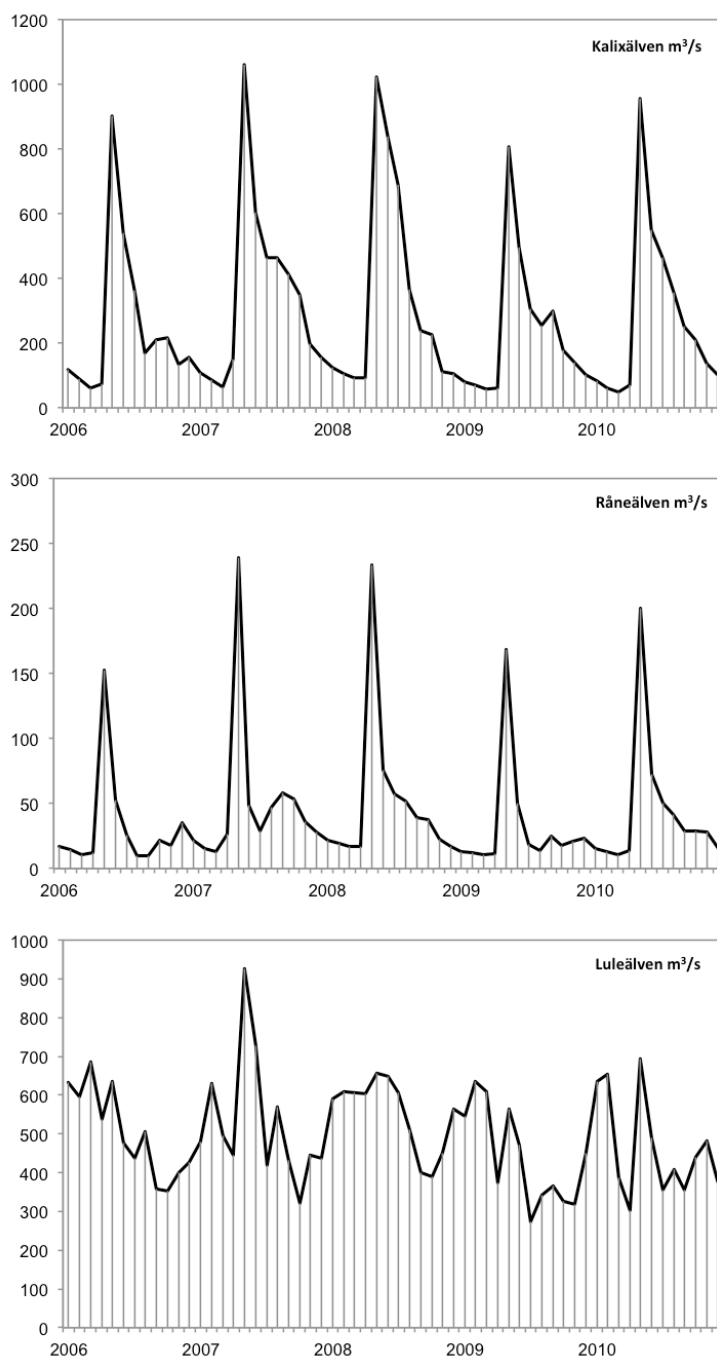
Hydrologi

Nederbörden ligger mellan 500 och 700 mm per år i kust- och skogslandet, i fjällen kan det vara i särskilda områden mer än 2000 mm per år men vanligt är 800 -1400 mm per år på svenska sidan (uppskattad årsnederbörds medelvärde för den av WMO definierade normalperioden 1961-1990, SMHI). Nederbörden i norra Finland och på kusten kan vara mindre än 500 mm per år men går upp till 650 mm per år mot ryska gränsen (Referensperiod 1971-2000). I fjällen är 45 till mer än 50% av nederbörden snö, i kustområdet är det bara mellan 35 och 40%, i skogslandet 40 -45%. Avdunstningen i avrinningsområdet blir mindre från Finland (300-400 mm per år) mot NW till fjällen (150-250 mm per år). Kalla temperaturer orsakar låg avdunstning och därmed större avrinning. Avrinningens medelvärde i kust- och skogslandet är mellan 200 och 500 mm per år och i fjälltrakten delvis mer än 1200 mm per år.

Man kan dela upp älvarna i Bottenvikens dräneringsområde i tre kategorier, fjällälvar, skogsälvar och kustnära älvar och åar. Fjällälvar har sina ursprung i fjällen medan skogsälvar har hela sitt avrinningsområde i skogslandet. Exempel på korta kustnära vattendrag är Sangisälven och Rosån. Dessa avvattnar Holocena sediment som avsatts i Bottenviken och nu via landhöjningen vittrar på land. Torneälven, Kalixälven, Luleälven, Piteälven och Skellefteälven är fjällälvar. Dessa har under vårfloden hög vattenföring pga. snösmältning i skogs- och kustlandet. När snön i fjällområdena smälter stiger vattenståndet igen under den så kallade 'fjällfloden'.

Figur 3 visar vattenföring för tre olika älvar. Kalixälven och Luleälven är fjällälvar, men Luleälven är stark reglerad och visar inte tydliga flödesökningar under vårfloden. Råneälven är en skogsälv. Skogsälvar är mindre än fjällälvarna och deras vattenföring ökar snabbt under vårfloden och avtar sedan under sommaren. Kraftig regn kan dock orsaka ökad vattenföring även under sommar och höst. I figur 3 kan man vidare se att floden i Kalixälven sjunker långsammare än i Råneälven. Det beror på 'fjällfloden' som kommer efter vårfloden och orsakar ökad vattenföring. Fjällfloden är ofta klart markerad om snön i skogslandet snabbt smälter bort.

Figur 4 visar vattenföring under ett år för tolv svenska älvar. Man ser tydligt att skogsälvarnas vattenföring är låg jämfört med fjällälvarna. Lule och Skellefteälven visar en liten flödesökning undervårfloden men har för övrigt en nästan jämnt flöde som varierar bara lite. De andra fjällälvarna har en karakteristisk kurva med en hög flödestopp under vårfloden och sedan långsammare avtagande vattenföring på grund av snösmältningen i fjällen. De reglerade älvarna har en hög andel konstgjorda sjöar, reservoarer, vilket starkt påverkar geokemin i dessa vattendrag.



Figur 3. Vattenföring under tidsperioden 2006-2010 i Kalixälven, Råneälven och Luleälven. Skillnader mellan fjällälv, skogsälv och reglerad älv.

Fyra älvar i Bottenvikens avrinningsområdet är starkt påverkade av vattenkraft, på svenska sidan är det Luleälven och Skellefteälven och på finska sidan är det Kemijoki och Oulujoki (Fig. 5 och 6). Vidare finns vattenkraftverk i Piteälven och Iijoki. Ytterligare vattenkraftverk finns i de mindre älvarna på finska sidan (utan Simojoki) som är inte behandlas i denna rapport.

Bara Luleälvens vattenkraft utgör mer än 10% av elproduktionen i Sverige. Luleälvens första vattenkraftverk i Porjus invigdes 1914 och även blev mer eller mindre kontinuerligt utbyggd till slutet av 40talet.

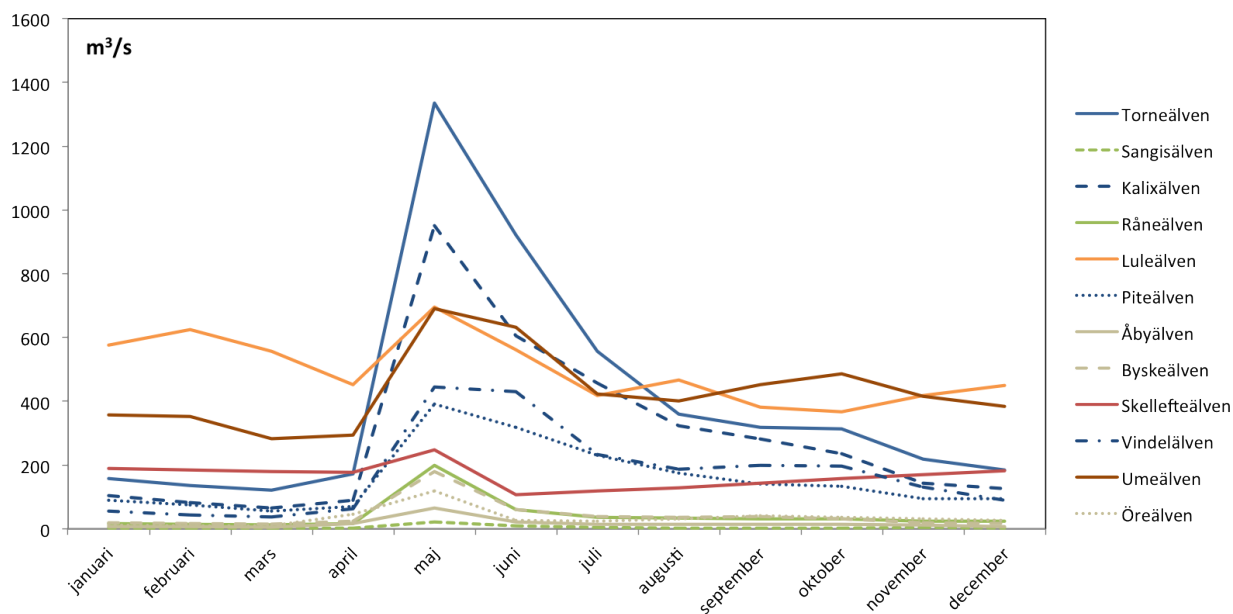
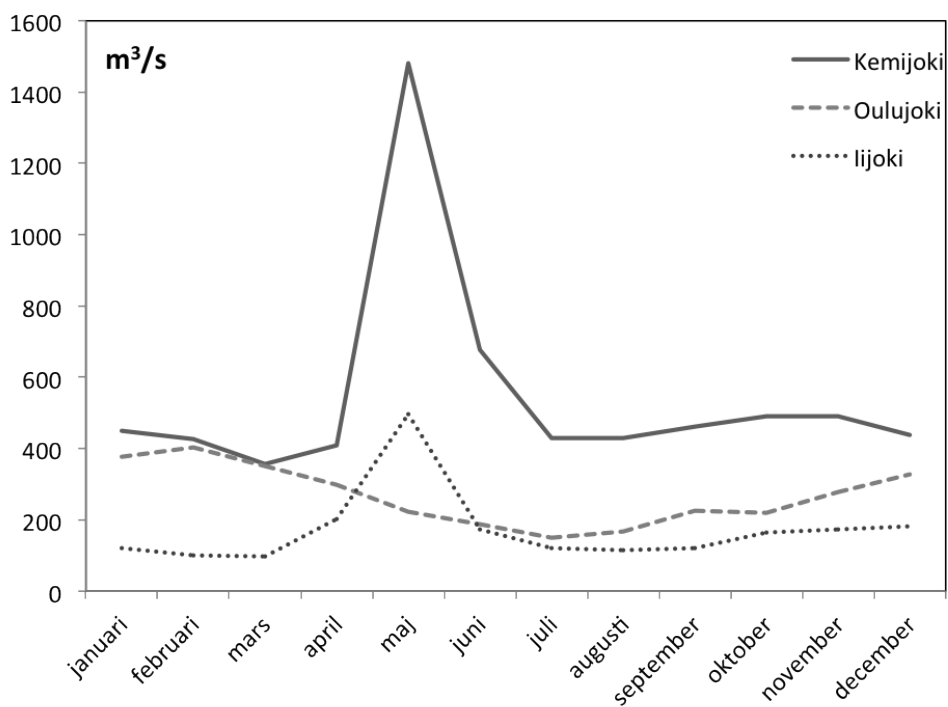


Figure 4. Medelvattenföring per månad under perioden 2006-2010, svenska älvar. Skogsälvar har gröna färgar, fjällälvar blåa och reglerade älvar är i rött och orange.

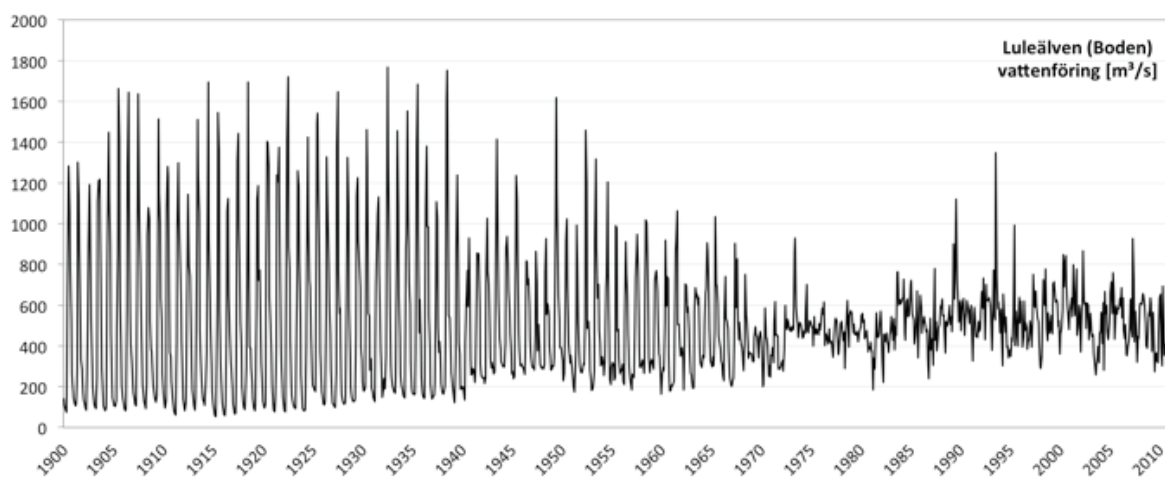


Figur 5. Medelvattenföring per månad under perioden 2006-2010, finska älvar.



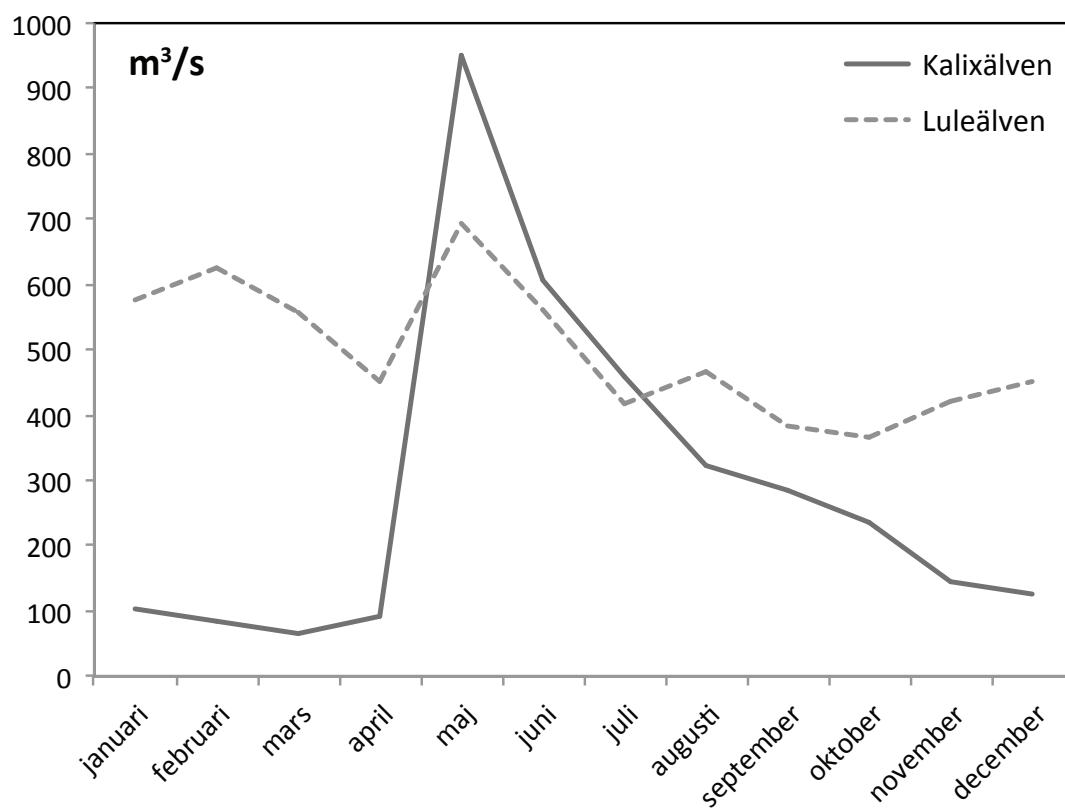
Figur 6. Vattenkraftverk i Bottenvikens avrinningsområde.

I figur 7 kan man tydligt se två förändringar i Luleälvens vattenföring i Boden. Första stora förändringen var på 40-talet. I början av 70-talet förändrades vattenföringen markant. Många nya kraftverk byggdes under denna tid.



Figur 7. Luleälvens vattenföring från 1900 till 2010 uppmätt i Boden.

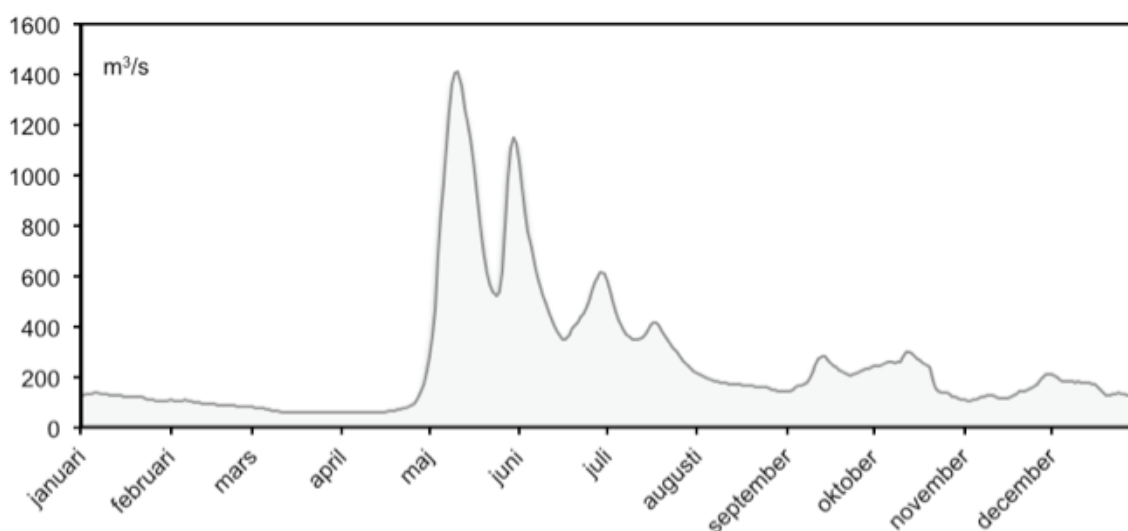
Luleälven har ett mer eller mindre jämnt flöde året om. Vårfloden syns dock. Kalixälven visar en typisk profil för en fjällälv med lågt flöde under vintertiden och en utpräglad vårflod i maj (Figure 8).



Figur 8. Jämförelse mellan Lule och Kalixälvens vattenföring under ett år.

Datakvalitet

Kalixälven är väl undersökt och används därför som referenssystem för att bedöma datakvaliteten på monitoringdata i denna studie. Kalix älvens avrinningsområde omfattar 18130 km³. Cirka 60% är skogsareal. Sjöar utgör 4%. Ungefär 20% är våtmark och ca 15% är öppet mark och fjäll. Mindre än 2% användas för jordbruk eller är bebyggt. Kalixälven med sina biflöden är inte påverkade av vattenkraft. Det finns bara några gamla flottningsdammar. Deras status och dämmande effekt är inte vidare känt. Medelvattenföring vid mynningen i Bottenviken är 294 m³ per sekund. Vattenföringen i Kalixälven domineras av vårflod i maj, som har sitt ursprung i snösmältningen i skogsländet, och sedan snösmältningen i fjällen, som kulminera i juni och juli (Figur 9). Från januari till april sjunker flödet ned under 100 m³/s. Denna period är följd av vårfloden, där avrinningen på några veckor når upp till flöden runt 1500 m³/s i maj.

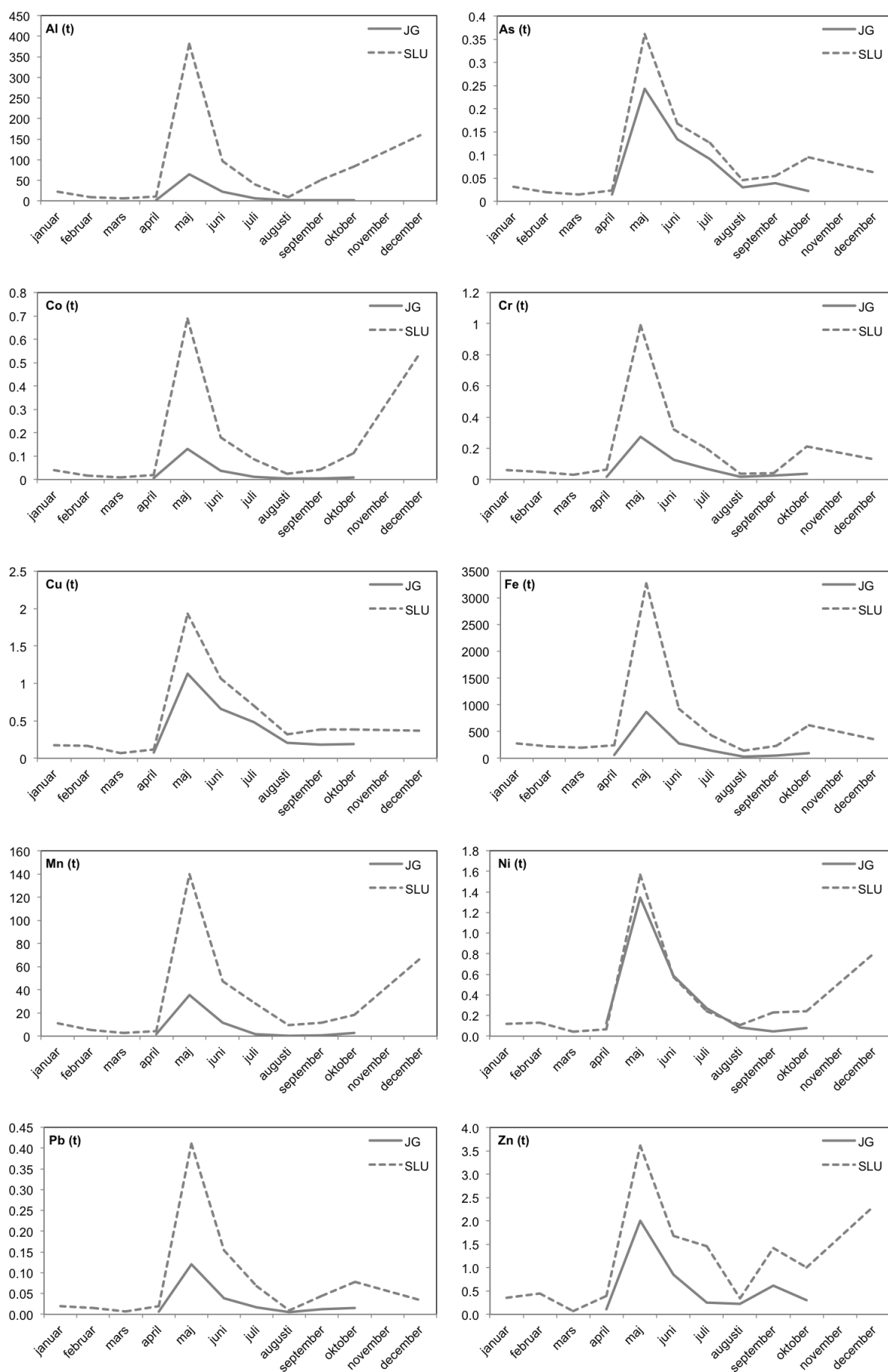


Figur 9. Vattenföringen i Kalixälven 2006.

En sammanfattande granskning av monitoringdata visas i figur 10 och tabell 2. Tabellen visar några av problemen med dagens monitoringsystem. I sammanställningen visas SLU totalhaltsdata under ett år i Kalixälvens jämfört med 0.22µm filtrerade halter (forskningsdata, LTU, från april till oktober).

Metaller förekommer för det mesta i låga halter i naturliga vatten. Det betyder att proven är känsliga för kontamination. Kontamination i monitoringdata är dock svårt att upptäcka eftersom data är baserade på ofiltrerade prov. Provet syresätts och analyseras, vilket kallas för totalanalys, även om vissa partiklar inte helt löser sig med syrabehandlingen. Eftersom mängden partiklar kan öka och minska beroende på flödes hastigheten på vattnet kan totalhalterna ”hoppa” jämfört med filtrerade prover.

Zinkvärdena i monitoringdata verkar överlag för höga. Zink borde som As, Cu och Ni transporteras till största delen i löst fas. Nu ligger data konstant mycket över den lösta halten. Vissa metaller ligger nära eller under detektionsgränsen för den analysteknik som valts. Monitoringdata har uppenbarligen problem med detektionsgränsen när det gäller kadmium. Monitoringdata visar samma halt under nästan hela året (Tabell 2). Medelvärden för flera år visar dock variationer (se nedan). Enstaka värden kan vara kontaminerade.



Figur 10. Jämförelse mellan löst fas (<0,22 µm, JG) och totalhalter (SLU) i Kalixälven.

Tabell 2. Filtreade och ofiltrerade metallhalter i Kalixälven.

JG (µg/l)	Al	As	Cd	Co	Cr	Cu	Fe	Mn	Ni	Pb	Zn
januari											
februari											
mars											
april	7.06	0.08	0.010	0.025	0.09	0.38	301	7.5	0.63	0.03	0.53
maj	26.61	0.10	0.023	0.054	0.11	0.47	357	14.6	0.56	0.05	0.83
juni	15.96	0.10	0.007	0.026	0.09	0.47	194	8.1	0.42	0.03	0.60
juli	6.45	0.09	0.004	0.010	0.07	0.49	142	1.9	0.28	0.02	0.25
augusti	2.43	0.07	0.009	0.009	0.03	0.45	62	0.5	0.18	0.01	0.50
september	2.62	0.07	0.030	0.007	0.04	0.33	97	0.9	0.08	0.02	1.12
oktober	4.26	0.04	0.001	0.016	0.06	0.34	175	4.7	0.14	0.03	0.53
november											
december											

SLU (µg/l)	Al	As	Cd	Co	Cr	Cu	Fe	Mn	Ni	Pb	Zn
januari	70	0.1	0.020	0.128	0.18	0.54	880	35	0.37	0.06	1.10
februari	43	0.09	0.005	0.073	0.22	0.74	980	23	0.58	0.07	2.00
mars	36	0.09	0.005	0.053	0.18	0.41	1210	16	0.25	0.04	0.40
april	54	0.12	0.005	0.098	0.33	0.6	1226	21	0.35	0.10	2.00
maj	158	0.15	0.005	0.285	0.41	0.8	1358	58	0.65	0.17	1.50
juni	69	0.12	0.005	0.129	0.23	0.76	658	34	0.41	0.11	1.20
juli	41	0.13	0.005	0.088	0.2	0.72	430	29	0.25	0.07	1.50
augusti	21	0.1	0.003	0.056	0.08	0.71	310	21	0.24	0.02	0.76
september	95	0.1	0.006	0.078	0.07	0.7	410	21	0.42	0.08	2.60
oktober	150	0.17	0.005	0.199	0.38	0.69	1100	33	0.43	0.14	1.80
november											
december	380	0.15	0.020	1.29	0.31	0.87	860	160	1.90	0.08	5.50

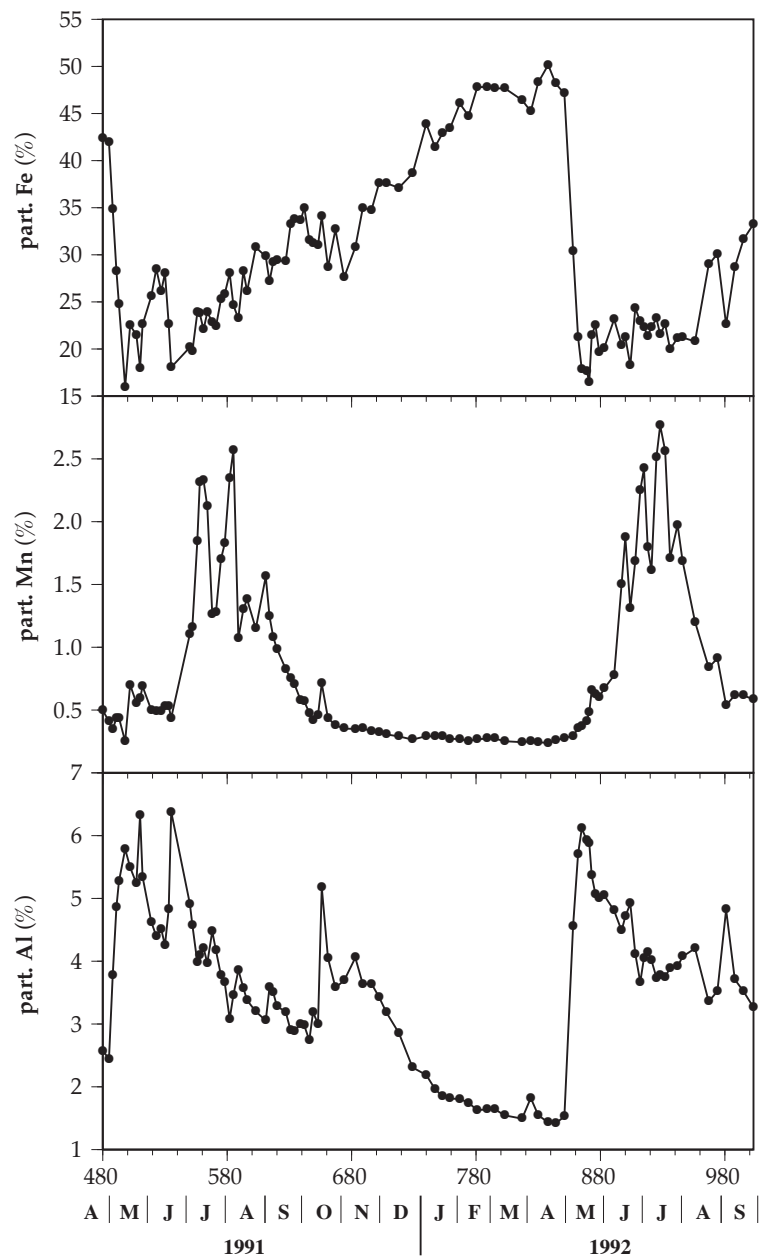
JG = filtrerade prov < 0.2 µm. SLU = Totalhalter från monitoringprogrammet.

En jämförelse mellan totalhalter och filtrerade prover ger en indikation på betydelsen av partikeltransporten för varje spårmetall. Arsenikhalterna, koppar och nickel stämmer bra överens mellan filtrerade prov och monitoringdata (Figur 10). Detta antyder att dessa grundämnen transporteras övervägande i löst fas (80-90% i löst fas). Mangan (Tabell 2) illustrerar hur filtrerade prov kan påvisa förändringar i fördelningen mellan löst och fast fas, vilket inte totalanalysen kan göra. Den lösta manganhalten sjunker under sommaren i Kalixälven beroende på oxidation och bildning av manganpartiklar. Totalhaltsdata visar däremot inga större förändringar under sommaren.

De flesta spårmetaller transporteras till stor del med partiklar. Merparten av spårmetallerna kommer därför att sedimentera förr eller senare. Partiklarnas sammansättning är därför viktig för att tolka sedimentdata och för att förstå biotillgängligheten för spårmetallerna. Det är fyra viktiga transportörer av partikulärt bundna spårmetaller till Bottenviken. Organiskt material, järnoxidhydroxider, manganoxidhydroxider och mekaniskt vittrade bergartsfragment. Järn, aluminium och mangan visar de högsta halterna av de analyserade spårmetallerna. Mätningar i Kalixälven under en hel årscykel visar att 77% av aluminium transporteras som partiklar. För järn är siffran 43% och för mangan 48%. Dessa transportörer dominerar vid olika tider i de större älvarna. Figur 11 visar att järnoxidhydroxider dominerar den suspenderade fasen under vintern medan manganox-

id-hydroxider är anrikat under sommaren. Under vårfloden blandas bergartsfragment, detritala partiklar, organiskt material och Fe-Mn oxidhydroxider vilket ger höga värden just under vårfloden.

I motsats till olika huvudelement så stiger halten av samtliga mätta spårmetaller under vårfloden. Detta betyder att det finns specifika källor för spårmetallerna under vårflödet. En uppenbar källa är resuspenderade sediment partiklar med associerade spårmetaller. Vidare kan myrvatten vara en källa för flera spårmetaller. Den bäcknära zonen är en tredje källa. Dessa samverkar under vårflödet och orsakar höga koncentrationer under vårfloden trots spädning från smältvatten.



Figur 11. Årstidsbundna variationer i transporten av partikulärt ($>0.2\mu\text{m}$) järn, mangan och aluminium i Kalixälven.

Sulfidjordar

Data från Persöfjärden, Rosån och Sangisälv, alla tre kustsystem, visar på betydelsen av vittringen av sediment som bildats i Bottenviken för transport av spårmetaller. När dessa sediment vittrar ökar halterna av flera spårmetaller. Data från dessa vattendrag indikerar också de viktigaste bärarfaserna för varje spärelement. Persöfjärden är kraftigt anrikat på mangan medan Rosån är mera järnrik.

Tabell 3. Jämförelse av metallhalter i små vattendrag påverkade av sulfidjordar med fjällälvar (Kalixälven).

	Persöfjärden		Rosån		Sangis älv		Kalix älv	
	medel	min - max	medel	min - max	medel	min - max	medel	min - max
Al µg/l	328	140 - 500	819	660 - 1100	300	96 - 800	86	20 - 360
As µg/l	0.6	0.42 - 0.85	0.89	0.75 - 1.2	0.39	0.26 - 0.97	0.13	0.07 - 0.34
Cd ng/l	60	16 - 122	28	8 - 52	13	2.5 - 31	4	3 - 11
Co µg/l	4.41	1.1 - 10.7	1.67	0.35 - 3.62	0.58	0.19 - 1.57	0.17	0.04 - 0.73
Cr µg/l	0.36	0.15 - 0.82	0.68	0.6 - 0.81	0.64	0.37 - 1.1	0.23	0.11 - 0.96
Cu µg/l	1.46	1.0 - 2.0	2	1.6 - 2.4	1.13	0.6 - 3.6	0.59	1.6 - 2.4
Fe µg/l	2292	1300 - 4000	2456	1500 - 3800	2095	1400 - 3400	1083	640 - 3400
Mn µg/l	1594	440 - 3200	252	79 - 450	97	57 - 220	42	13 - 130
Ni µg/l	7.4	4.1 - 12.5	3.96	2.5 - 5.9	1.31	0.65 - 2.7	0.45	0.19 - 0.53
Pb µg/l	0.23	0.1 - 0.57	0.29	0.21 - 0.43	0.33	0.17 - 0.62	0.07	0.03 - 0.32
Zn µg/l	15.4	4.9 - 32	12	5.8 - 21	4.5	1.6 - 10	1.18	0.38 - 4.1
TOC mg/l	15.7	7.4 - 10.3	14.2	12.7 - 16.9	36	21 - 59	5.2	3.4 - 9.7
P tot µg/l	30	16 - 72	29	22 - 41	12	9.8 - 15.5	16	8.0 - 59

Tabell 4. Totaltranspot av metaller i Persöfjärden, Rosån och Sangis älv jämfört med Kalixälv.

ton per år	Al	As	Cd	Co	Cr	Cu	Fe	Mn	Ni	Pb	Zn	P	TOC
<i>Kalix älv</i>	1075	1.4	0.08	2.5	3	8.7	9985	477	6.6	1.7	26	180	55269
<i>Persöfjärden</i>	39	0.07	0.007	0.52	0.04	0.17	271	188	0.87	0.03	1.8	3.6	1085
<i>Rosån</i>	55	0.06	0.002	0.11	0.05	0.13	163	17	0.26	0.02	0.8	1.9	943
<i>Sangis älv</i>	76	0.32	0.005	0.07	0.17	0.35	464	18	0.31	0.12	1.4	8.2	4553

Tabell 5. Totaltranspot av metaller i Persöfjärden, Rosån och Sangis älv jämfört med Kalixälv.

kg/km³ per år	Al	As	Cd	Co	Cr	Cu	Fe	Mn	Ni	Pb	Zn	P	TOC
<i>Kalix älv</i>	44	0.06	0.002	0.09	0.12	0.30	554	21	0.23	0.04	0.6	8.3	2656
<i>Persöfjärden</i>	96	0.18	0.018	1.29	0.10	0.43	673	468	2.16	0.07	4.5	8.8	2693
<i>Rosån</i>	277	0.30	0.009	0.56	0.23	0.66	830	85	1.34	0.10	4.1	9.7	4793
<i>Sangis älv</i>	97	0.12	0.004	0.19	0.21	0.37	677	97	0.42	0.11	1.4	11	3869

Tabell 6. Säsongsvariation av metaller i Persöfjärden.

	Al µg/l	As µg/l	Cd ng/l	Co µg/l	Cr µg/l	Cu µg/l	Fe µg/l	Mn µg/l	Ni µg/l	Pb µg/l	Zn µg/l	P tot µg/l	TOC mg/l
<i>Persöfjärden</i>													
<i>januari</i>	490	0.43	122	7.6	0.31	1.2	1700	2400	11	0.11	32	16	9.5
<i>februari</i>	400	0.42	119	8.9	0.27	2	2000	3000	12	0.1	31	18	9.7
<i>mars</i>	360	0.54	98	10.7	0.29	1.6	4000	3200	12.5	0.12	30.5	19	8.9
<i>april</i>	310	0.55	73	7.8	0.33	1.2	3600	2900	9.4	0.16	24	25	9.3
<i>maj</i>	470	0.50	51	4.5	0.41	1.4	2533	1533	6.9	0.18	16.7	38	10.3
<i>juni</i>	363	0.70	44	3.8	0.51	1.7	1767	1120	7.3	0.31	12.7	39	8.4
<i>juli</i>	140	0.62	43	1.6	0.15	1.2	1300	1200	5.8	0.2	8.4	25	7.4
<i>augusti</i>	160	0.72	24	1.5	0.25	1	1800	1000	4.9	0.25	5.2	31	8.2
<i>september</i>	180	0.73	16	1.1	0.31	1.4	1800	560	4.5	0.27	4.9	27	8.8
<i>oktober</i>	500	0.85	22	1.4	0.82	1.9	3000	440	4.1	0.57	5.7	72	9.7
<i>november</i>	280	0.56	61	1.7	0.30	1.5	1900	670	4.7	0.26	6.5	23	9.7
<i>december</i>	280	0.58	48	2.3	0.32	1.4	2100	1100	5.3	0.24	7.4	28	10.2

Tabell 7. Säsongsvariation av metaller i Rosån.

Rosån	Al µg/l	As µg/l	Cd ng/l	Co µg/l	Cr µg/l	Cu µg/l	Fe µg/l	Mn µg/l	Ni µg/l	Pb µg/l	Zn µg/l	P tot µg/l	TOC mg/l
<i>januari</i>	1100	0.76	52	3.6	0.72	2	1700	450	5.9	0.24	21	22	12.7
<i>februari</i>	830	0.88	34	2.5	0.64	1.9	2400	360	4.2	0.31	13	28	13.2
<i>mars</i>	660	0.98	23	1.7	0.6	1.6	2000	330	3.1	0.34	9	30	13.7
<i>april</i>	673	0.86	30	2.1	0.62	1.8	2367	323	3.5	0.3	11.6	41	13.3
<i>maj</i>	850	0.75	44	2.1	0.71	2.2	1500	230	3.8	0.21	14.7	27	16.8
<i>juni</i>	805	0.90	28	1.6	0.74	2.1	2000	200	4.0	0.26	11.4	23	14.1
<i>juli</i>	860	0.87	20	0.4	0.63	2.4	2800	96	3.3	0.28	12	25	13.4
<i>augusti</i>	720	0.86	16	0.4	0.6	2	3100	100	2.9	0.29	6.6	30	14.2
<i>september</i>	730	0.99	8	0.6	0.67	2	3200	90	3.2	0.31	5.8	30	13.7
<i>oktober</i>	770	1.2	15	0.7	0.81	2.1	3800	79	3.1	0.43	7.3	37	16.9
<i>november</i>	940	0.78	32	2.1	0.65	1.6	2300	380	5.1	0.23	15	27	13.4
<i>december</i>	890	0.9	34	2.2	0.72	1.8	2300	380	5.6	0.25	17	26	14.8

Tabell 8. Säsongsvariation av metaller i Sangisälven.

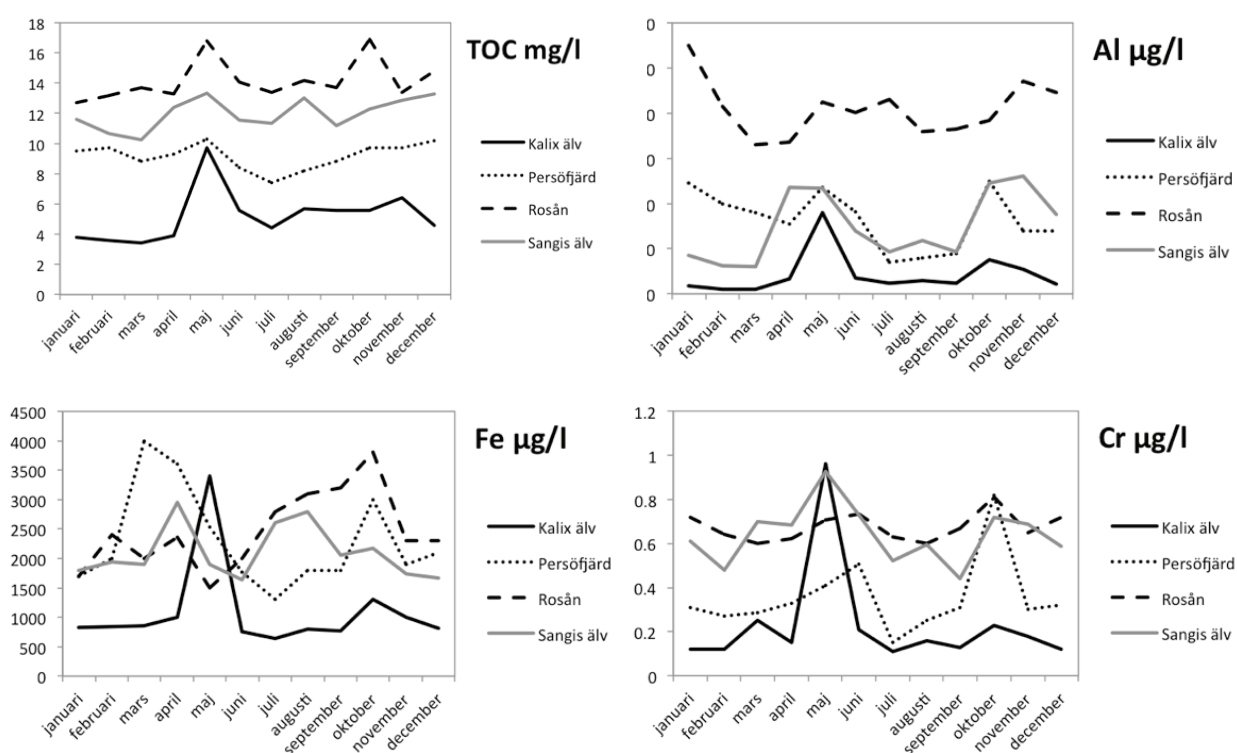
Sangis älv	Al µg/l	As µg/l	Cd ng/l	Co µg/l	Cr µg/l	Cu µg/l	Fe µg/l	Mn µg/l	Ni µg/l	Pb µg/l	Zn µg/l	P tot µg/l	TOC mg/l
<i>januari</i>	170	0.29	8.0	0.35	0.61	0.74	1796	77	0.76	0.27	2.6	32	11.6
<i>februari</i>	126	0.27	7.5	0.23	0.48	0.70	1948	68	0.75	0.25	2.9	33	10.7
<i>mars</i>	120	0.28	2.5	0.26	0.70	0.71	1900	70	0.70	0.18	1.9	36	10.3
<i>april</i>	470	0.34	19.5	0.98	0.69	1.11	2950	133	1.75	0.31	6.2	50	12.4
<i>maj</i>	467	0.44	25.7	0.87	0.93	2.27	1900	114	1.70	0.41	7.5	37	13.3
<i>juni</i>	277	0.40	17.0	0.62	0.73	1.50	1633	93	1.50	0.40	6.1	28	11.6
<i>juli</i>	187	0.43	11.7	0.33	0.52	1.17	2600	69	1.07	0.39	4.3	43	11.4
<i>augusti</i>	235	0.57	10.2	0.49	0.59	1.36	2800	84	1.31	0.32	3.3	40	13.0
<i>september</i>	185	0.36	8.0	0.28	0.44	0.77	2050	67	0.97	0.38	2.1	36	11.2
<i>oktober</i>	490	0.45	16.0	0.93	0.72	1.16	2167	146	1.80	0.40	6.2	36	12.3
<i>november</i>	523	0.53	17.0	1.01	0.69	1.28	1733	147	1.97	0.40	6.7	27	12.9
<i>december</i>	350	0.28	13.3	0.59	0.59	0.85	1667	95	1.40	0.31	4.2	29	13.3

Tabell 9. Säsongsvariation av metaller i Kalixälv.

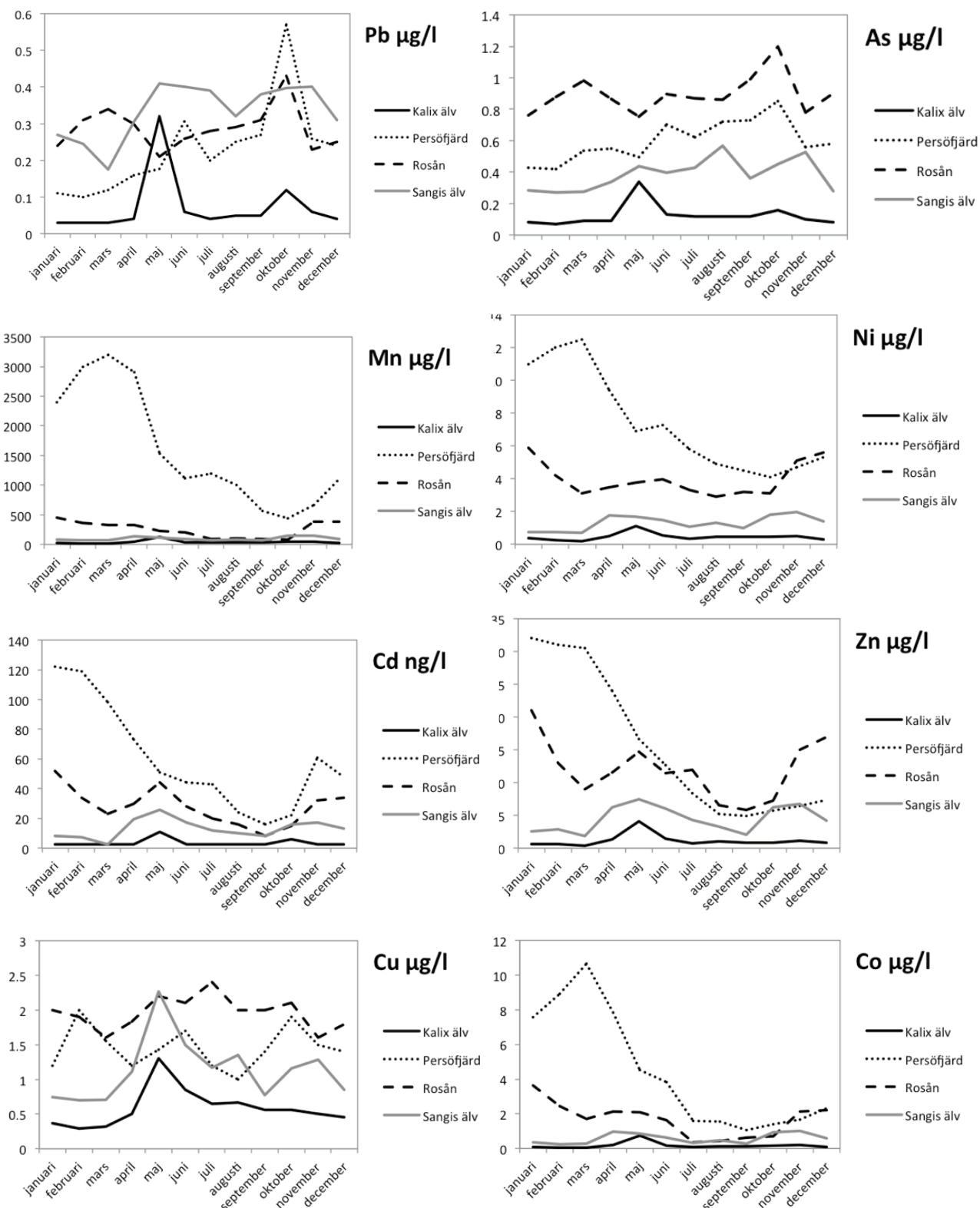
Kalix älv	Al µg/l	As µg/l	Cd ng/l	Co µg/l	Cr µg/l	Cu µg/l	Fe µg/l	Mn µg/l	Ni µg/l	Pb µg/l	Zn µg/l	P tot µg/l	TOC mg/l
<i>januari</i>	36	0.08	2.5	0.09	0.12	0.37	830	26	0.36	0.03	0.7	8	3.8
<i>februari</i>	21	0.07	2.5	0.04	0.12	0.29	840	14	0.27	0.03	0.7	9	3.6
<i>mars</i>	20	0.09	2.5	0.05	0.25	0.32	860	13	0.19	0.03	0.4	8	3.4
<i>april</i>	65	0.09	2.5	0.22	0.15	0.5	1000	44	0.5	0.04	1.4	11	3.9
<i>maj</i>	360	0.34	11.0	0.73	0.96	1.3	3400	130	1.1	0.32	4.1	59	9.7
<i>juni</i>	71	0.13	2.5	0.16	0.21	0.85	750	37	0.53	0.06	1.5	21	5.6
<i>juli</i>	47	0.12	2.5	0.10	0.11	0.65	640	39	0.32	0.04	0.7	12	4.4
<i>augusti</i>	58	0.12	2.5	0.11	0.16	0.67	800	33	0.46	0.05	1.0	13	5.7
<i>september</i>	48	0.12	2.5	0.14	0.13	0.56	770	38	0.44	0.05	0.8	10	5.6
<i>oktober</i>	150	0.16	6.0	0.17	0.23	0.56	1300	50	0.46	0.12	0.9	23	5.6
<i>november</i>	110	0.1	2.5	0.20	0.18	0.5	1000	51	0.5	0.06	1.2	10	6.4
<i>december</i>	44	0.08	2.5	0.08	0.12	0.46	810	25	0.31	0.04	0.9	10	4.6

Persöfjärden visar höga halter av mangan, kadmium, kobolt, nickel och zink. Orsaken till de extremt höga manganvärdena i Persöfjärden är inte klarlagt men en trolig orsak är upplösningen av järn-mangan konkretioner. Även om Persöfjärdens avrinningsområde utgör bara en bråkdel av Kalixälvens är transporterad mängden mangan nästan hälften av transporten i Kalixälven (Tabell 3, 4 och 5). Rosån däremot är mer anrikad på järn, aluminium, krom, arsenik och koppar. Höga halter av spårmetaller beror troligen på vittring av sulfidloror. Sangisälven visar höga halter av TOC och bly.

Kalixälven uppvisar högsta halterna under snösmältningen, medan kustvattendragen visar helt olika mönster (Figur 12). Persöfjärden visar sina högsta halter för mangan, nickel, kadmium, zink och kobolt under vintern.



Figur 12. Transporten av spårmetaller i små kustnära vattendrag under en årscykel.



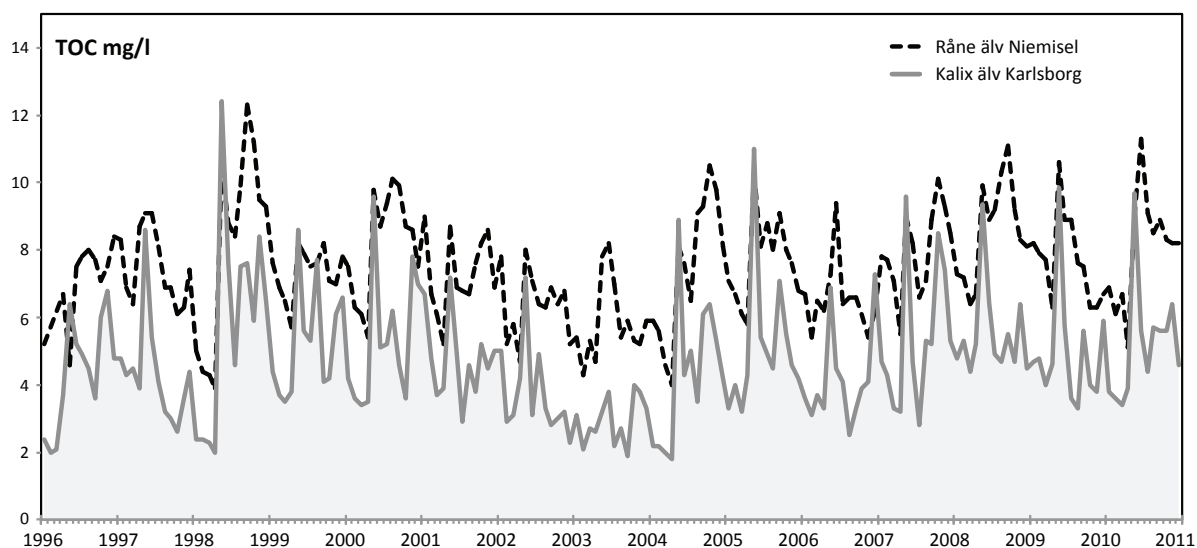
Figur 12. Forts.: Transporten av spårmetaller i små kustnära vattendrag under en årscykel.

Älvtransport till Bottenviken

Organiskt kol

Organiskt material är ofta den dominerade huvudkomponenten i både löst och suspenderat fas i vattendrag inom den boreala zonen. Lösta organiska kolloider fungerar som en viktig bärare för katjoner som t.ex. Al, Fe(III) –joner och andra spårmetaller. Generellt transportera älvar som avvattnar myrområden mest organiskt kol och fjällområden transporterar lägst organiskt kol.

Betraktar man totalhalten av organisk kol (TOC = total organic carbon, löst och partikulärt kol) kan man generellt konstatera att den är lägst under vintern när grundvattenflödet står för basflödet och att med vårflo den ökar den totala TOC mängden. Mest tydligt blir det för de oreglerade älvarna. När man ser på halterna TOC i mg/l blir skillnaden mellan skogsälvar, fjällälvar, reglerade och oreglerade älvar märkbar. Avrinningsområden som domineras av skogslandskap visar koncentrationer mellan 5 och 14 mg/l TOC medan fjällälvarna transporterar 3 till 10 mg/l (Figur 13). Den starkt utbyggda och reglerade Lule älv har låga halter, 2 till 5 mg/l.

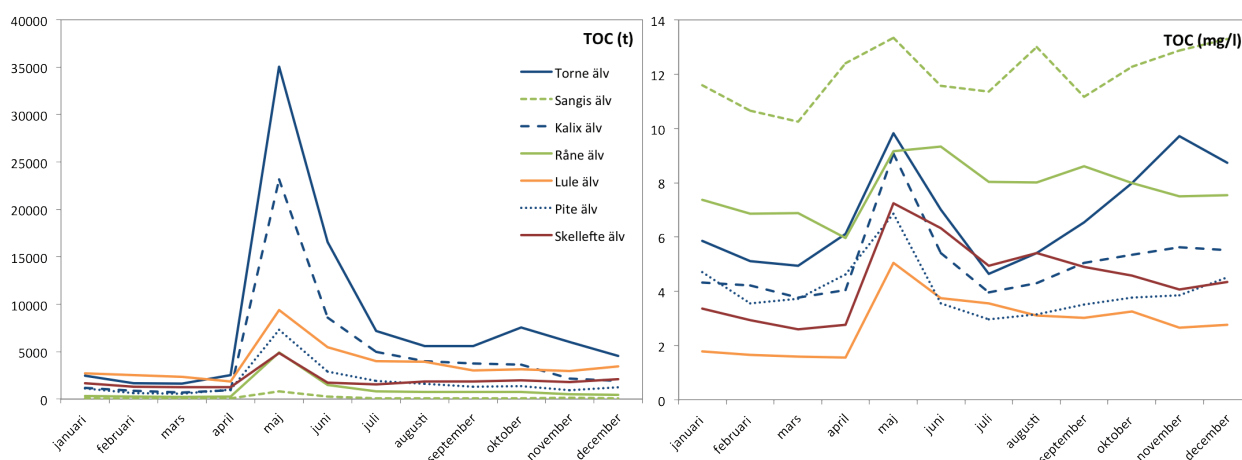


Figur 13. Transporten av organisk kol i Råne älv och Kalix älv.

Tabel 10. Medeltransporten av löst organiskt kol, per månad, under en 5-årsperiod (2006-2010).

TOC (t)	Torne älv	Sangis älv	Kalix älv	Råne älv	Lule älv	Pite älv	Åby älv	Byske älv	Skellefte älv
januari	2448	70	1194	351	2708	1129	107	233	1694
februari	1693	44	868	247	2530	628	79	182	1331
mars	1634	36	668	229	2363	549	86	185	1258
april	2536	51	914	246	1841	998	418	338	1268
maj	35027	789	23147	4910	9373	7277	1862	4378	4851
juni	16526	267	8615	1470	5485	2926	409	1361	1742
juli	7166	104	4994	802	4013	1908	251	630	1560
augusti	5592	82	4015	745	3912	1603	374	711	1827
september	5585	65	3755	755	3008	1285	320	781	1853
oktober	7550	91	3620	727	3158	1348	453	618	1950
november	5995	130	2145	508	2933	949	333	370	1791
december	4558	107	1897	467	3435	1247	188	275	2087
medelhalt	8026	153	4653	955	3730	1821	407	838	1934

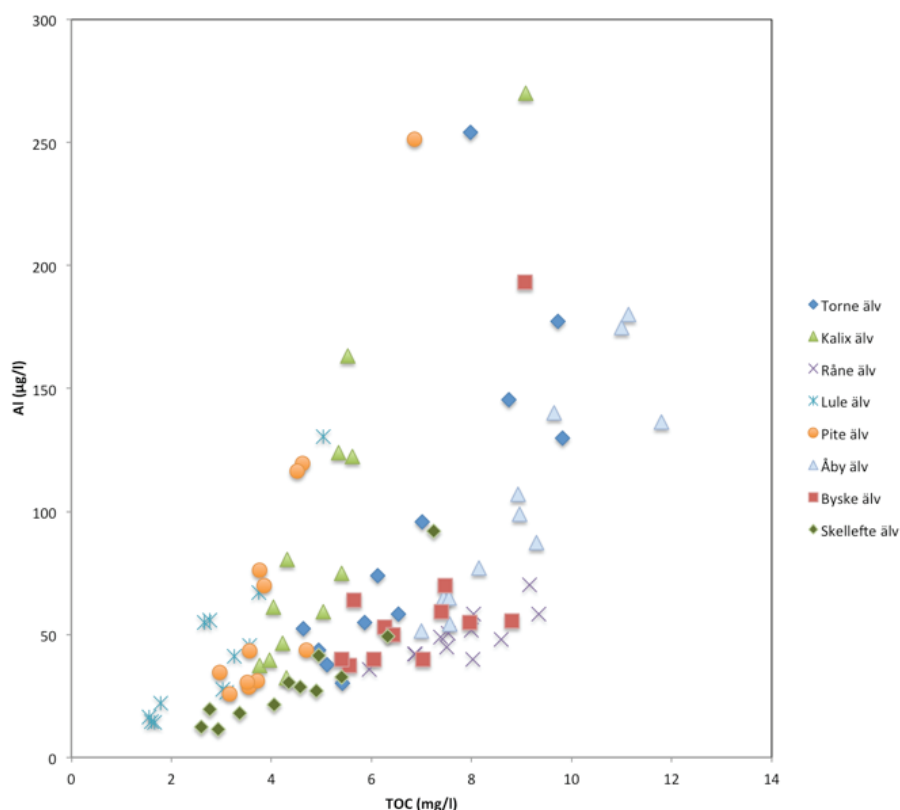
TOC (mg/l)	Torne älv	Sangis älv	Kalix älv	Råne älv	Lule älv	Pite älv	Åby älv	Byske älv	Skellefte älv
januari	5.9	11.6	4.3	7.4	1.8	4.7	8.2	6.1	3.4
februari	5.1	10.7	4.2	6.9	1.7	3.6	7.5	5.6	2.9
mars	4.9	10.3	3.8	6.9	1.6	3.7	7.6	5.4	2.6
april	6.1	12.4	4.0	6.0	1.6	4.6	9.7	5.7	2.8
maj	9.8	13.3	9.1	9.2	5.0	6.9	11.0	9.1	7.2
juni	7.0	11.6	5.4	9.3	3.7	3.6	7.6	8.8	6.3
juli	4.6	11.4	4.0	8.0	3.6	3.0	7.0	6.3	4.9
augusti	5.4	13.0	4.3	8.0	3.1	3.2	9.0	7.0	5.4
september	6.5	11.2	5.0	8.6	3.0	3.5	9.3	8.0	4.9
oktober	8.0	12.3	5.3	8.0	3.3	3.8	11.8	7.4	4.6
november	9.7	12.9	5.6	7.5	2.7	3.9	11.1	7.5	4.1
december	8.7	13.3	5.5	7.5	2.8	4.5	8.9	6.4	4.3
medelhalt	7	12	5	7.8	2.8	4.1	9	7	4.5



Figur 14. Transporten av organiskt kol under en årscykel. Värdena baserade på ett 5-årsmedelvärde (2006-2010).

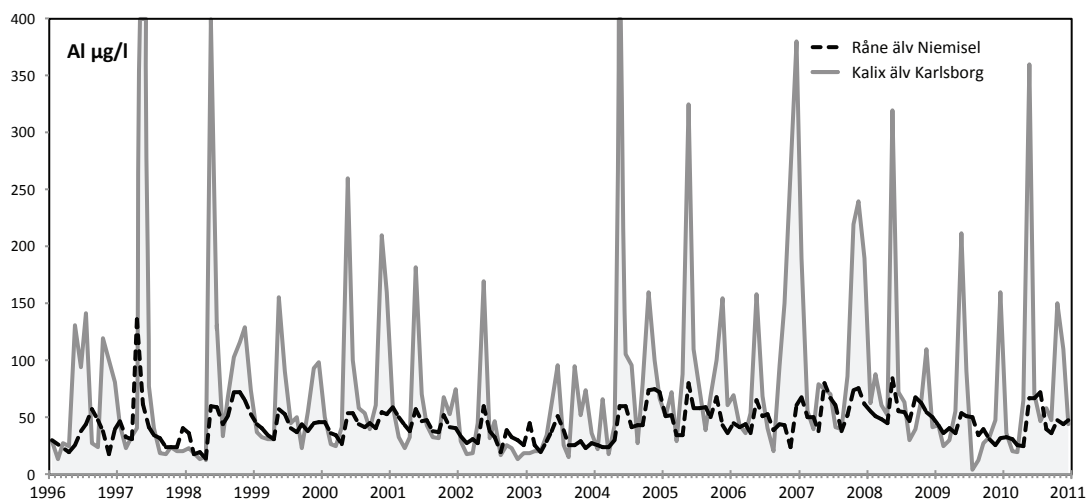
Aluminium

TOC och aluminium-data från samtliga älvar bildar en svag korrelation (Figur 15). Korrelationen gäller dock inte i varje enskild älv. Detta visar att aluminium transporteras också i bergartsfragment. Andelen bergartsfragment ökar vid flödesökningar. Aluminiumhalten återspeglar till största delen dessa resuspenderade detritala komponenter. De stora älvarna har störst kapacitet att transportera stora mängder särskilt under snösmältning men även under hösten ökar mängden



Figur 15. Sambandet mellan aluminium och löst organiskt kol.

Al i Torne och Kalix älv (Figur 16, Tabell 11). Sangisälven, Råne älv och Kalixälv ligger nära varandra men visar helt olika geokemi. Det beror främst på helt olika mängd transporterat organiskt kol. Det organiska kolet fungerar som komplexbindare och kan hålla speciellt järn och aluminium suspenderade i vattenmassan. Det är dock stor skillnad på halten av aluminium mellan Råne älv och Sangisälven. Detta beror troligen på att silikatmineral vittrar lättare när det finns sulfidlorer närvarande. Råneälv har liten transport av aluminium beroende på relativt lite detritala partiklar (fysiskt vittrade bergartsfragment). Detta illustreras av figur 16 som visar att resuspension av detritala partiklar är hög i Kalixälven vid vårfloden medan dessa förhöjda majvärden saknas i Råneälven.

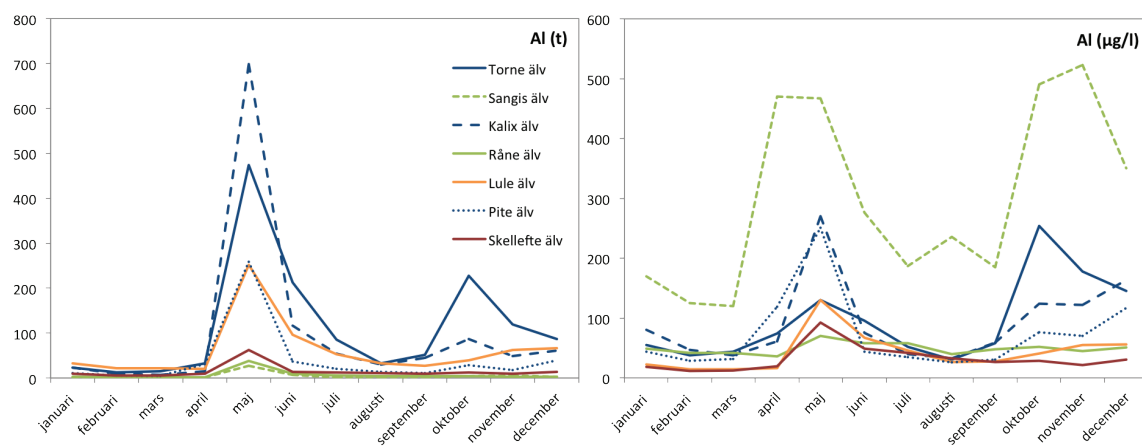


Figur 16. Transporten av aluminium i skogsälvar (exempel Råne älv) och fjällälvar (Kalix älv).

Tabel 11. Medeltransporten av aluminium, per månad, under en 5-årsperiod (2006-2010).

Al (t)	Torne älv	Sangis älv	Kalix älv	Råne älv	Lule älv	Pite älv	Åby älv	Byske älv	Skellefte älv
januari	23	1.0	23	2.4	32	11	1.0	1.5	9.1
februari	13	0.5	10	1.6	21	5.3	0.7	1.2	5.3
mars	15	0.4	7	1.4	22	4.9	0.7	1.4	6.0
april	32	2.1	15	1.5	20	31	6.0	3.7	9.5
maj	474	27	698	38	252	259	29	92	62
juni	213	6	117	9	97	37	3	9	14
juli	85	1.7	55	5.8	52	21	1.9	5.2	12.5
augusti	32	1.6	31	3.6	33	13	5.0	4.1	11.2
september	52	1.2	44	4.2	28	12	3.1	5.6	10.4
oktober	227	3.8	86	4.9	39	29	5.5	5.2	12.1
november	119	5.2	49	3.2	62	18	6.1	3.4	9.5
december	88	3.2	62	3.3	67	39	2.4	2.1	14.4
medelhalt	114	4.5	100	6.6	61	40	5.4	11	15

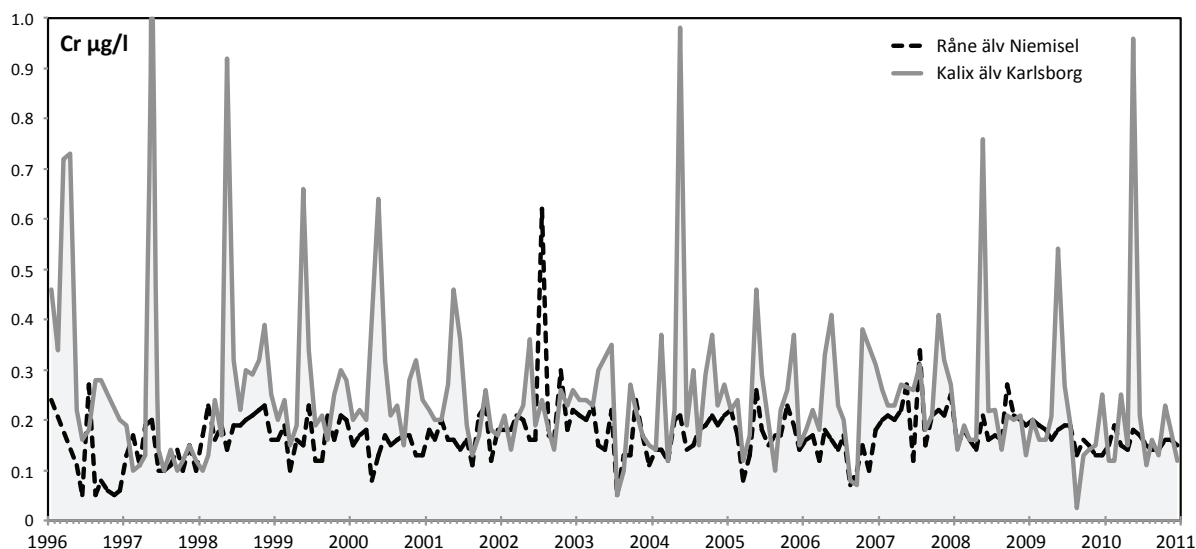
Al (µg/l)	Torne älv	Sangis älv	Kalix älv	Råne älv	Lule älv	Pite älv	Åby älv	Byske älv	Skellefte älv
januari	55	170	80	49	22	44	77	40	18
februari	38	126	47	42	14	29	65	38	12
mars	44	120	37	42	15	31	65	40	12
april	74	470	61	36	16	119	140	64	20
maj	130	467	270	70	130	251	175	193	92
juni	96	277	75	58	67	43	54	56	49
juli	52	187	40	58	45	35	51	53	42
augusti	30	235	32	40	27	26	99	40	33
september	58	185	59	48	28	31	87	55	27
oktober	254	490	124	52	41	76	136	59	29
november	177	523	122	45	55	70	180	70	22
december	145	350	163	51	56	116	107	50	31
medelhalt	96	300	93	49	43	73	103	63	32



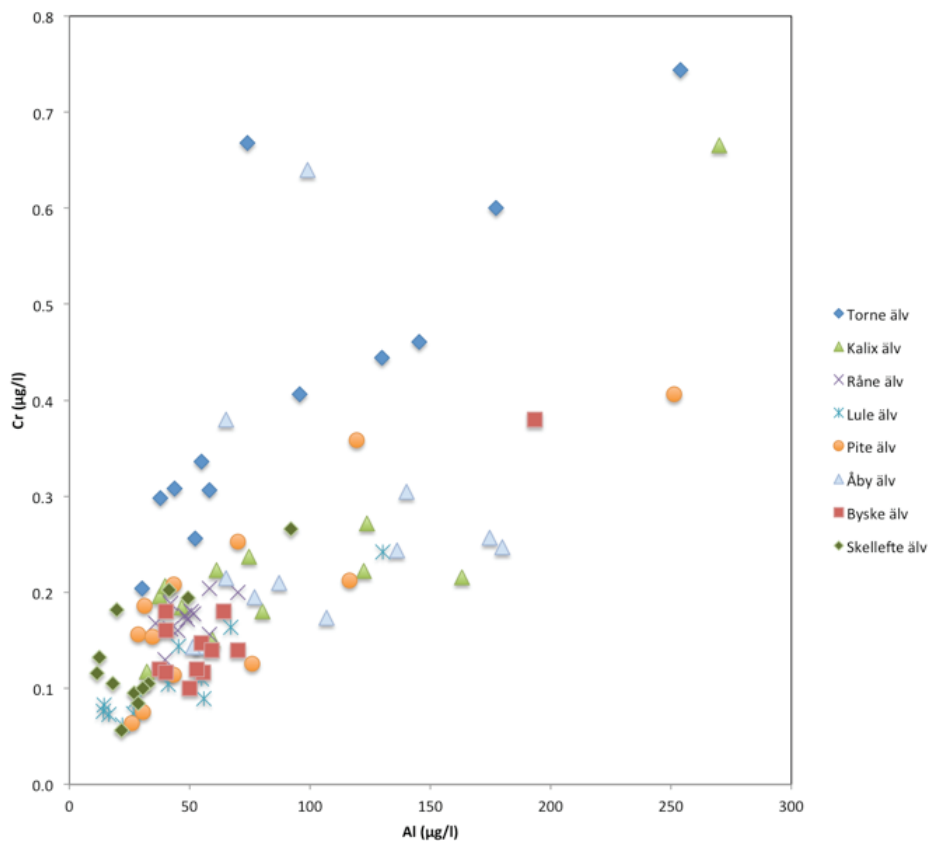
Figur 17. Transporten av aluminium under en årscykel. Värdena baserade på ett 5-årsmedelvärde (2006-2010).

Krom

Kromhalterna är högst i Sangisälven (Tabell 12). Kromhalterna regleras till stor del av mängden detritala partiklar (aluminiumhalten), vilket illustreras av figur 18 och 19. Transporterad mängd är högst under vårfloden särskilt i fjällälvarna Torne och Kalix älv följt av Lule- och Piteälven. Alla älvar utom Torneälven har de högsta halterna under vårfloden. Torneälven har sina högsta halter redan i april och sedan även högre i oktober och november. Halterna är förhöjda under hela vintertiden jämfört med andra älvarna. Orsaken till denna förhöjning är oklar.



Figur 18. Transporten av krom i Råne älv och Kalix älv.

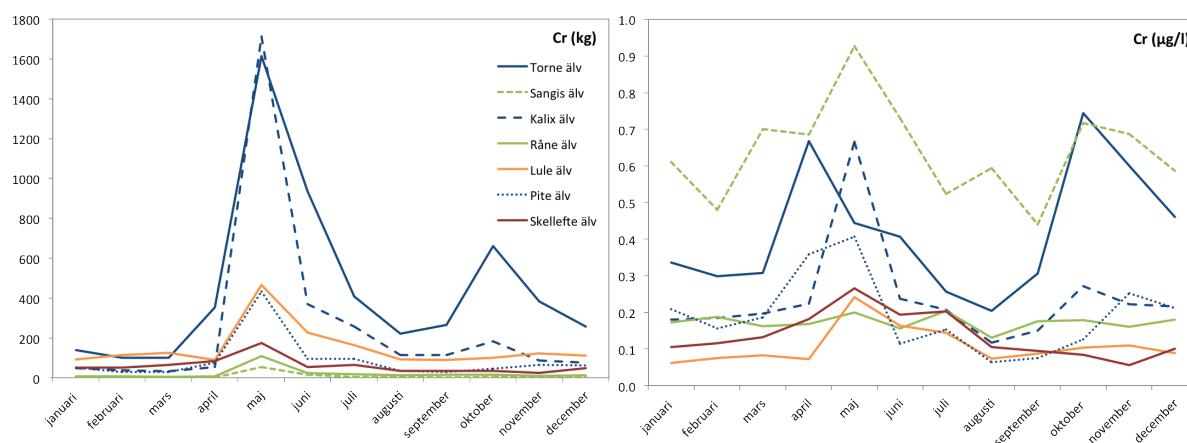


Figur 19. Sambandet mellan aluminium och krom.

Tabell 12. Medeltransporten av krom, per månad, under en 5-årsperiod (2006-2010).

Cr (kg)	Torne älv	Sangis älv	Kalix älv	Råne älv	Lule älv	Pite älv	Åby älv	Byske älv	Skellefte älv
januari	140	4	50	8	92	51	3	6	53
februari	100	2	38	7	114	29	4	4	52
mars	101	2	33	5	125	29	2	6	64
april	355	3	54	7	91	75	14	11	84
maj	1615	54	1713	109	467	432	44	182	176
juni	935	16	370	24	227	95	8	18	55
juli	409	5	257	19	164	95	5	12	65
augusti	222	4	114	13	94	35	37	12	36
september	267	3	116	16	89	28	8	15	36
oktober	661	5	184	16	100	45	10	12	36
november	385	7	86	11	123	66	8	7	25
december	256	5	77	12	111	62	4	4	47
medelhalt	454	9.2	258	21	150	87	12	24	61

Cr (µg/l)	Torne älv	Sangis älv	Kalix älv	Råne älv	Lule älv	Pite älv	Åby älv	Byske älv	Skellefte älv
januari	0.34	0.61	0.18	0.17	0.06	0.21	0.20	0.16	0.11
februari	0.30	0.48	0.18	0.19	0.08	0.16	0.38	0.12	0.12
mars	0.31	0.70	0.20	0.16	0.08	0.19	0.22	0.18	0.13
april	0.67	0.69	0.22	0.17	0.07	0.36	0.31	0.18	0.18
maj	0.44	0.93	0.67	0.20	0.24	0.41	0.26	0.38	0.27
juni	0.41	0.73	0.24	0.16	0.16	0.11	0.14	0.12	0.19
juli	0.26	0.52	0.21	0.20	0.14	0.15	0.14	0.12	0.20
augusti	0.20	0.59	0.12	0.13	0.07	0.06	0.64	0.12	0.11
september	0.31	0.44	0.15	0.18	0.09	0.08	0.21	0.15	0.10
oktober	0.74	0.72	0.27	0.18	0.10	0.13	0.24	0.14	0.08
november	0.60	0.69	0.22	0.16	0.11	0.25	0.25	0.14	0.06
december	0.46	0.59	0.22	0.18	0.09	0.21	0.17	0.10	0.10
medelhalt	0.42	0.64	0.24	0.17	0.11	0.19	0.26	0.16	0.14



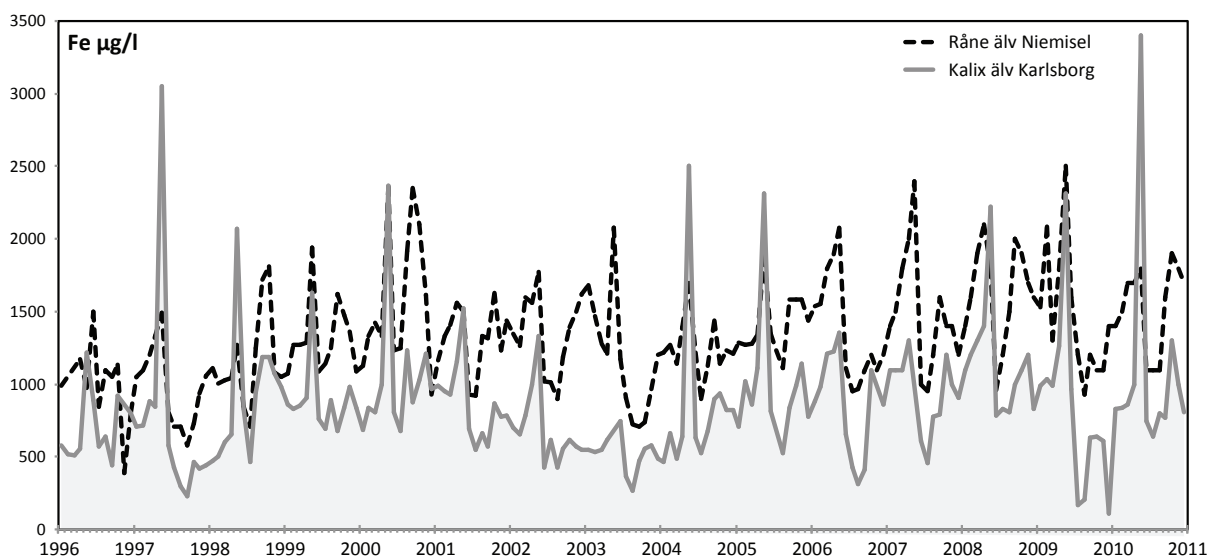
Figur 20. Transporten av krom under en årscykel. Värdena baserade på ett 5-årsmedelvärde (2006-2010).

Järn

Spårmetalltransporten domineras av järn. De totala järnhalterna visar ett liknande säsongsmönster som för TOC där floder med störst avrinning också transporterar de största mängderna järn under vårfloden (Figur 21 och 22).

För Kalixälven och Torneälven ökar halten under hösten. Reglerade älvar (Skellefte och Lule älv) visar bara en ökning under snösmältningen som sedan avtar till basflödets låga halter under vintern. Dessa två älvar visar de lägsta järnhalterna. De övriga älvarna visar mera utpräglade höga koncentrationer som kan förklaras med de relativt höga halterna av TOC. Här spelar humusmaterial, som är vanligt förekommande i boreala områden med podsoljordar, en viktig roll i transport av järnet. Tillsammans med järnoxihydroxider är humusmaterial en viktig transportör till Bottenviken.

Råne älv har en mycket liten detrital komponent och järnhalten varierar oberoende av aluminiumhalten. Det mesta järnet sitter med organisk material och järnoxihydroxider. Skellefte älv visar en linjär korrelation mellan järn och aluminium (Figur 23). Skogsälvarna Sangis- och Råneälven visar de högsta halterna av järn och TOC. En korrelation mellan järn och TOC är dock inte tydlig för någon av skogsälvarna (Figur 24).

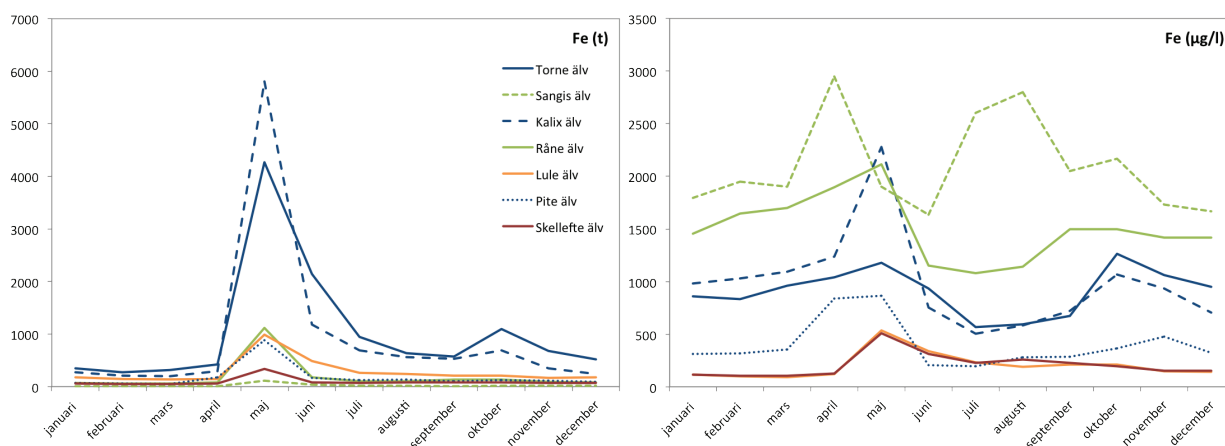


Figur 21. Transporten av järn i Råne älv och Kalix älv.

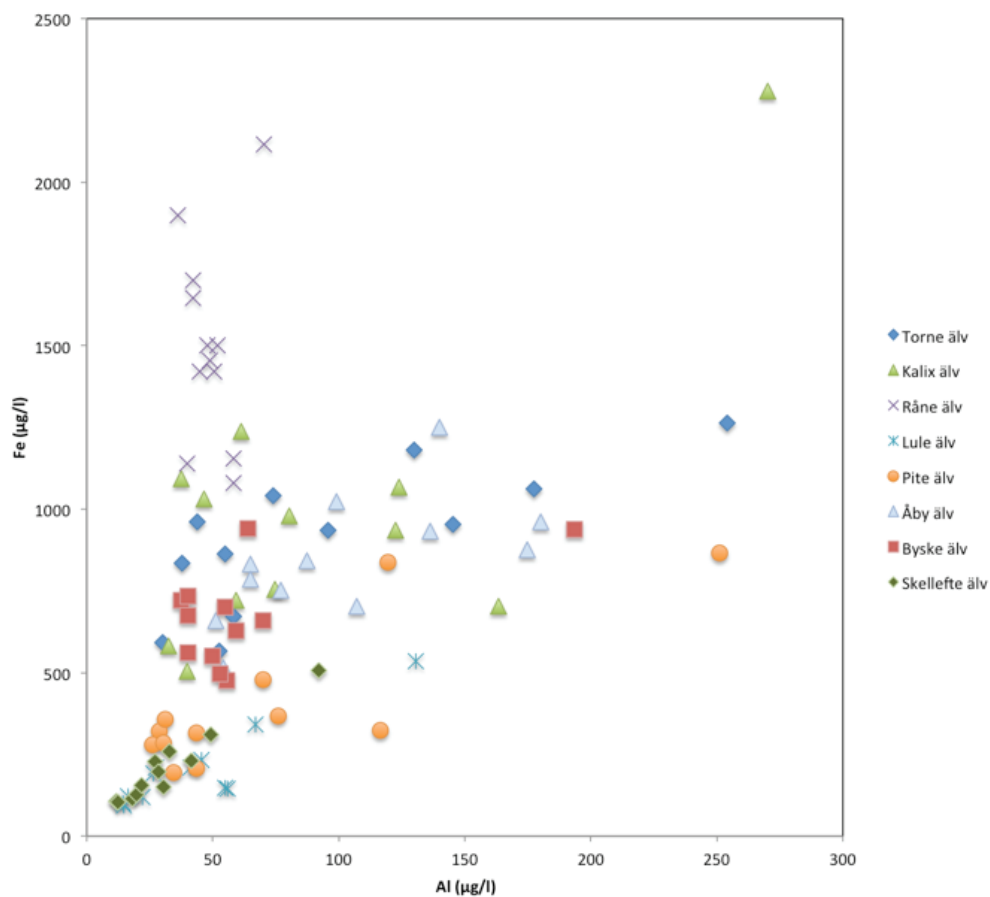
Tabell 13. Medeltransporten av järn, per månad, under en 5-årsperiod (2006-2010).

Fe (t)	Torne älv	Sangis älv	Kalix älv	Råne älv	Lule älv	Pite älv	Åby älv	Byske älv	Skellefte älv
januari	353	11	273	69	181	75	10	21	58
februari	275	8	213	59	151	57	9	24	48
mars	322	7	196	58	139	52	9	25	50
april	424	12	292	80	145	182	56	58	59
maj	4270	111	5805	1121	992	880	144	441	337
juni	2148	38	1180	176	493	170	28	74	85
juli	943	24	692	106	267	121	24	51	72
augusti	642	17	564	108	243	132	44	68	87
september	575	13	536	134	211	103	29	69	87
oktober	1095	17	692	131	206	129	36	52	83
november	676	17	348	94	164	115	30	33	69
december	517	14	247	86	174	90	14	24	72
medelhalt	1020	24	920	185	280	176	36	78	92

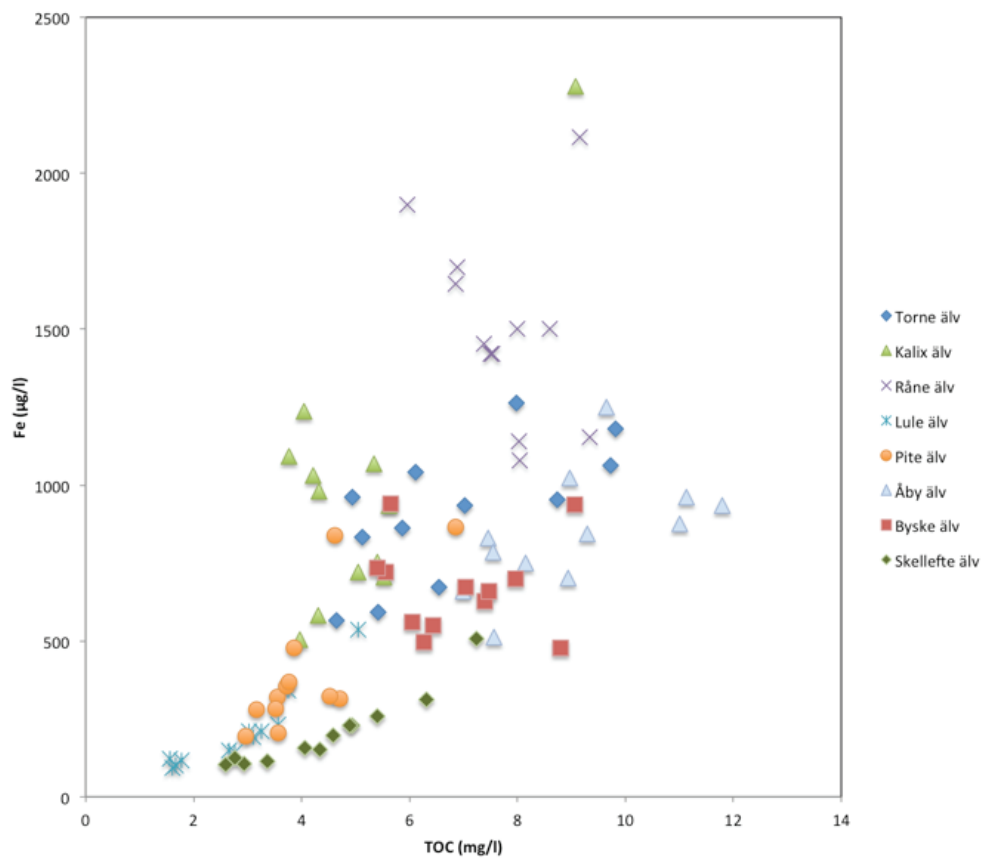
Fe (µg/l)	Torne älv	Sangis älv	Kalix älv	Råne älv	Lule älv	Pite älv	Åby älv	Byske älv	Skellefte älv
januari	862	1796	980	1453	118	315	751	561	114
februari	834	1948	1031	1646	100	320	832	722	106
mars	960	1900	1092	1700	92	356	785	735	104
april	1041	2950	1238	1898	122	837	1250	940	126
maj	1180	1900	2278	2115	535	865	877	937	507
juni	934	1633	754	1154	341	206	513	477	311
juli	567	2600	505	1080	232	194	660	497	230
augusti	592	2800	582	1140	191	280	1023	673	260
september	672	2050	720	1500	209	284	843	700	228
oktober	1264	2167	1068	1500	210	368	933	627	196
november	1062	1733	935	1420	148	478	960	660	156
december	952	1667	704	1420	144	322	703	550	151
medelhalt	910	2095	991	1502	204	402	844	673	207



Figur 22. Transporten av järn under en årscykel. Värdena baserade på ett 5-årsmedelvärde (2006-2010).



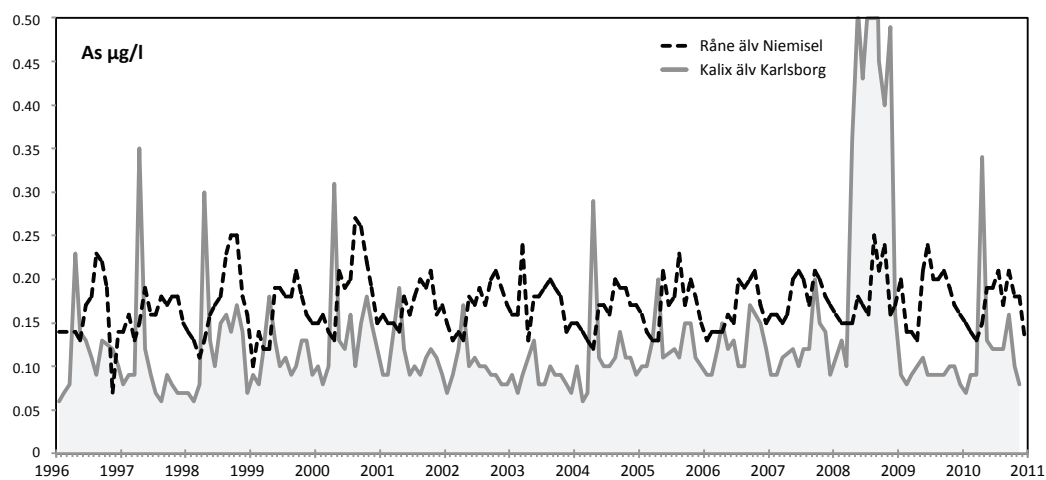
Figur 23. Sambandet mellan aluminium och järn.



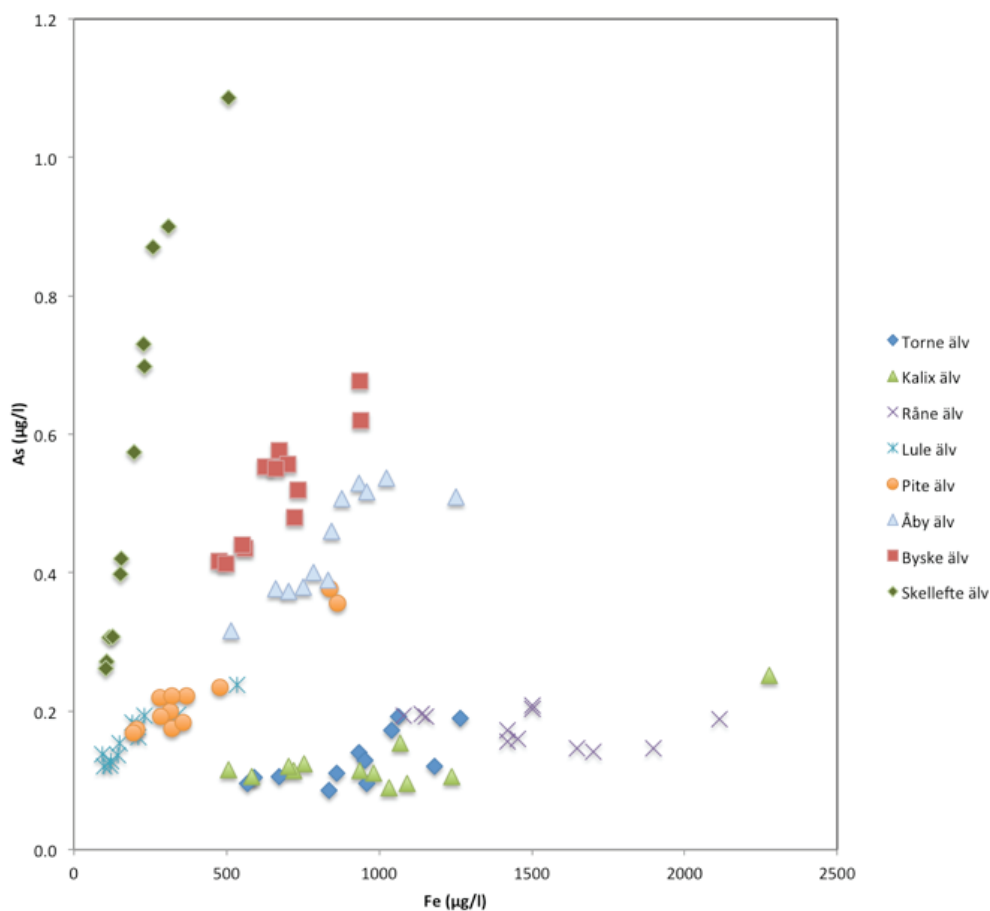
Figur 24. Sambandet mellan TOC och järn.

Arsenik

Arsenik är starkt korrelerad till järnhalten i älvarna söder om Piteälven. Även Åby och Byske älven visar relativt höga halter. Älvar som dränerar arsenikhaltig berggrund i Västerbotten visar alla förhöjda arsenikvärden jämfört med älvarna i Norrbotten. Gränsen går vid Piteälven. Arsenikhalten är generellt högre i Råneälven jämfört med Kalixälven (Figur 25), men Råneälven saknar de höga värdena som är vanliga i Kalixälven (se också järn ovan).



Figur 25. Transporten av arsenik i Råne älv och Kalix älv.

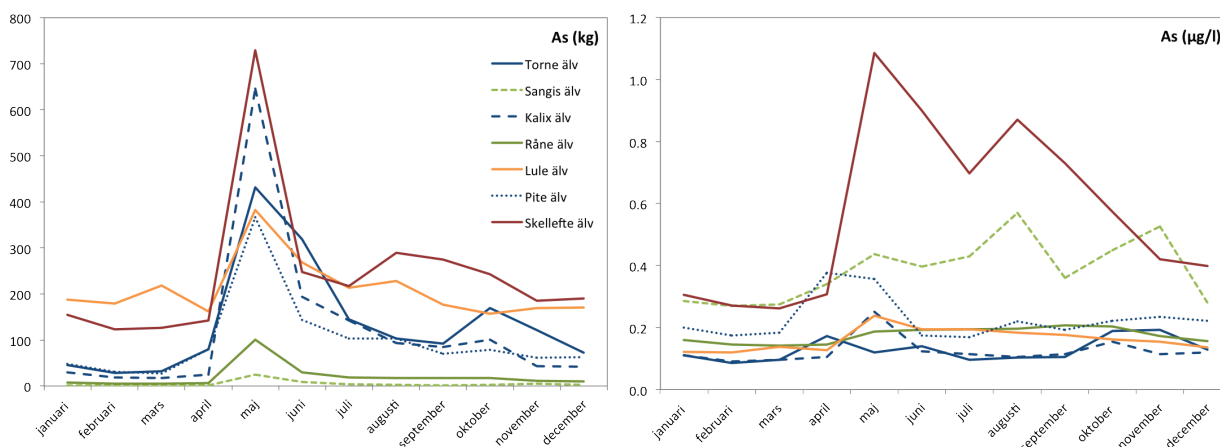


Figur 26. Sambandet mellan arsenik och järn.

Tabell 14. Medeltransporten av arsenik, per månad, under en 5-årsperiod (2006-2010).

As (kg)	Torne älv	Sangis älv	Kalix älv	Råne älv	Lule älv	Pite älv	Åby älv	Byske älv	Skellefte älv
januari	45	1.7	30	8	188	48	5	17	154
februari	28	1.1	19	5	179	31	4	16	123
mars	32	1.0	17	5	219	27	5	18	127
april	80	1.4	25	6	162	80	22	37	142
maj	432	24.7	645	101	382	367	85	320	729
juni	318	9.2	194	29	268	143	17	64	247
juli	144	3.9	142	18	213	103	14	41	217
augusti	103	3.5	94	17	228	103	23	56	290
september	93	2.2	85	17	177	70	16	55	275
oktober	169	3.2	101	17	157	79	20	46	243
november	122	5.0	44	11	169	61	16	27	185
december	73	2.3	42	10	171	62	8	19	191
medelhalt	137	4.9	120	20	209	98	20	60	244

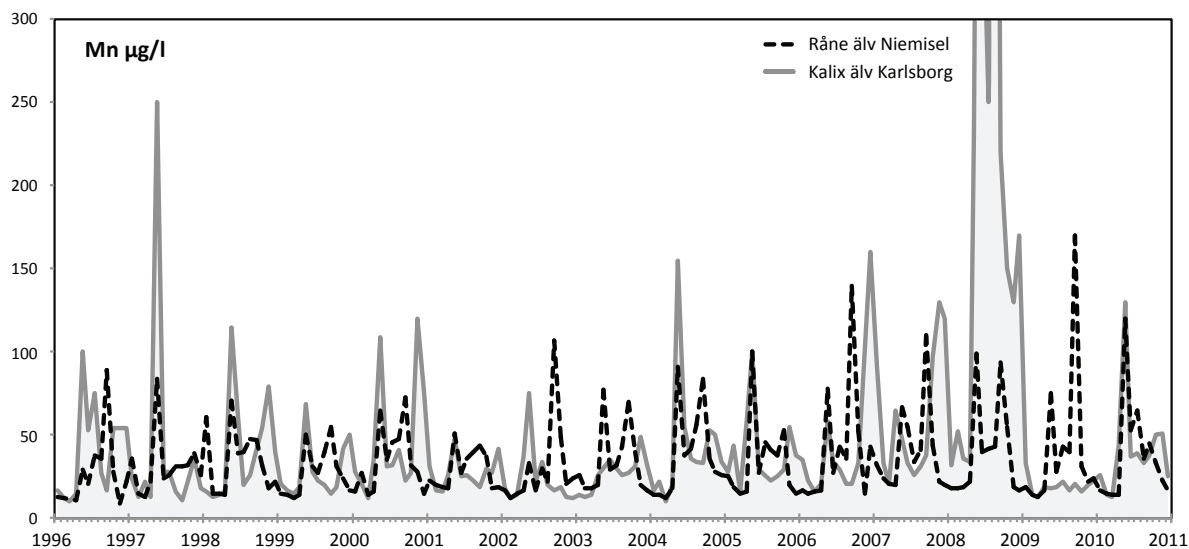
As (µg/l)	Torne älv	Sangis älv	Kalix älv	Råne älv	Lule älv	Pite älv	Åby älv	Byske älv	Skellefte älv
januari	0.11	0.29	0.11	0.16	0.12	0.20	0.38	0.44	0.31
februari	0.09	0.27	0.09	0.15	0.12	0.18	0.39	0.48	0.27
mars	0.10	0.28	0.10	0.14	0.14	0.18	0.40	0.52	0.26
april	0.17	0.34	0.11	0.15	0.13	0.38	0.51	0.62	0.31
maj	0.12	0.44	0.25	0.19	0.24	0.36	0.51	0.68	1.09
juni	0.14	0.40	0.12	0.19	0.19	0.17	0.32	0.42	0.90
juli	0.10	0.43	0.12	0.19	0.19	0.17	0.38	0.41	0.70
augusti	0.10	0.57	0.11	0.20	0.18	0.22	0.54	0.58	0.87
september	0.11	0.36	0.11	0.21	0.18	0.19	0.46	0.56	0.73
oktober	0.19	0.45	0.15	0.20	0.16	0.22	0.53	0.55	0.57
november	0.19	0.53	0.11	0.17	0.15	0.24	0.52	0.55	0.42
december	0.13	0.28	0.12	0.16	0.14	0.22	0.37	0.44	0.40
medelhalt	0.13	0.39	0.13	0.18	0.16	0.23	0.44	0.52	0.57



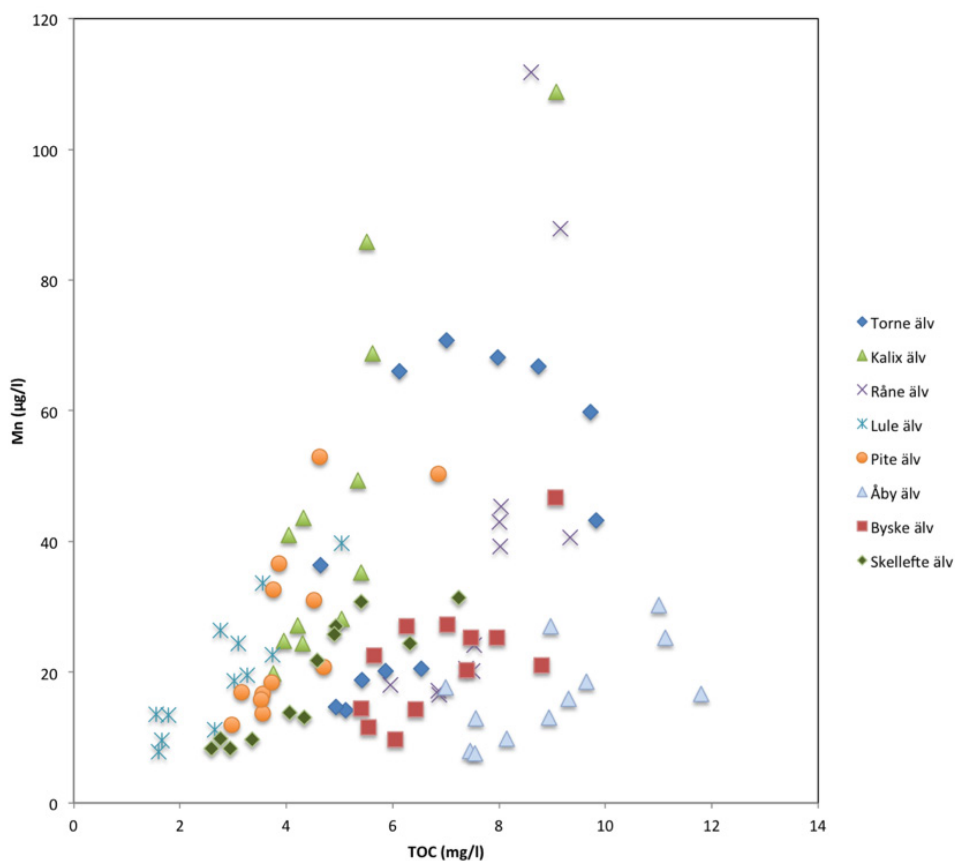
Figur 27. Transporten av arsenik under en årscykel. Värdena baserade på ett 5-årsmedelvärde (2006-2010).

Mangan

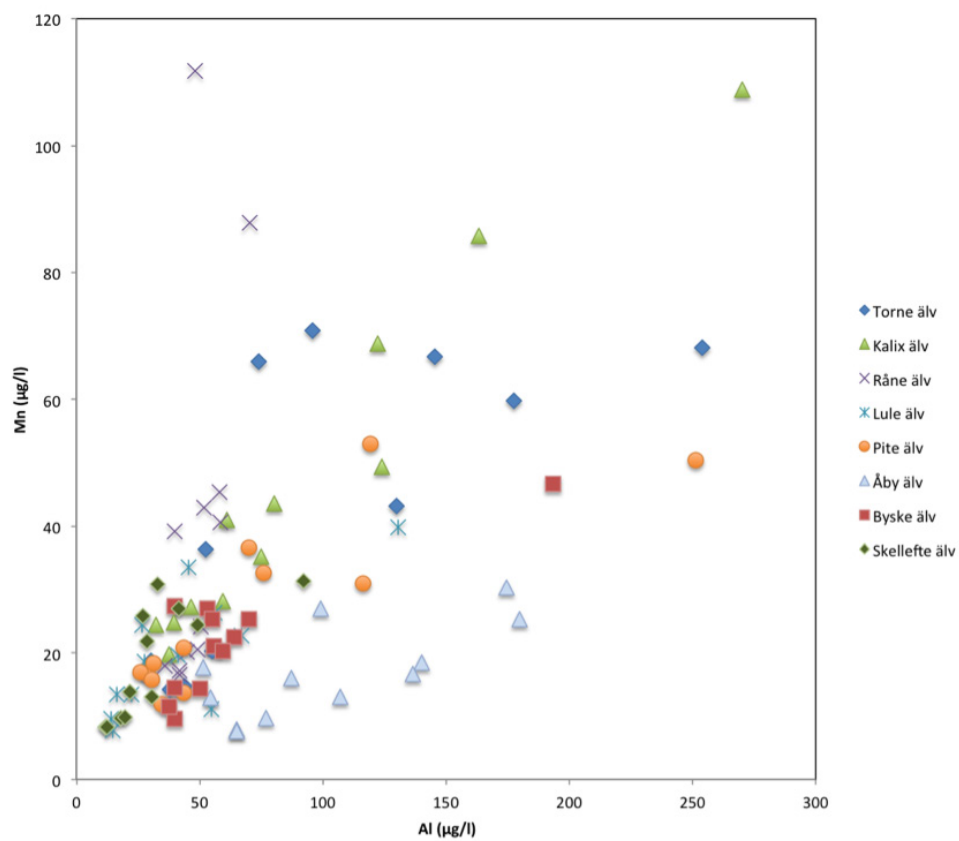
De totala halterna av Mn är högst under vårfloden för alla älvar (Tabell 15). Sangisälven visar generellt höga koncentrationer under hela året. Mangan visar inga klara korrelationer med organiskt material, aluminium eller järn. De höga manganhalterna i Kalixälven under 2008 till 2009 är svårförklarade.



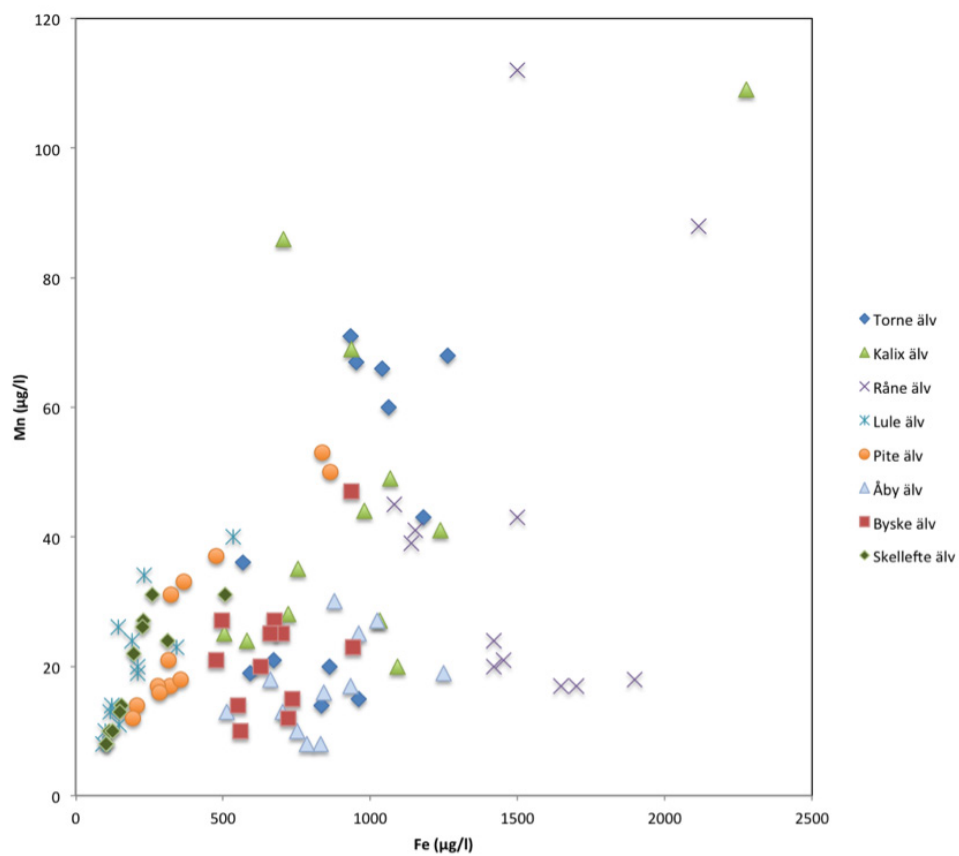
Figur 28. Transporten av mangan i Råne älv och Kalix älv.



Figur 29. Sambandet mellan mangan och TOC.



Figur 30. Sambandet mellan mangan och aluminium.

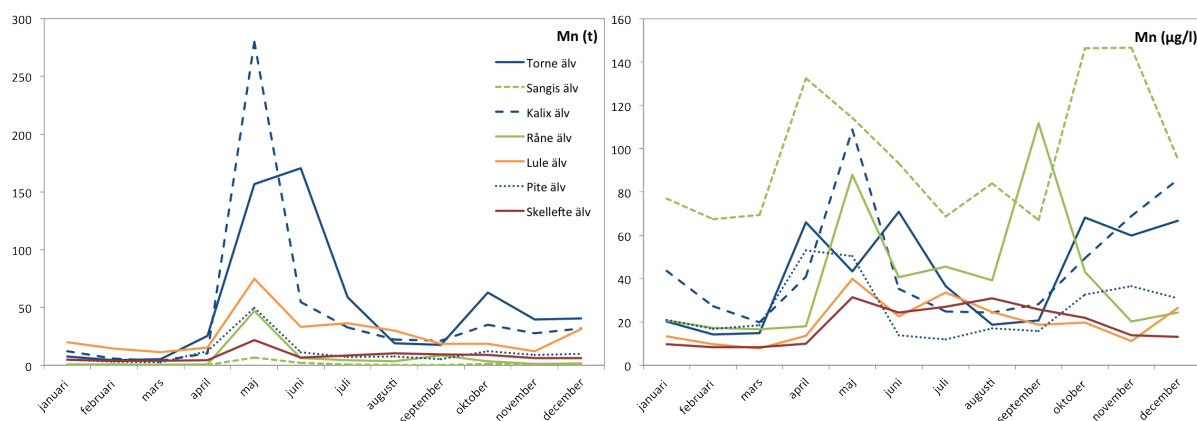


Figur 31. Sambandet mellan mangan och järn.

Tabell 15. Medeltransporten av mangan, per månad, under en 5-årsperiod (2006-2010).

Mn (t)	Torne älv	Sangis älv	Kalix älv	Råne älv	Lule älv	Pite älv	Åby älv	Byske älv	Skellefte älv
januari	7.8	0.5	12.3	1.0	19.9	4.8	0.13	0.4	4.9
februari	4.3	0.3	6.0	0.6	14.7	2.9	0.08	0.4	3.8
mars	5.2	0.2	3.8	0.6	11.4	2.6	0.09	0.5	4.0
april	25.5	0.6	10.4	0.8	15.5	12.2	0.78	1.3	4.5
maj	156.9	6.7	280.0	47.0	74.8	49.6	5.08	22.2	21.7
juni	170.4	2.2	55.0	6.4	33.4	11.1	0.72	3.3	6.8
juli	59.0	0.6	32.7	4.6	36.6	7.4	0.62	2.8	8.6
augusti	19.0	0.5	22.4	3.5	30.0	7.8	1.32	2.7	10.4
september	17.5	0.4	21.6	8.8	18.7	5.6	0.57	2.5	9.5
oktober	63.0	1.1	35.0	3.7	18.7	12.1	0.63	1.6	9.1
november	39.6	1.4	27.6	1.3	12.1	8.9	0.85	1.3	6.1
december	40.8	0.8	31.8	1.7	31.6	9.8	0.29	0.6	6.3
medelhalt	51	1.3	45	6.7	26	11	0.9	3	8

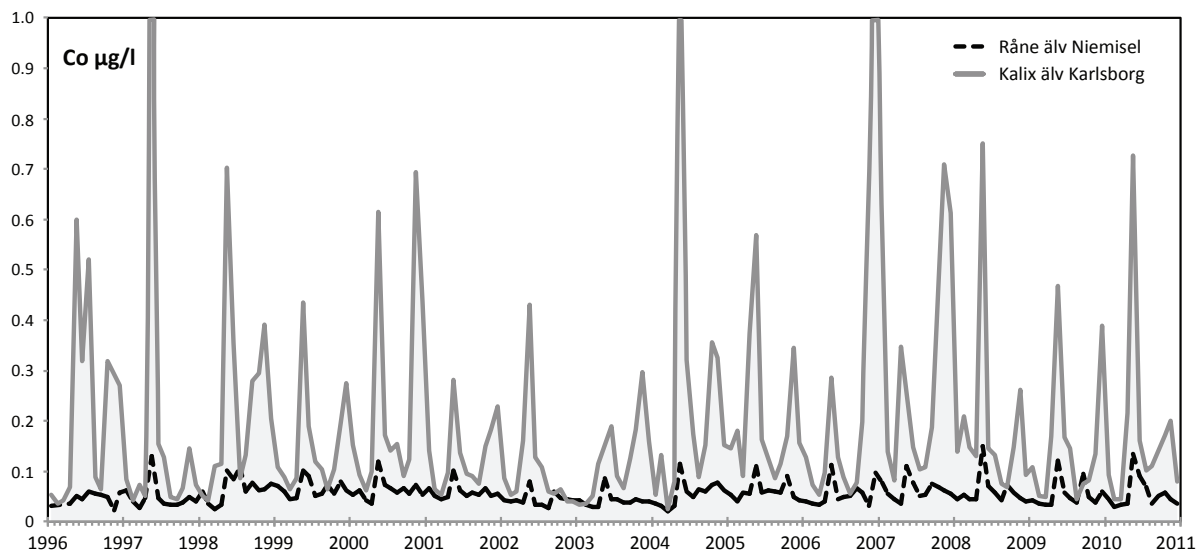
Mn (µg/l)	Torne älv	Sangis älv	Kalix älv	Råne älv	Lule älv	Pite älv	Åby älv	Byske älv	Skellefte älv
januari	20	77	44	21	13	21	10	10	10
februari	14	68	27	17	10	17	8	12	8
mars	15	70	20	17	8	18	8	15	8
april	66	133	41	18	14	53	19	23	10
maj	43	114	109	88	40	50	30	47	31
juni	71	93	35	41	23	14	13	21	24
juli	36	69	25	45	34	12	18	27	27
augusti	19	84	24	39	24	17	27	27	31
september	21	67	28	112	19	16	16	25	26
oktober	68	146	49	43	20	33	17	20	22
november	60	147	69	20	11	37	25	25	14
december	67	95	86	24	26	31	13	14	13
medelhalt	42	97	46	40	20	26	17	22	19



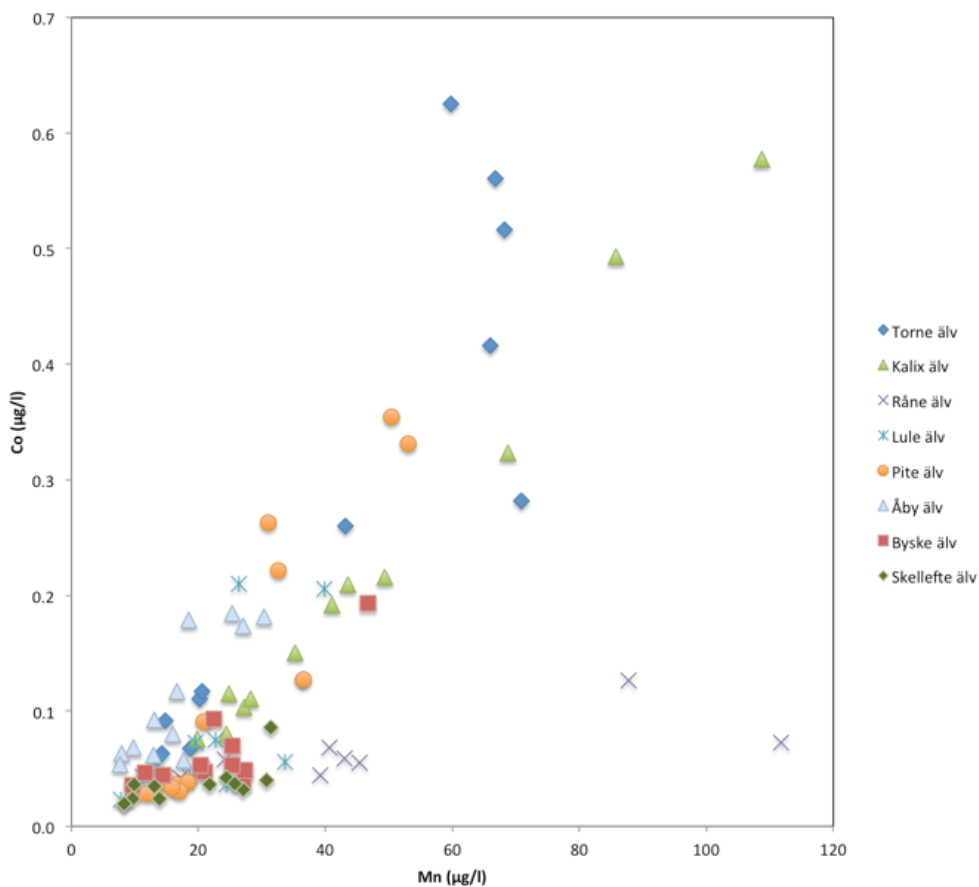
Figur 32. Transporten av mangan under en årscykel. Värdena baserade på ett 5-årsmedelvärde (2006-2010).

Kobolt

Kobolt visar en klar trend med mangan speciellt i Kalixälven. Torneälven visar höga halter vid höga manganhalter, men ingen linjär korrelation med mangan. Generellt, är halterna av kobolt låga i Råneälven som inte visar korrelation trots höga manganhalter. Halterna är fränsett Sangisälven högst i fjällälvarna. Lägsta medelhalten har den reglerade Skellefteälven.



Figur 33. Transporten av kobolt i Råne älv och Kalix älv.

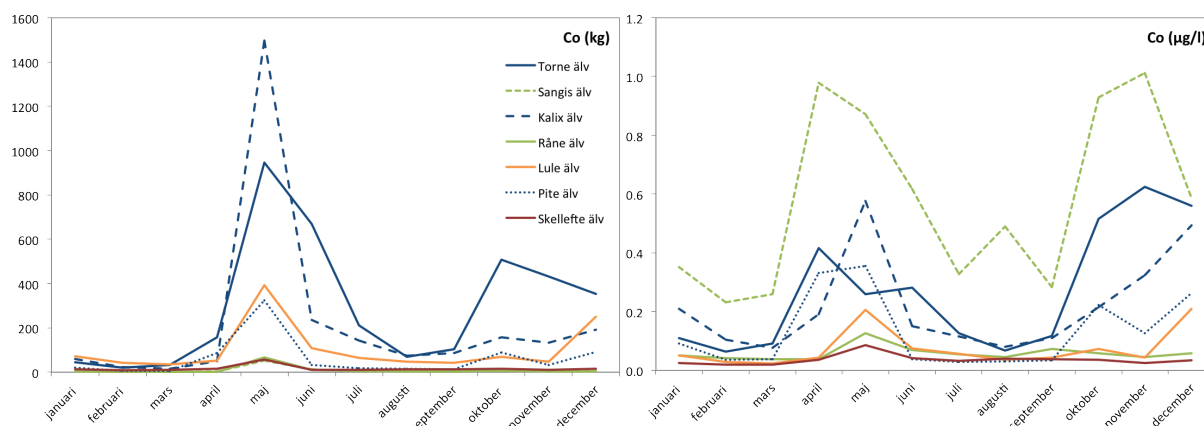


Figur 34. Sambandet mellan kobolt och mangan.

Tabell 16. Medeltransporten av kobolt, per månad, under en 5-årsperiod (2006-2010).

Co (kg)	Torne älv	Sangis älv	Kalix älv	Råne älv	Lule älv	Pite älv	Åby älv	Byske älv	Skellefte älv
januari	44	2.1	60	2.5	73	21	0.9	1.4	12
februari	20	0.9	23	1.6	43	7	0.7	1.5	9
mars	32	0.9	15	1.3	34	6	0.6	1.5	9
april	157	4.4	50	1.6	53	85	7.5	5.4	17
maj	946	51.1	1496	67.7	394	323	30.4	92.3	58
juni	670	14.3	235	10.9	109	31	3.4	7.3	12
juli	211	3.0	142	5.6	63	18	2.1	3.9	10
augusti	70	3.3	75	3.9	46	15	9.5	4.8	14
september	105	1.8	87	6.1	43	12	2.9	5.3	14
oktober	507	7.1	157	5.2	69	88	4.6	4.5	16
november	432	9.8	133	3.1	48	33	6.7	3.3	11
december	352	5.3	191	4.1	251	93	2.1	1.8	17
medelhalt	296	8.7	222	9.5	102	61	5.9	11	16

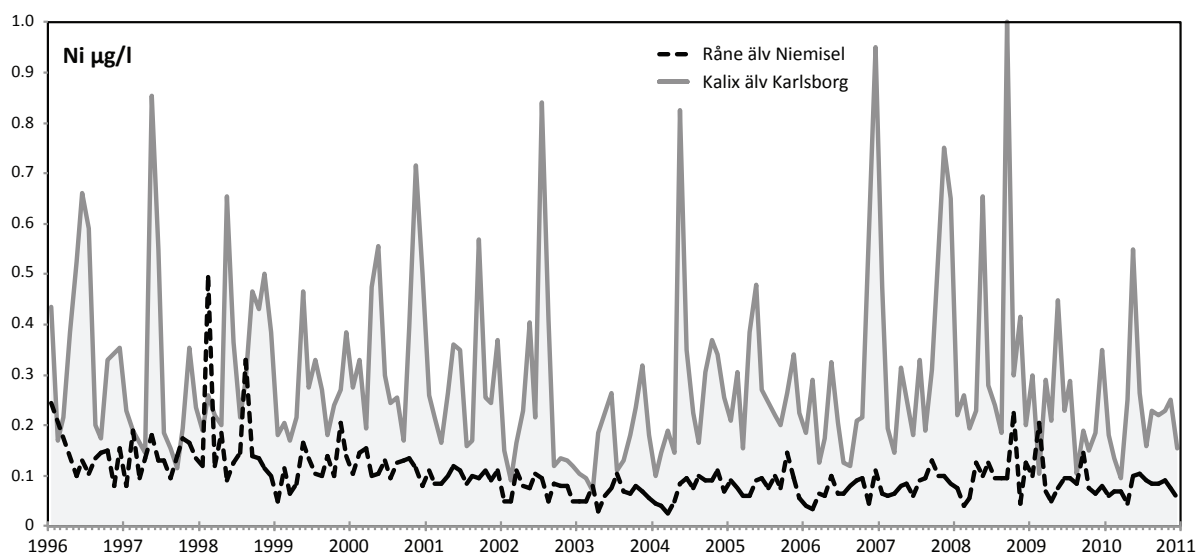
Co (µg/l)	Torne älv	Sangis älv	Kalix älv	Råne älv	Lule älv	Pite älv	Åby älv	Byske älv	Skellefte älv
januari	0.11	0.35	0.21	0.05	0.05	0.09	0.07	0.04	0.02
februari	0.06	0.23	0.10	0.04	0.03	0.04	0.06	0.05	0.02
mars	0.09	0.26	0.08	0.04	0.02	0.04	0.05	0.04	0.02
april	0.42	0.98	0.19	0.04	0.04	0.33	0.18	0.09	0.04
maj	0.26	0.87	0.58	0.13	0.21	0.35	0.18	0.19	0.09
juni	0.28	0.62	0.15	0.07	0.08	0.04	0.06	0.05	0.04
juli	0.13	0.33	0.11	0.06	0.06	0.03	0.06	0.04	0.03
augusti	0.07	0.49	0.08	0.04	0.04	0.03	0.17	0.05	0.04
september	0.12	0.28	0.11	0.07	0.04	0.03	0.08	0.05	0.04
oktober	0.52	0.93	0.22	0.06	0.07	0.22	0.12	0.05	0.04
november	0.63	1.01	0.32	0.05	0.04	0.13	0.18	0.07	0.02
december	0.56	0.59	0.49	0.06	0.21	0.26	0.09	0.04	0.04
medelhalt	0.27	0.58	0.22	0.06	0.07	0.13	0.11	0.06	0.04



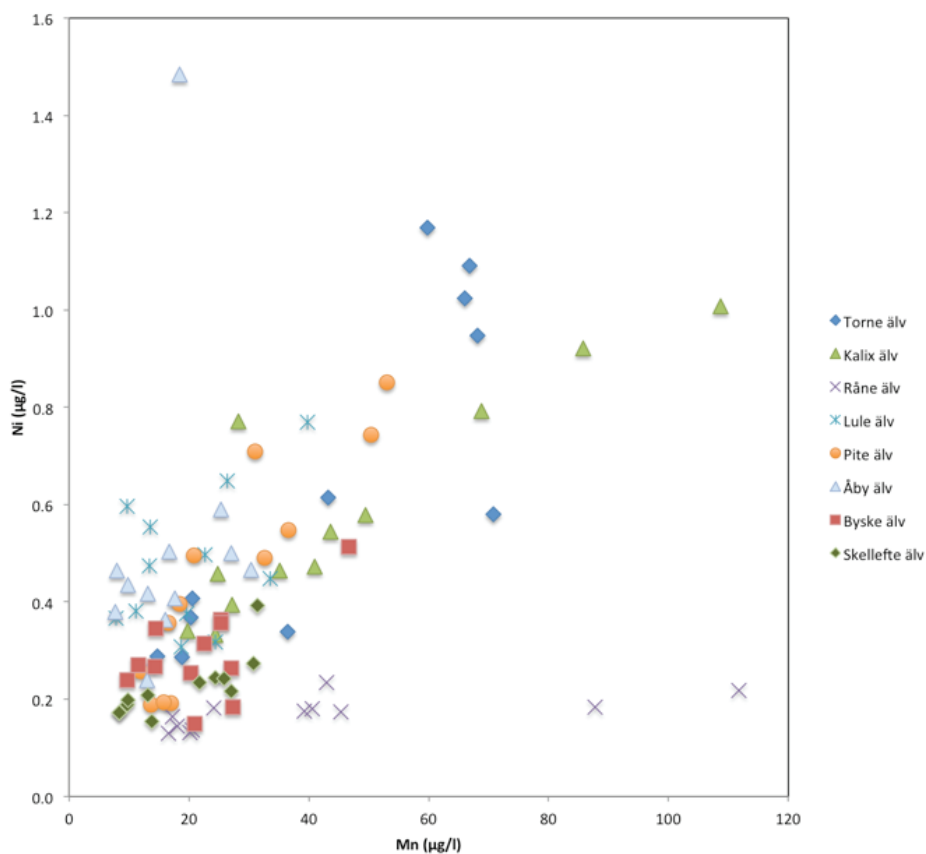
Figur 35. Transporten av kobolt under en årscykel. Värdena baserade på ett 5-årsmedelvärde (2006-2010).

Nickel

Transporterad mängd av nickel är högst under vårfloden i alla älvarna. Råneälven visar de lägsta halterna. Nickelhalten styrs till stor del av partikelmängden. Vilket illustreras av låga transporter i reglerade älvar. Högst är nickelhalten i Sangisälven (Tabell 17). Vissa älvar (Torne, Sangis, Pite och Åby älv) har sina högsta halter redan i april. Nickel visar en generell korrelation med mangan förutom i Råneälv och Torneälv.



Figur 36. Transporten av nickel i Råne älv och Kalix älv.

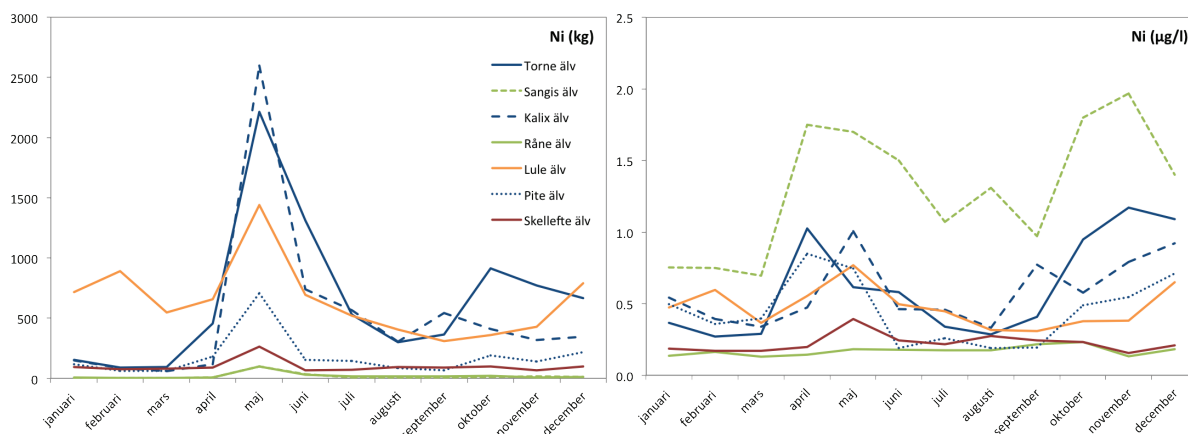


Figur 37. Sambandet mellan nickel och mangan.

Tabell 17. Medeltransporten av nickel, per månad, under en 5-årsperiod (2006-2010).

Ni (kg)	Torne älv	Sangis älv	Kalix älv	Råne älv	Lule älv	Pite älv	Åby älv	Byske älv	Skellefte älv
januari	152	5	150	6	719	117	6	9	94
februari	89	3	85	5	891	65	5	9	78
mars	96	2	61	4	548	62	4	12	83
april	454	8	116	6	659	183	72	19	88
maj	2212	101	2596	98	1440	707	79	251	264
juni	1312	34	740	29	693	156	13	24	67
juli	529	10	565	17	522	147	16	25	71
augusti	300	9	306	16	406	85	23	18	96
september	366	6	543	19	308	69	13	35	89
oktober	914	13	408	21	361	189	21	22	99
november	772	19	317	9	428	139	20	19	68
december	665	12	348	12	792	217	8	12	101
medelhalt	655	19	520	20	647	178	23	38	100

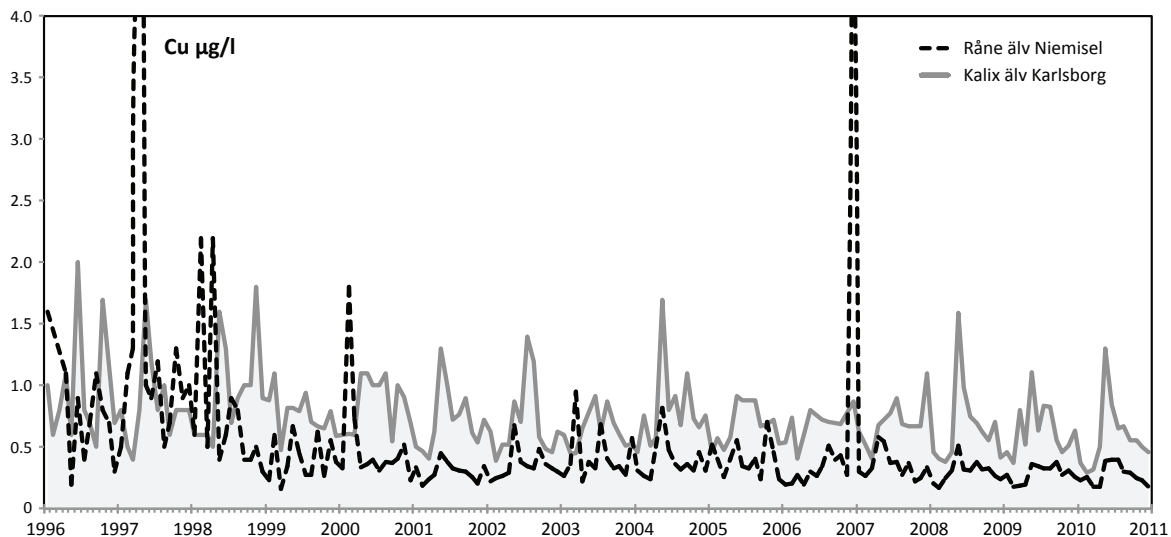
Ni (µg/l)	Torne älv	Sangis älv	Kalix älv	Råne älv	Lule älv	Pite älv	Åby älv	Byske älv	Skellefte älv
januari	0.37	0.76	0.54	0.14	0.47	0.50	0.44	0.24	0.19
februari	0.27	0.75	0.39	0.16	0.60	0.36	0.47	0.27	0.17
mars	0.29	0.70	0.34	0.13	0.37	0.40	0.38	0.35	0.17
april	1.02	1.75	0.47	0.14	0.55	0.85	1.49	0.32	0.20
maj	0.61	1.70	1.01	0.18	0.77	0.74	0.47	0.51	0.39
juni	0.58	1.50	0.46	0.18	0.50	0.19	0.24	0.15	0.24
juli	0.34	1.07	0.46	0.17	0.45	0.26	0.41	0.26	0.22
augusti	0.29	1.31	0.33	0.18	0.32	0.19	0.50	0.18	0.27
september	0.41	0.97	0.77	0.22	0.31	0.19	0.36	0.36	0.24
oktober	0.95	1.80	0.58	0.23	0.38	0.49	0.50	0.25	0.23
november	1.17	1.97	0.79	0.13	0.38	0.55	0.59	0.36	0.15
december	1.09	1.40	0.92	0.18	0.65	0.71	0.42	0.27	0.21
medelhalt	0.62	1.31	0.59	0.17	0.48	0.45	0.52	0.29	0.22



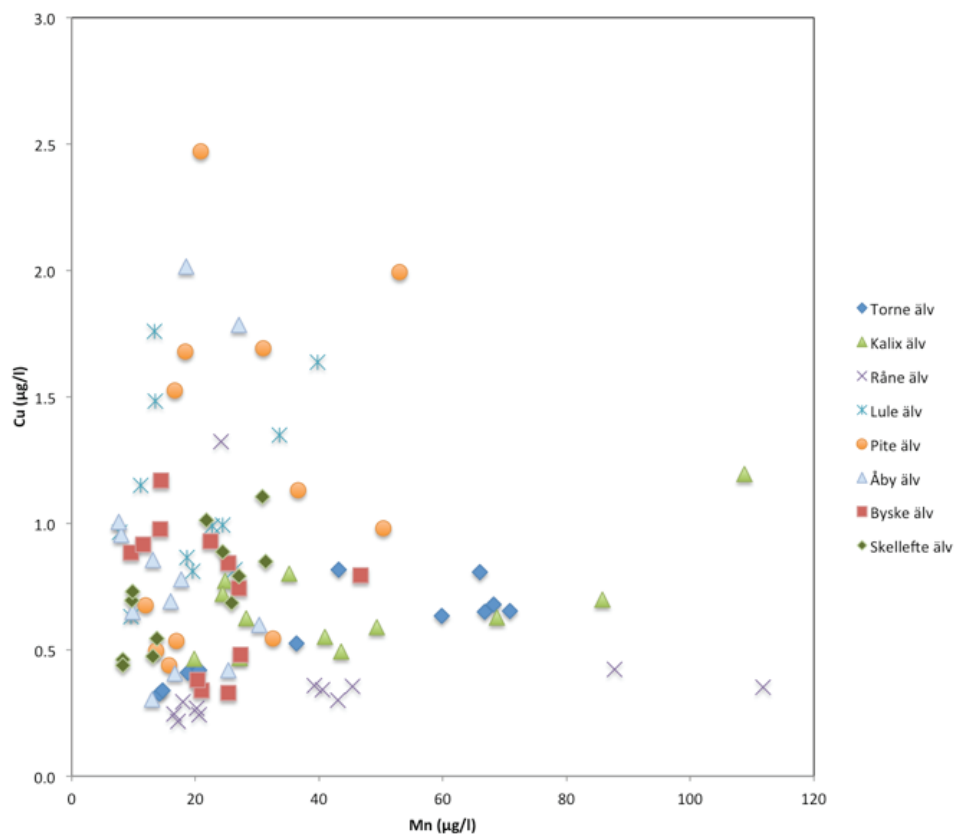
Figur 38. Transporten av nickel under en årscykel. Värdena baserade på ett 5-årsmedelvärde (2006-2010).

Koppar

Figur 39 visar att halterna hoppar mycket under 90talet men därefter bli de lägre och lugnare. Det beror säkert på provtagnings- eller analysmetoden har förbättrades i slutet av 90talet. Koppar visar inga klara korrelationer med aluminium, järn, TOC eller mangan (Figur 40). Största mängden koppar transporterar Luleälven. Kopparhalten är hög i Piteälven speciellt under vintern (Figur 41). Orsaken till de höga halterna är oklar.



Figur 39. Transporten av koppar i Råne och Kalix älv.

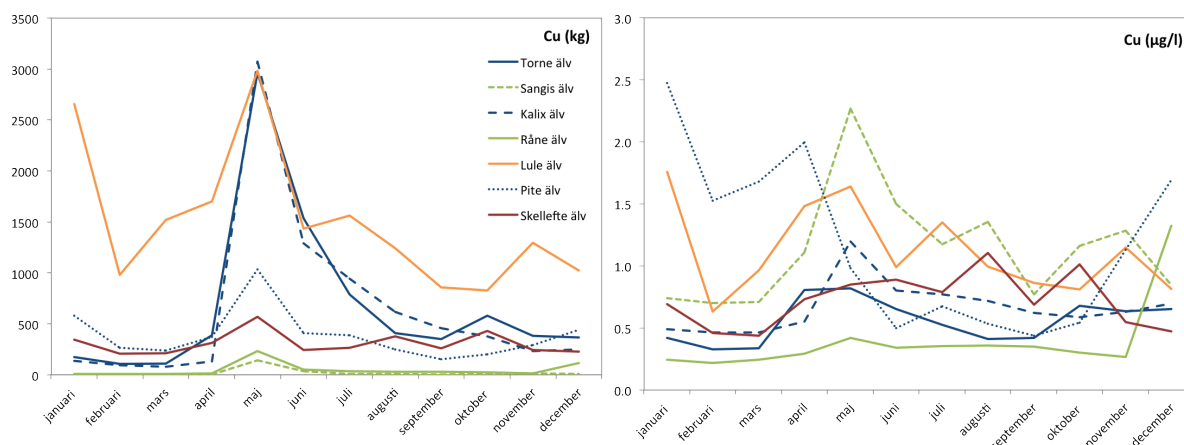


Figur 40. Sambandet mellan koppar och mangan.

Tabell 18. Medeltransporten av koppar, per månad, under en 5-årsperiod (2006-2010).

Cu (kg)	Torne älv	Sangis älv	Kalix älv	Råne älv	Lule älv	Pite älv	Åby älv	Byske älv	Skellefte älv
<i>januari</i>	177	4	138	12	2655	581	9	36	347
<i>februari</i>	108	3	97	8	980	264	10	31	208
<i>mars</i>	109	3	80	8	1520	236	12	41	211
<i>april</i>	391	5	133	14	1701	374	100	68	313
<i>maj</i>	2960	145	3075	233	2985	1032	102	396	570
<i>juni</i>	1534	35	1290	53	1435	411	17	53	245
<i>juli</i>	789	11	942	34	1560	391	32	81	264
<i>augusti</i>	410	8	616	29	1240	248	105	49	378
<i>september</i>	352	5	458	29	858	153	28	94	258
<i>oktober</i>	582	9	380	24	828	203	17	32	433
<i>november</i>	384	12	235	17	1295	290	13	17	242
<i>december</i>	367	7	251	118	1025	440	14	45	228
medelhalt	680	21	641	48	1507	385	38	79	308

Cu (µg/l)	Torne älv	Sangis älv	Kalix älv	Råne älv	Lule älv	Pite älv	Åby älv	Byske älv	Skellefte älv
<i>januari</i>	0.42	0.74	0.49	0.24	1.76	2.47	0.65	0.89	0.69
<i>februari</i>	0.33	0.70	0.47	0.22	0.63	1.52	0.96	0.92	0.46
<i>mars</i>	0.34	0.71	0.46	0.25	0.97	1.68	1.01	1.17	0.44
<i>april</i>	0.81	1.11	0.55	0.29	1.48	1.99	2.02	0.93	0.73
<i>maj</i>	0.82	2.27	1.20	0.42	1.64	0.98	0.60	0.79	0.85
<i>juni</i>	0.65	1.50	0.80	0.34	0.99	0.50	0.30	0.34	0.89
<i>juli</i>	0.53	1.17	0.77	0.35	1.35	0.67	0.78	0.74	0.79
<i>augusti</i>	0.41	1.36	0.72	0.36	0.99	0.54	1.79	0.48	1.11
<i>september</i>	0.42	0.77	0.62	0.35	0.86	0.44	0.69	0.84	0.69
<i>oktober</i>	0.68	1.16	0.59	0.30	0.81	0.54	0.41	0.38	1.01
<i>november</i>	0.63	1.28	0.63	0.27	1.15	1.13	0.42	0.33	0.55
<i>december</i>	0.65	0.85	0.70	1.32	0.82	1.69	0.86	0.98	0.47
medelhalt	0.56	1.13	0.67	0.39	1.12	1.18	0.87	0.73	0.72

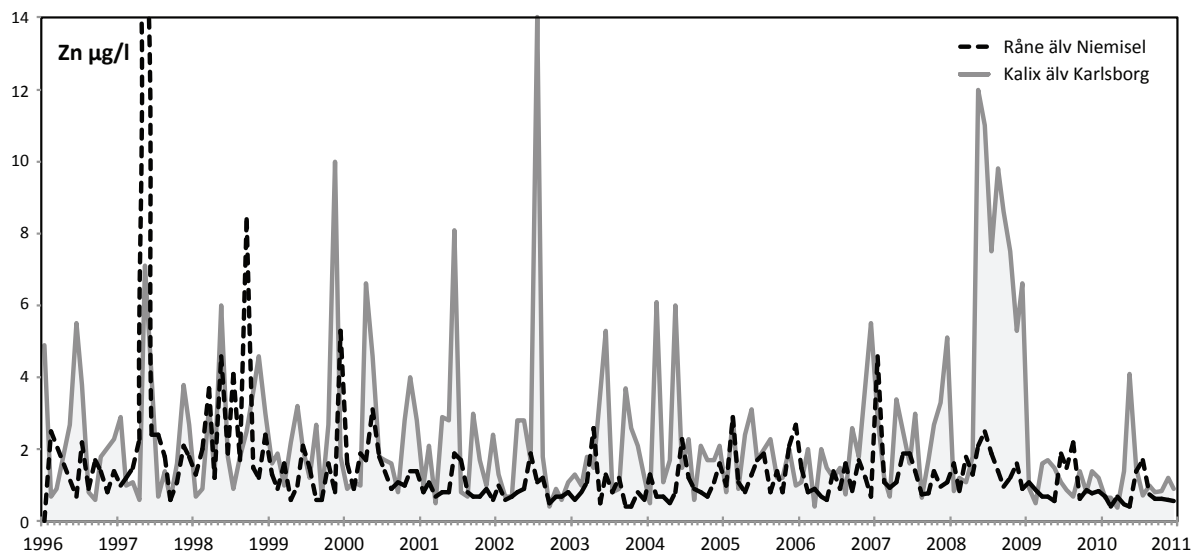


Figur 41. Transporten av koppar under en årscykel. Värdena baserade på ett 5-årsmedelvärde (2006-2010).

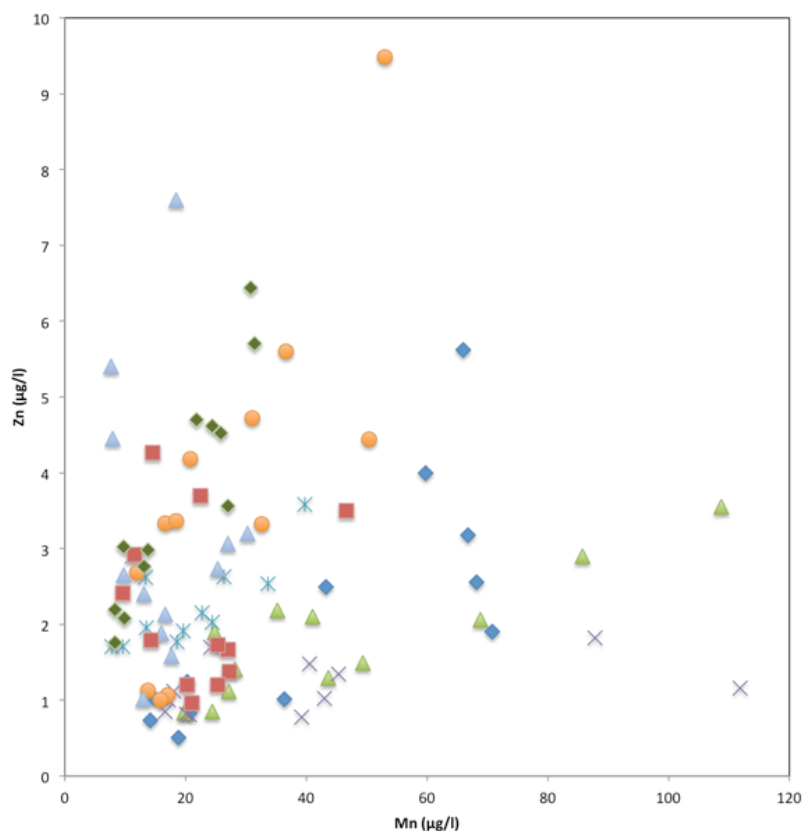
Zink

Zinkvärdena visar stor oregelbundenhet (Figur 42) och är troligtvis kontaminerade. Torneälven och Piteälven har höga halter i april (Tabell 19). De flesta älvarna visar högsta halten i maj.

Zink visar ingen korrelation till mangan, utom i Kalixälven som visar en linjär trend (figur 43).



Figur 42. Transporten av kobolt i Råne och Kalix älv.



Figur 43. Sambandet mellan zink och mangan.

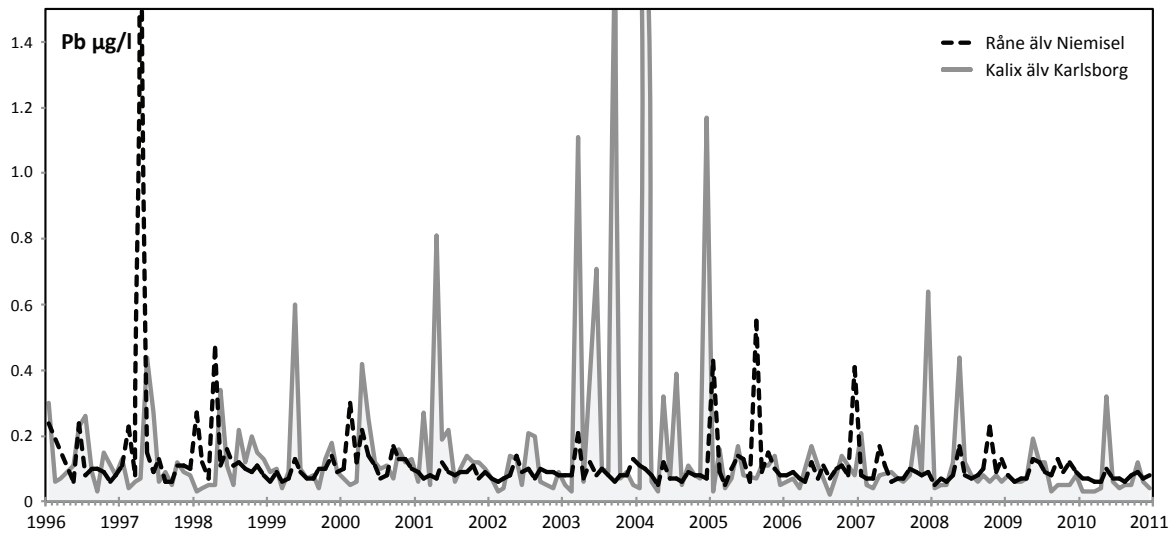
Tabell 19. Medeltransporten av zink, per månad, under en 5-årsperiod (2006-2010).

Zn (kg)	Torne älv	Sangis älv	Kalix älv	Råne älv	Lule älv	Pite älv	Åby älv	Byske älv	Skellefte älv
<i>januari</i>	513	15	367	40	4033	1001	35	100	1510
<i>februari</i>	243	12	239	39	2655	621	48	100	1011
<i>mars</i>	340	7	152	30	2414	513	62	150	851
<i>april</i>	2923	28	541	54	2228	1837	370	275	953
<i>maj</i>	9165	459	9211	992	6623	4446	546	1743	3889
<i>juni</i>	4548	139	3851	237	3090	934	56	150	1274
<i>juli</i>	1483	39	2268	118	2935	1630	64	173	1082
<i>augusti</i>	527	22	732	70	2568	449	171	144	2200
<i>september</i>	718	12	1015	96	1764	348	73	187	1720
<i>oktober</i>	2444	47	1037	90	1946	1325	87	101	1967
<i>november</i>	2523	65	812	55	3122	1447	94	59	1311
<i>december</i>	1964	37	1110	134	3251	1367	46	80	1320
medelhalt	2283	74	1778	163	3052	1326	138	272	1591

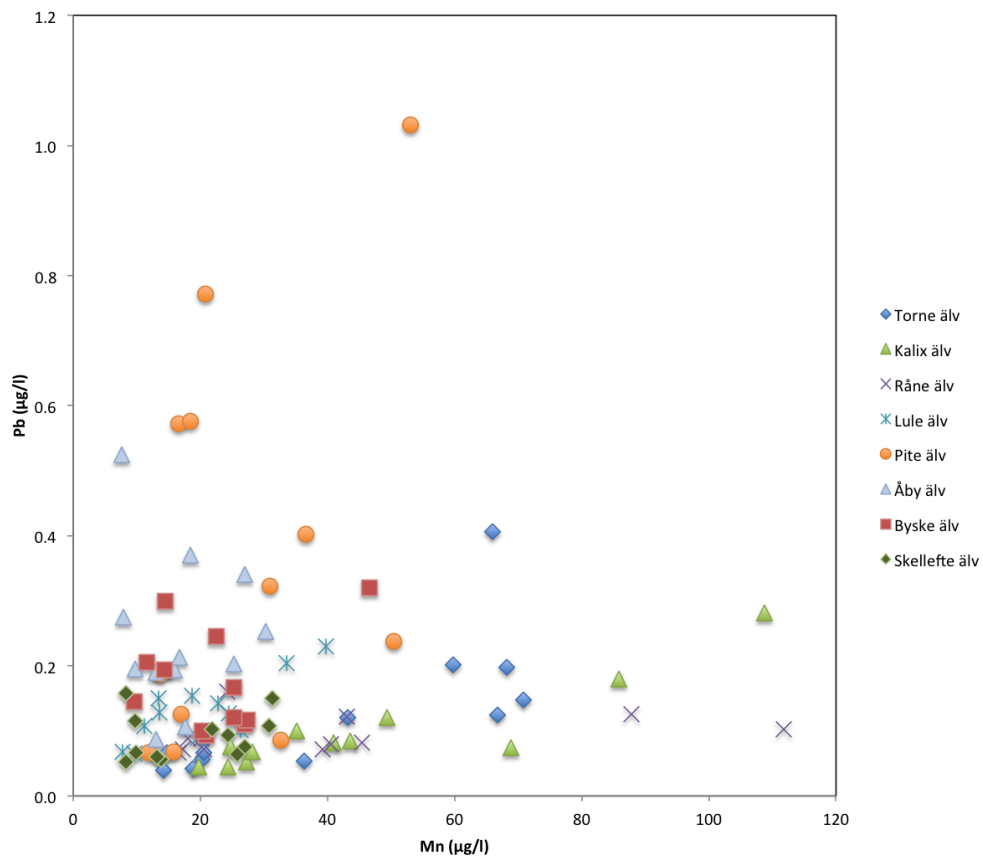
Zn (µg/l)	Torne älv	Sangis älv	Kalix älv	Råne älv	Lule älv	Pite älv	Åby älv	Byske älv	Skellefte älv
<i>januari</i>	1.2	2.6	1.3	0.8	2.6	4.2	2.7	2.4	3.0
<i>februari</i>	0.7	2.9	1.1	1.0	1.7	3.3	4.5	2.9	2.2
<i>mars</i>	1.0	1.9	0.8	0.9	1.7	3.4	5.4	4.3	1.8
<i>april</i>	5.6	6.2	2.1	1.1	2.0	9.5	7.6	3.7	2.1
<i>maj</i>	2.5	7.5	3.6	1.8	3.6	4.4	3.2	3.5	5.7
<i>juni</i>	1.9	6.1	2.2	1.5	2.2	1.1	1.0	1.0	4.6
<i>juli</i>	1.0	4.3	1.9	1.3	2.5	2.7	1.6	1.7	3.6
<i>augusti</i>	0.5	3.3	0.8	0.8	2.0	1.1	3.1	1.4	6.4
<i>september</i>	0.8	2.1	1.4	1.2	1.8	1.0	1.9	1.7	4.5
<i>oktober</i>	2.6	6.2	1.5	1.0	1.9	3.3	2.1	1.2	4.7
<i>november</i>	4.0	6.7	2.1	0.8	2.9	5.6	2.7	1.2	3.0
<i>december</i>	3.2	4.2	2.9	1.7	2.6	4.7	2.4	1.8	2.8

Bly

Bly är till stor del partikelbundet, vilket de låga halterna i reglerade älvar understryker. Piteälven visar höga halter under vintertid (Figur 46), vilka avtar med vårfloden. Varför halterna är så höga i Piteälven är svårförklarat.



Figur 44. Transporten av bly i Råne älv och Kalix älv.

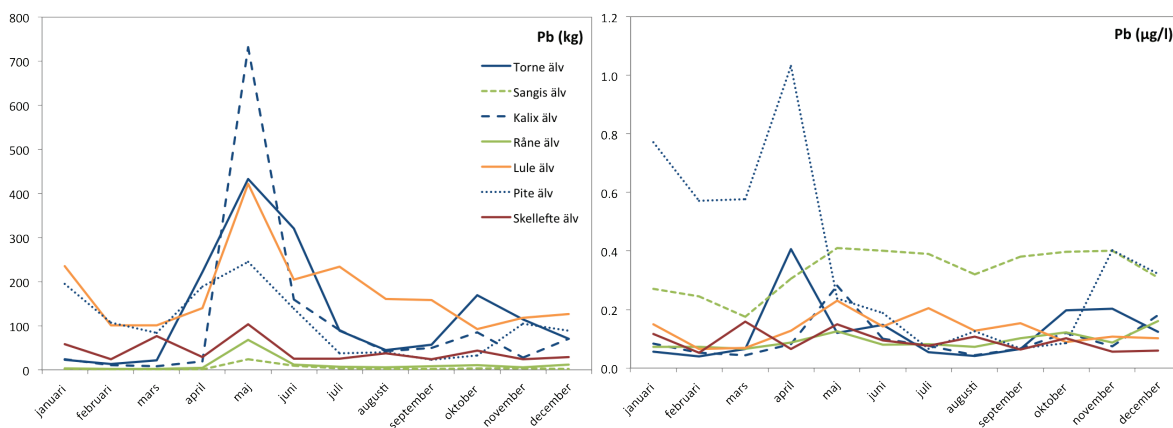


Figur 45. Sambandet mellan bly och mangan.

Tabell 20. Medeltransporten av bly, per månad, under en 5-årsperiod (2006-2010).

Pb (kg)	Torne älv	Sangis älv	Kalix älv	Råne älv	Lule älv	Pite älv	Åby älv	Byske älv	Skellefte älv
januari	23	1.6	24	3	235	195	3	6	58
februari	13	1.0	11	3	101	107	3	7	24
mars	22	0.6	8	2	101	84	6	11	76
april	221	1.3	20	4	140	189	17	16	29
maj	432	24.4	731	68	422	245	43	156	103
juni	320	9.1	159	12	204	138	5	15	26
juli	89	3.6	90	7	234	37	4	11	25
augusti	44	1.8	42	6	161	40	19	12	37
september	57	2.1	50	8	159	23	7	18	24
oktober	169	2.9	85	11	92	33	8	9	43
november	115	3.8	28	6	118	104	7	6	25
december	71	2.6	71	12	126	89	4	9	29
medelhalt	131	4.6	110	11.9	174	107	10	23	42

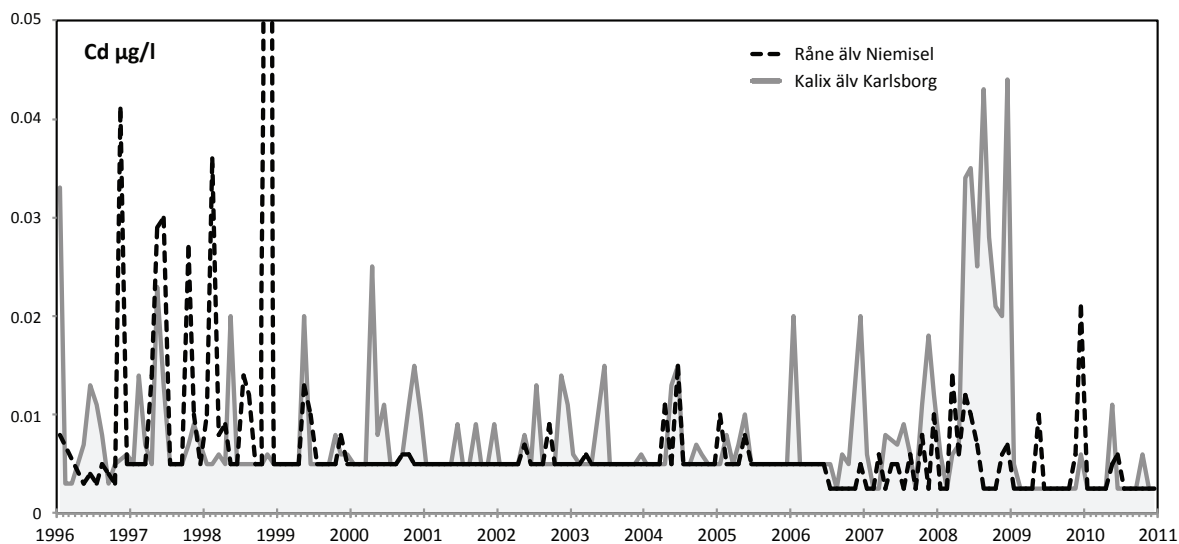
Pb (µg/l)	Torne älv	Sangis älv	Kalix älv	Råne älv	Lule älv	Pite älv	Åby älv	Byske älv	Skellefte älv
januari	0.06	0.27	0.08	0.07	0.15	0.77	0.20	0.15	0.12
februari	0.04	0.25	0.05	0.07	0.07	0.57	0.28	0.21	0.05
mars	0.07	0.18	0.04	0.07	0.07	0.58	0.53	0.30	0.16
april	0.41	0.31	0.08	0.09	0.13	1.03	0.37	0.25	0.07
maj	0.12	0.41	0.28	0.13	0.23	0.24	0.25	0.32	0.15
juni	0.15	0.40	0.10	0.08	0.14	0.19	0.09	0.09	0.09
juli	0.05	0.39	0.08	0.08	0.20	0.07	0.11	0.11	0.08
augusti	0.04	0.32	0.04	0.07	0.13	0.13	0.34	0.12	0.11
september	0.07	0.38	0.07	0.10	0.15	0.07	0.19	0.17	0.06
oktober	0.20	0.40	0.12	0.12	0.09	0.09	0.21	0.10	0.10
november	0.20	0.40	0.07	0.09	0.11	0.40	0.20	0.12	0.06
december	0.12	0.31	0.18	0.16	0.10	0.32	0.19	0.19	0.06
medelhalt	0.13	0.33	0.10	0.09	0.13	0.37	0.25	0.18	0.09



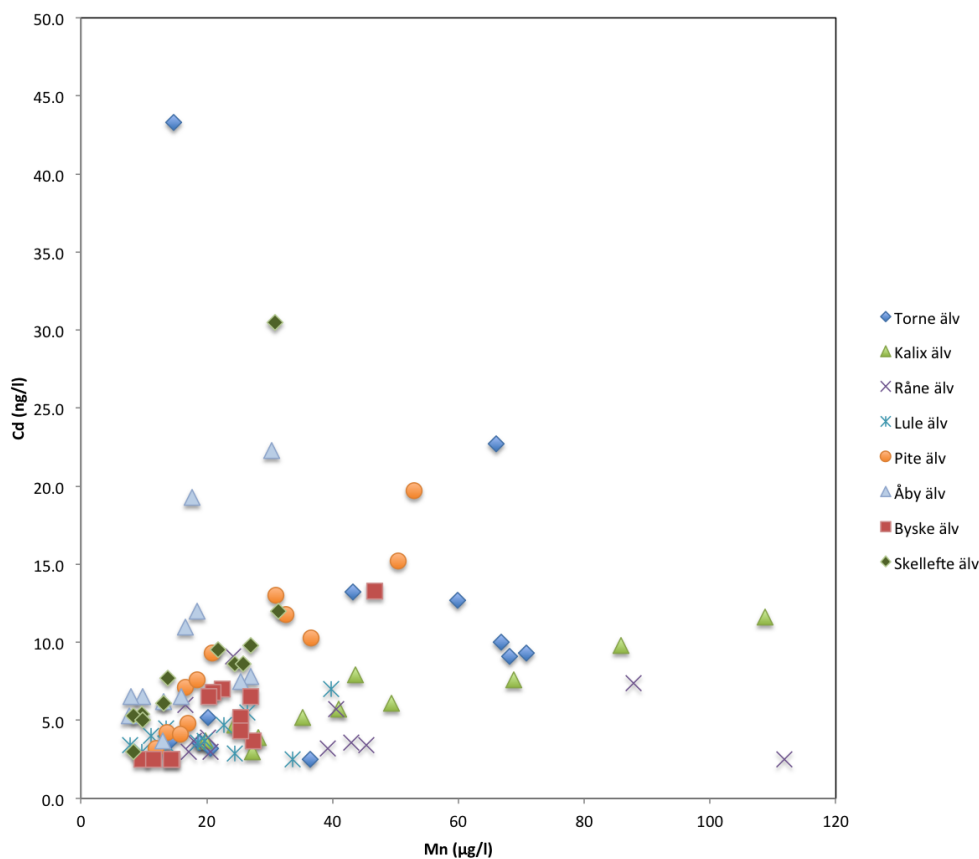
Figur 46. Transporten av bly under en årscykel. Värdena baserade på ett 5-årsmedelvärde (2006-2010).

Kadmium

Figur 47 visar tydligt hur dålig datakvaliteten är för kadmium. Efter 2006 har detektionsgränsen förbättrats men kvaliteten är fortfarande inte bra. Det verkar också inte rimligt att kadmiumvärdet kan hoppa en faktor 10 från en månad till en annan. Flera älvar har hoppande kadmiumhalter. Vissa älvar, Kalix och Piteå, visar en korrelation mellan kadmium och mangan (Figur 48). Men det är osäkert på grund av den bristande datakvaliteten.



Figur 47. Transporten av kadmium i Råne älv och Kalix älv.

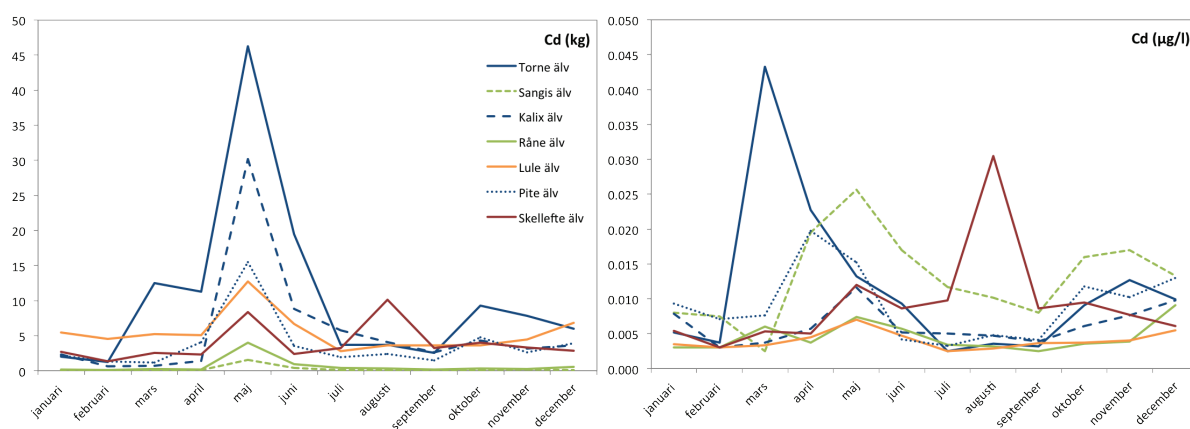


Figur 48. Sambandet mellan kadmium och mangan.

Tabell 21. Medeltransporten av kadmium, per månad, under en 5-årsperiod (2006-2010).

Cd (kg)	Torne älv	Sangis älv	Kalix älv	Råne älv	Lule älv	Pite älv	Åby älv	Byske älv	Skellefte älv
januari	2.0	0.05	2.4	0.14	5.4	2.2	0.09	0.10	2.7
februari	1.2	0.03	0.6	0.11	4.5	1.3	0.07	0.08	1.4
mars	12.5	0.01	0.7	0.23	5.2	1.2	0.06	0.09	2.6
april	11.3	0.09	1.4	0.15	5.1	4.1	0.53	0.42	2.3
maj	46.2	1.52	30.2	3.99	12.8	15.5	4.07	6.63	8.4
juni	19.4	0.39	8.9	0.94	6.7	3.5	0.20	1.09	2.4
juli	3.7	0.10	5.7	0.38	2.8	1.9	0.80	0.60	3.2
augusti	3.7	0.07	4.1	0.31	3.7	2.4	0.42	0.37	10.1
september	2.6	0.05	2.6	0.21	3.6	1.4	0.23	0.53	3.3
oktober	9.3	0.13	4.3	0.37	3.6	4.7	0.48	0.61	4.0
november	7.8	0.17	3.2	0.24	4.5	2.6	0.28	0.22	3.3
december	6.0	0.12	3.6	0.59	6.8	4.0	0.13	0.11	2.9
medelhalt	10	0.23	6	0.64	5.4	3.7	0.61	0.9	3.9

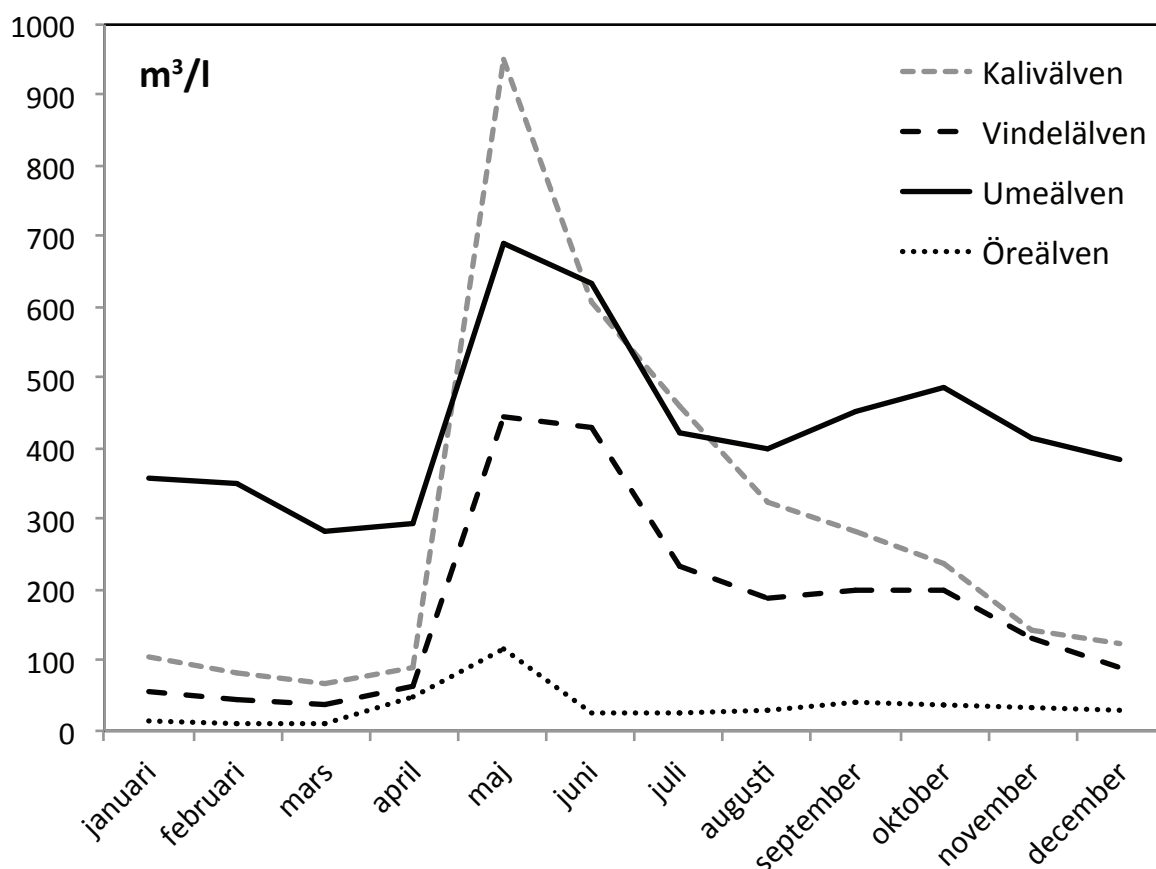
Cd (ng/l)	Torne älv	Sangis älv	Kalix älv	Råne älv	Lule älv	Pite älv	Åby älv	Byske älv	Skellefte älv
januari	5.2	8.0	7.9	3.0	3.5	9.3	6.5	2.5	5.4
februari	3.7	7.5	3.0	3.0	3.0	7.1	6.5	2.5	3.0
mars	43.3	2.5	3.7	6.0	3.4	7.6	5.3	2.5	5.3
april	22.7	19.5	5.7	3.7	4.5	19.7	12.0	7.0	5.0
maj	13.2	25.7	11.6	7.4	7.0	15.2	22.3	13.3	12.0
juni	9.3	17.0	5.2	5.7	4.7	4.2	3.7	6.8	8.6
juli	2.5	11.7	5.0	3.4	2.5	3.2	19.3	6.5	9.8
augusti	3.6	10.2	4.7	3.2	2.9	4.8	7.8	3.7	30.5
september	3.2	8.0	3.9	2.5	3.6	4.1	6.5	5.2	8.6
oktober	9.1	16.0	6.1	3.6	3.7	11.8	11.0	6.5	9.5
november	12.7	17.0	7.6	3.9	4.0	10.3	7.5	4.3	7.7
december	10.0	13.3	9.8	9.1	5.5	13.0	6.2	2.5	6.1
medelhalt	12	13	6.2	4.5	4.0	9.2	9.5	5.3	9.3



Figur 49. Transporten av kadmium under en årscykel. Värdena baserade på ett 5-årsmedelvärde (2006-2010).

Älvar till Kvarken

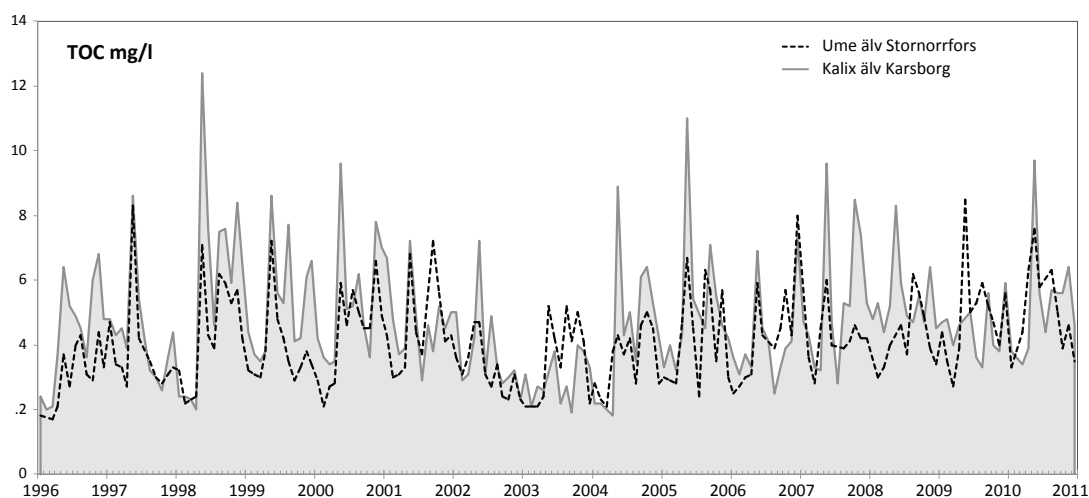
I denna del behandlas Umeälven, Vindelälven och Öreälven. Ume- och Öreälven avvattnar till Kvarken. Vindelälven är ett biflöde till Umeälven. Umeälvens (plus Vindelälvens) avrinningsområde är lika stort som Luleälvens. Öreälvens avrinningsområde och vattenföringen är jämförbara med Byskeälvens. Vindelälvens avrinningsområde omfattar 12650 km². Vid mynningen i Umeälven är medelvattenföring 190 m³/s. Därmed är Vindelälven Sveriges största biflod.



Figur 50. Vattenföringen i Vindelälven, Umeälven och Öreälven i jämförelse med Kalix älv.

Organiskt kol

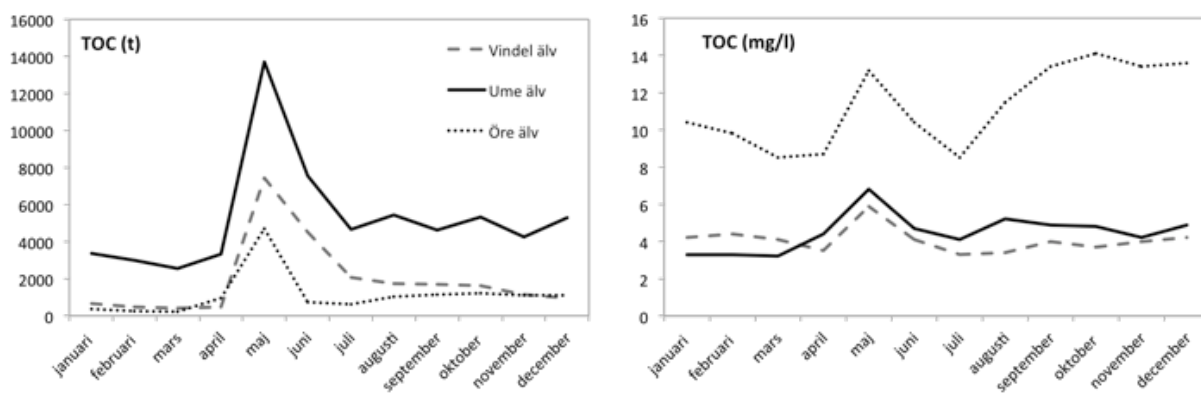
Alla tre älvarna har sina högsta halter under vårfloeden (Figur 52). Öreälv, som är en skogsälv, visar höga TOC halter, speciellt under hösten.



Figur 51. Transporten av organiskt kol i Ume älv jämfört med Kalixälven.

Tabell 22. Medeltransporten av TOC per månad, under en 5-årsperiod (2006-2010).

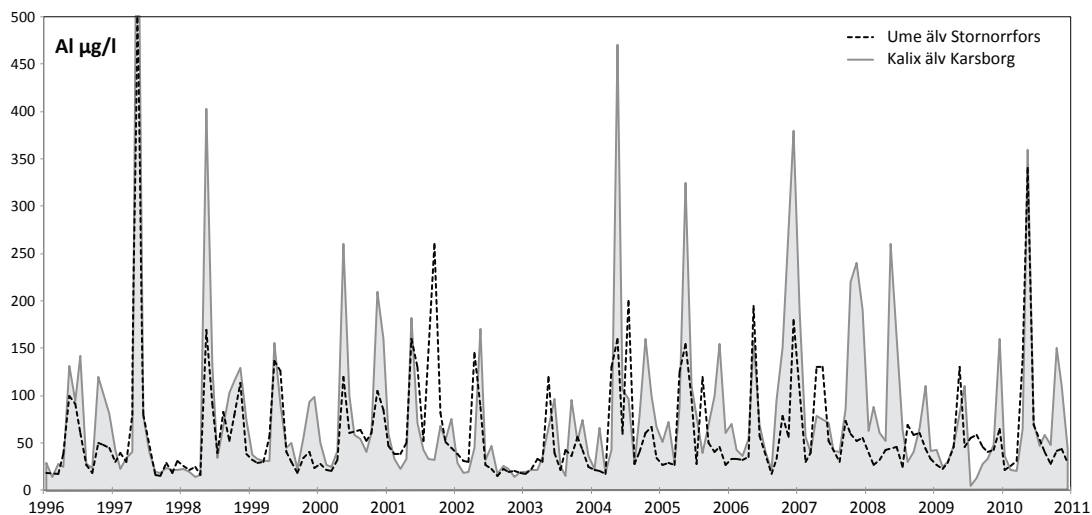
TOC (t)	Vindel älv	Ume älv	Öre älv	TOC (mg/l)	Vindel älv	Ume älv	Öre älv
januari	659	3371	375	januari	4.2	3.3	10.4
februari	488	2982	249	februari	4.4	3.3	9.8
mars	408	2545	219	mars	4.1	3.2	8.5
april	485	3311	952	april	3.5	4.4	8.7
maj	7453	13704	4691	maj	5.9	6.8	13.2
juni	4508	7536	736	juni	4.1	4.7	10.4
juli	2057	4649	623	juli	3.3	4.1	8.5
augusti	1716	5440	1040	augusti	3.4	5.2	11.5
september	1690	4621	1145	september	4.0	4.9	13.4
oktober	1624	5325	1223	oktober	3.7	4.8	14.1
november	1144	4262	1096	november	4.0	4.2	13.4
december	950	5281	1112	december	4.2	4.9	13.6
medelhal	1932	5252	1122	medelhalt	4.1	4.5	11.3



Figur 52. Transporten av organisk kol i Vindelälven, Umeälven och Öreälven under en årscykel.

Aluminium

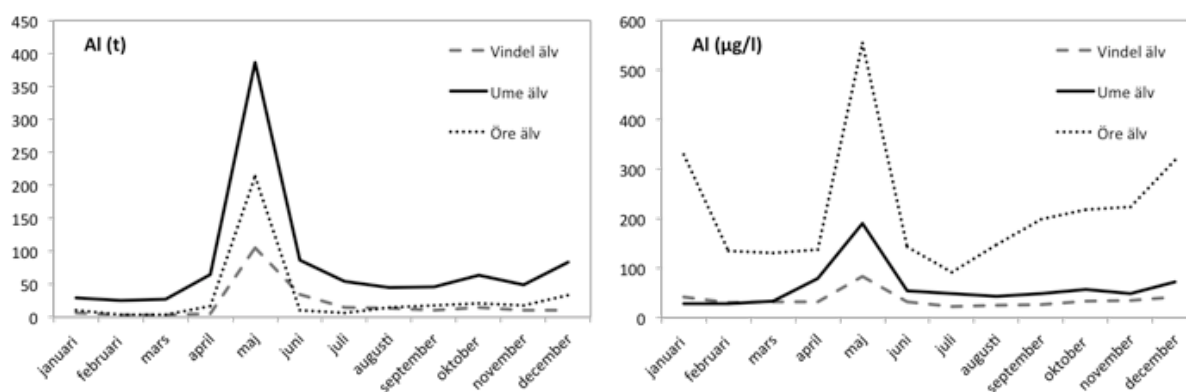
Öreälven visar höga halter av aluminium året om (Figur 54 och Tabell 23). Bara Sangisälven har högre halter. Men jämfört med Sangisälven transporterar Öreälven sex gånger så mycket aluminium under ett år.



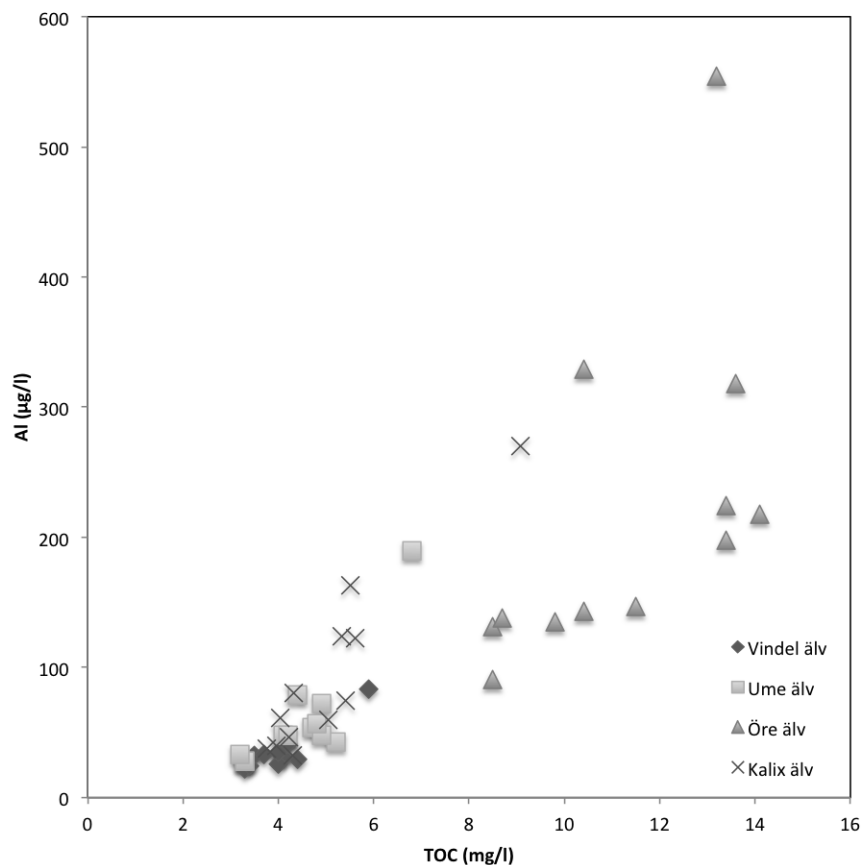
Figur 53. Transporten av aluminium i Ume älv jämfört med Kalixälven.

Tabell 23. Medeltransporten av aluminium, per månad, under en 5-årsperiod (2006-2010).

Al (t)	Vindel älv	Ume älv	Öre älv	Al (µg/l)	Vindel älv	Ume älv	Öre älv
januari	6.5	29	10.1	januari	41	28	329
februari	3.3	25	3.4	februari	29.8	28	135
mars	3.1	27	3.4	mars	31	33	131
april	5.2	64	16.0	april	32.2	79	138
maj	104.8	386	213.9	maj	83.4	190	554
juni	34.3	86	10.3	juni	31.4	54	143
juli	14.2	54	5.8	juli	22.2	48	91
augusti	13.1	45	14.3	augusti	24.3	43	147
september	10.7	46	17.1	september	25.6	48	198
oktober	14.7	63	21.1	oktober	33.2	57	218
november	10.1	49	17.7	november	34.6	48	224
december	10.1	83	32.8	december	41.2	72	318
medelhalt	19	80	30	medelhalt	36	61	219



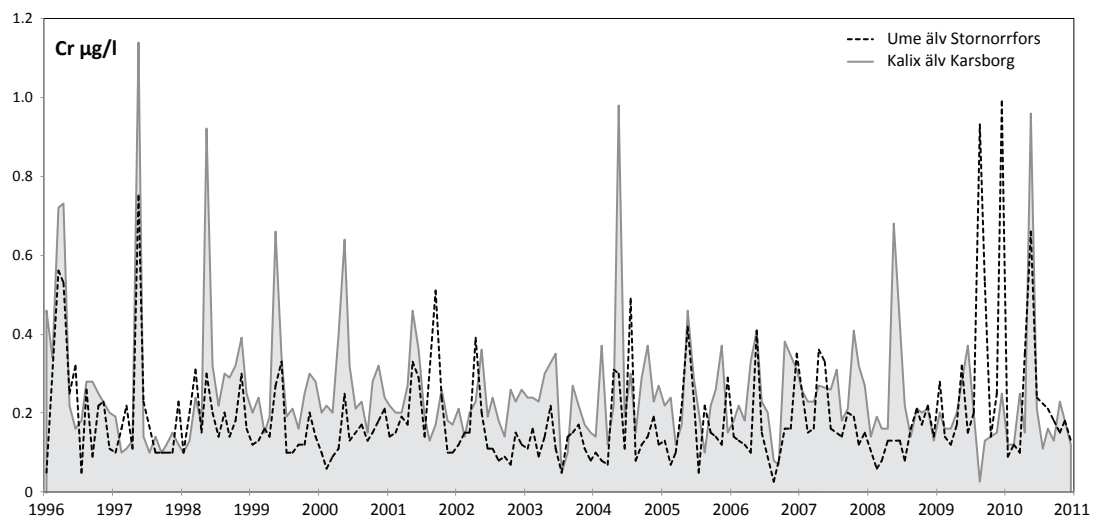
Figur 54. Transporten av aluminium i Vindelälven, Umeälven och Öreälven under en årscykel.



Figur 55. Sambandet mellan aluminium och TOC.

Krom

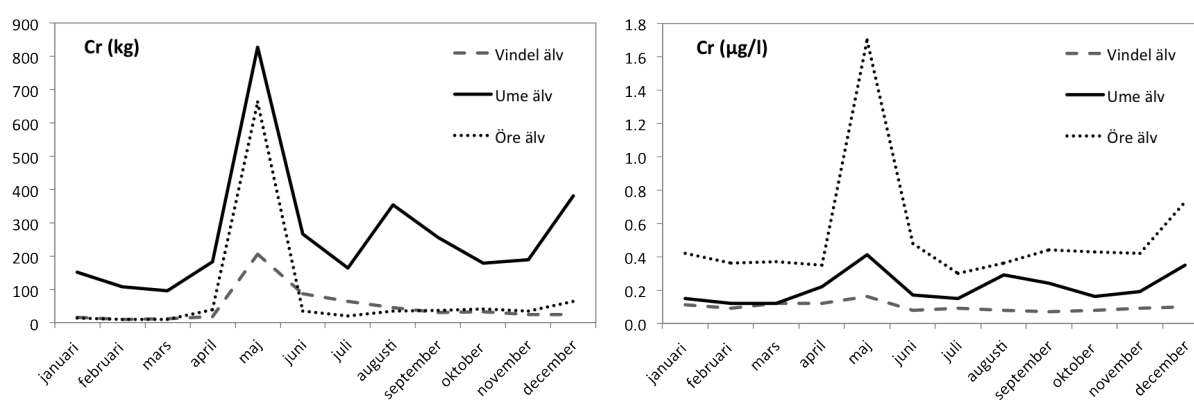
Särskilt under vårfloden visar Öreälven höga halter av krom (Figur 57). Halterna i maj är de högsta av alla studerade älvar. Transporterad mängd av aluminium är då nästan lika med Umeälvens. Aluminium och krom visar generellt ett linjärt samband vilket inte är självklart i varje älv (Figur 58).



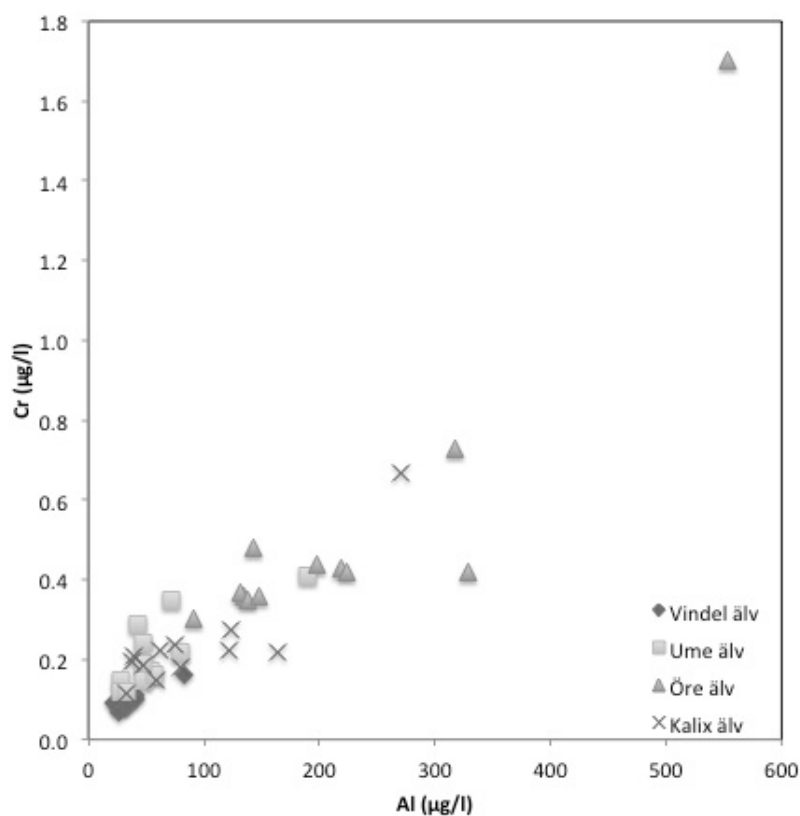
Figur 56. Transporten av krom i Ume älv jämfört med Kalixälven.

Tabell 24. Medeltransporten av krom, per månad, under en 5-årsperiod (2006-2010).

Cr (kg)	Vindel älv	Ume älv	Öre älv	Cr (µg/l)	Vindel älv	Ume älv	Öre älv
januari	16	152	15	januari	0.11	0.15	0.42
februari	10	107	9	februari	0.09	0.12	0.36
mars	12	96	9	mars	0.12	0.12	0.37
april	19	182	40	april	0.12	0.22	0.35
maj	205	828	663	maj	0.16	0.41	1.70
juni	87	267	36	juni	0.08	0.17	0.48
juli	64	164	20	juli	0.09	0.15	0.30
augusti	45	354	34	augusti	0.08	0.29	0.36
september	30	255	38	september	0.07	0.24	0.44
oktober	33	179	41	oktober	0.08	0.16	0.43
november	25	189	34	november	0.09	0.19	0.42
december	24	381	65	december	0.10	0.35	0.73
medelhalt	48	263	84	medelhalt	0.10	0.21	0.53



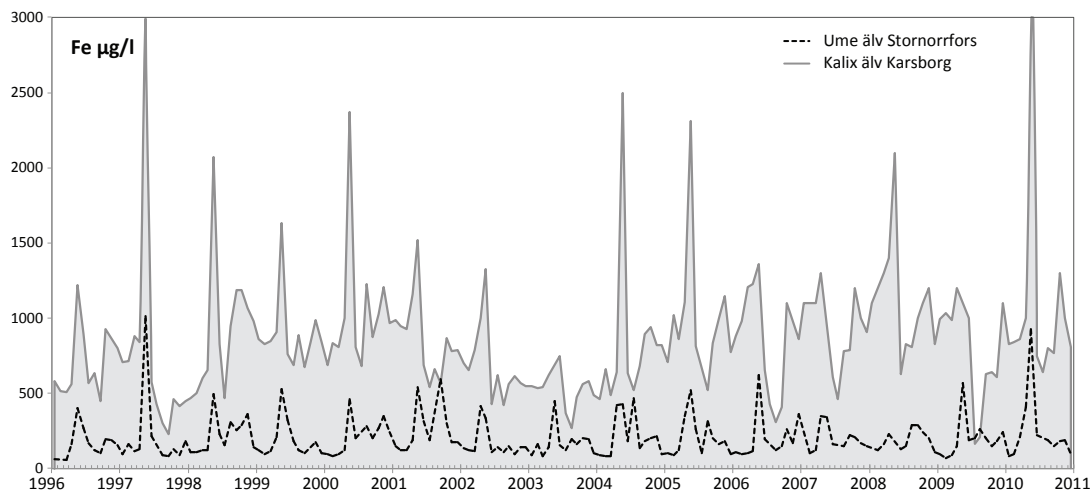
Figur 57. Transporten av krom i små kustnära vattendrag under en årscykel.



Figur 58. Sambandet mellan krom och aluminium.

Järn

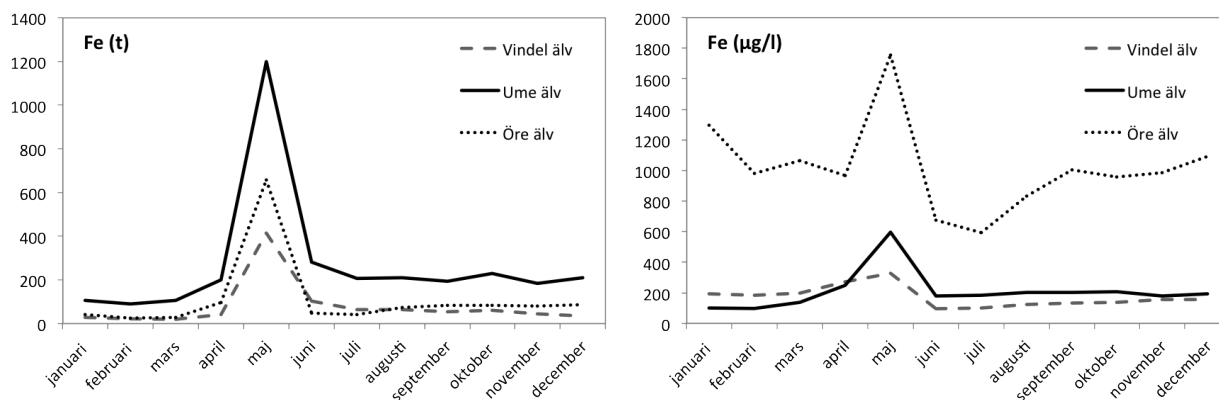
Umeälven och Vindelälven har jämförd med de andra älvar låga halter av järn (Tabell 15). Bara Luleälven och Skellefteälven har lika låga halter. Öreälven visar höga halter (Figur 60). Högsta är de under vårfloden, men även under höst och vinter är halterna höga. Bara under sommartid går halterna ner.



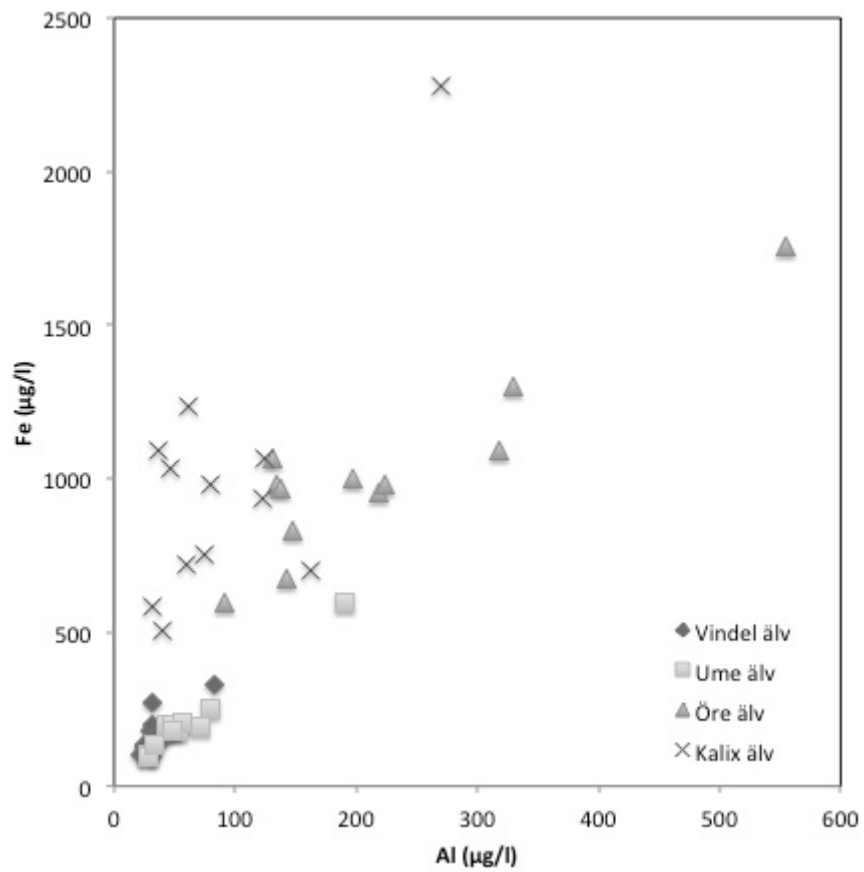
Figur 59. Transporten av järn i Ume älv jämfört med Kalixälven.

Tabell 25. Medeltransporten av järn, per månad, under en 5-årsperiod (2006-2010).

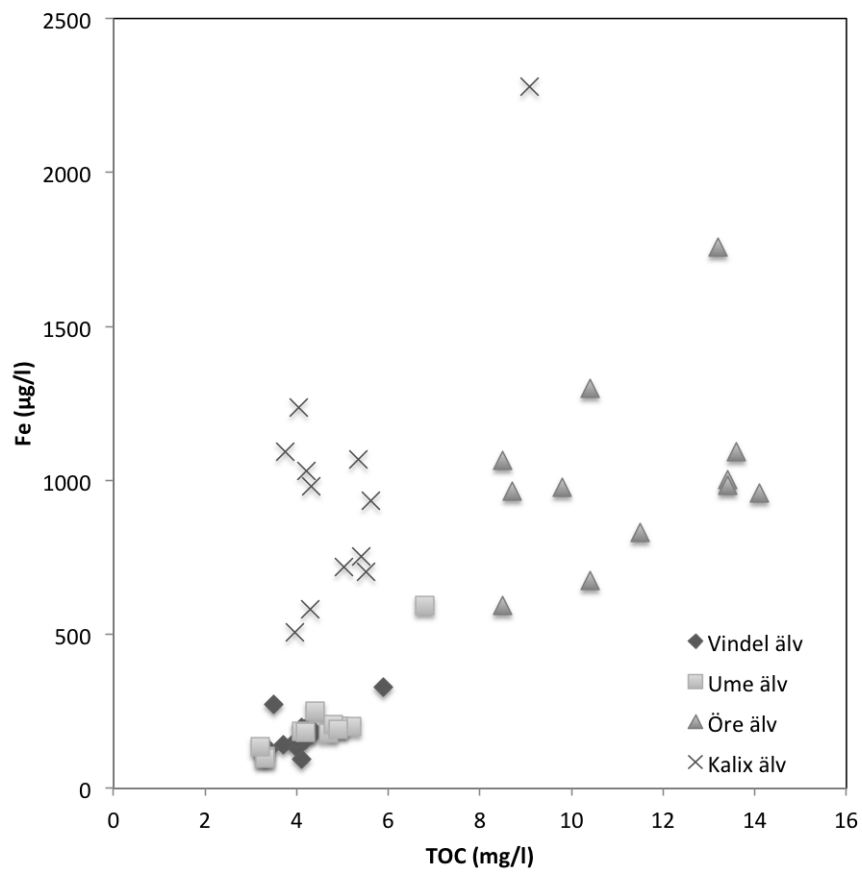
Fe (t)	Vindel älv	Ume älv	Öre älv	Fe (µg/l)	Vindel älv	Ume älv	Öre älv
<i>januari</i>	30	105	41	<i>januari</i>	193	103	1298
<i>februari</i>	21	89	24	<i>februari</i>	183	98	979
<i>mars</i>	20	106	27	<i>mars</i>	198	136	1066
<i>april</i>	43	201	98	<i>april</i>	271	251	966
<i>maj</i>	415	1200	657	<i>maj</i>	330	595	1757
<i>juni</i>	102	280	48	<i>juni</i>	96	179	676
<i>juli</i>	63	206	40	<i>juli</i>	100	184	594
<i>augusti</i>	65	209	75	<i>augusti</i>	126	202	832
<i>september</i>	55	193	85	<i>september</i>	132	202	1004
<i>oktober</i>	60	230	84	<i>oktober</i>	140	208	958
<i>november</i>	45	184	79	<i>november</i>	158	182	984
<i>december</i>	36	211	86	<i>december</i>	156	192	1092
medelhalt	80	268	112	medelhalt	174	211	1017



Figur 60. Transporten av järn i Vindelälven, Umeälven och Öreälven under en årscykel.



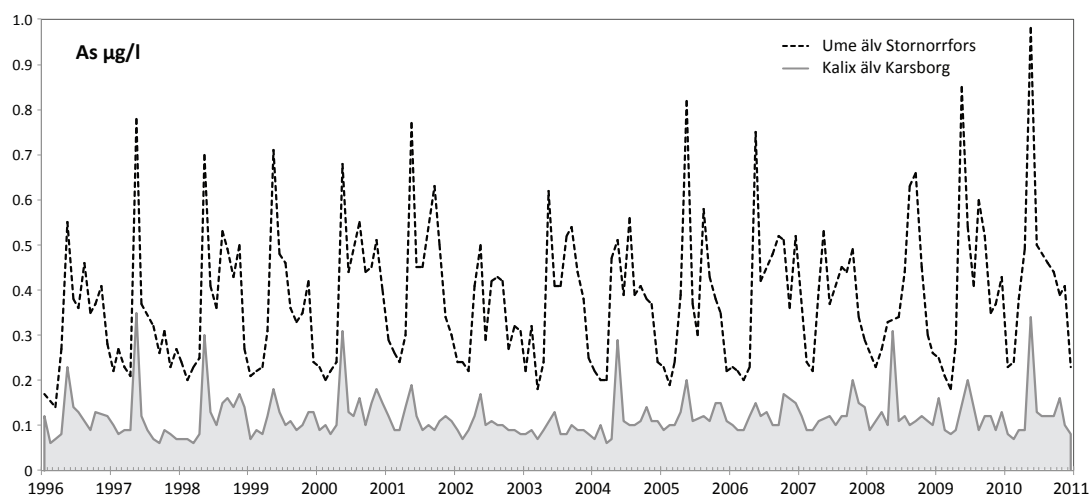
Figur 61. Sambandet mellan järn och aluminium.



Figur 62. Sambandet mellan järn och TOC.

Arsenik

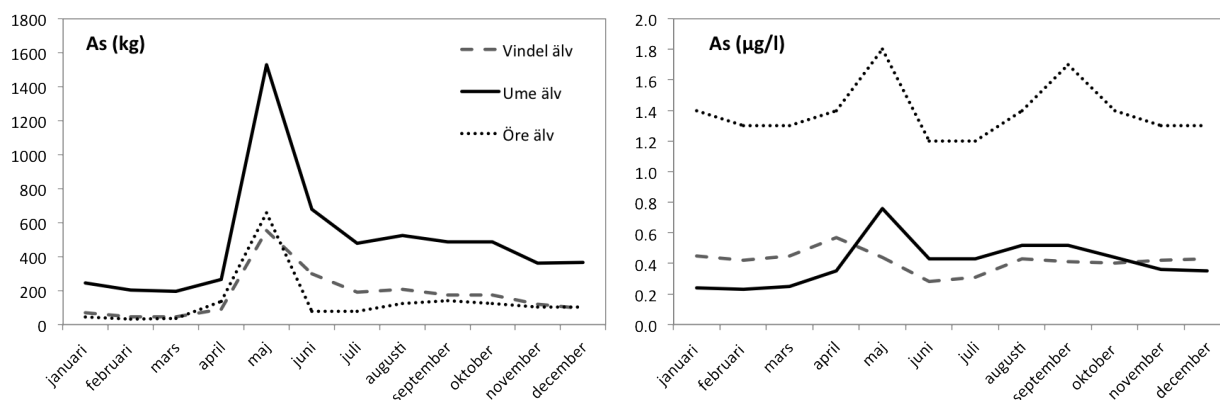
Umeälven har klart högre halter arsenik jämfört med Kalixälven (Figur 63). Halterna av arsenik i Vindelälven och Umeälven är ungefär lika som i Åby-, Byske- och Skellefteälven. Men Öreälvens arsenikhalter är mer än tre gånger högre. Öreälven visar förhöjda arsenikhalter både under vår och höst (Figur 64). Arsenik och järn är korrelerade med varandra i de tre älvarna (Figur 65).



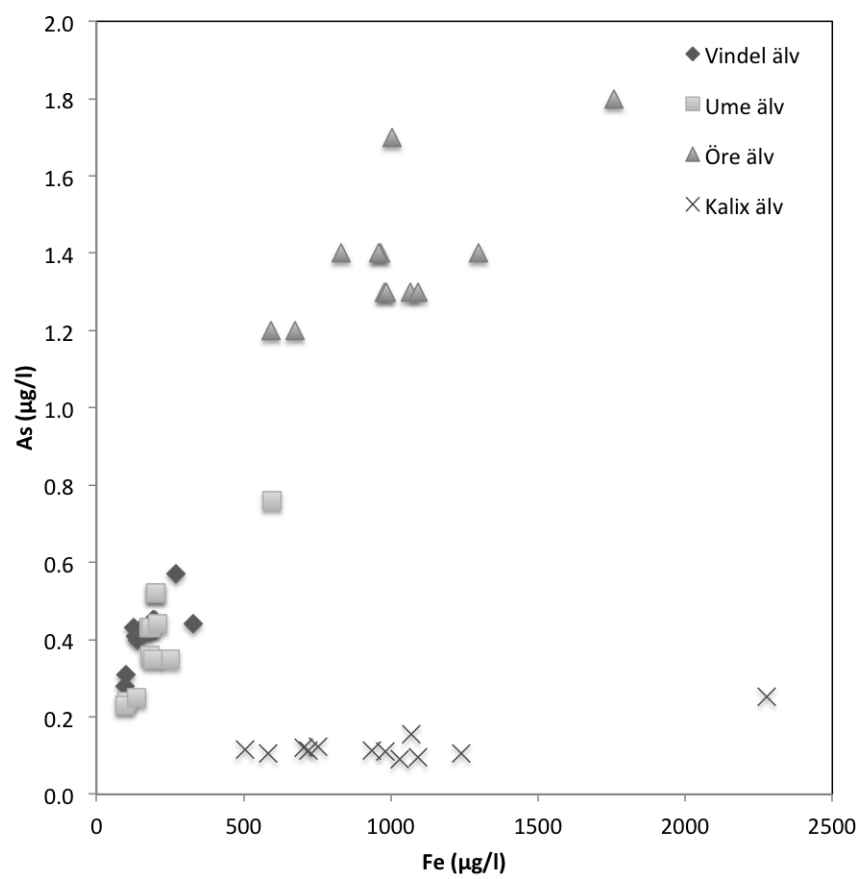
Figur 63. Transporten av arsenik i Ume älv jämfört med Kalixälven.

Tabell 26. Medeltransporten av arsenik, per månad, under en 5-årsperiod (2006-2010).

As (kg)	Vindel älv	Ume älv	Öre älv	As (µg/l)	Vindel älv	Ume älv	Öre älv
januari	69	244	46	januari	0.45	0.24	1.4
februari	47	205	32	februari	0.42	0.23	1.3
mars	46	196	35	mars	0.45	0.25	1.3
april	89	268	138	april	0.57	0.35	1.4
maj	553	1530	659	maj	0.44	0.76	1.8
juni	300	679	80	juni	0.28	0.43	1.2
juli	193	480	80	juli	0.31	0.43	1.2
augusti	209	525	123	augusti	0.43	0.52	1.4
september	173	485	141	september	0.41	0.52	1.7
oktober	174	485	123	oktober	0.40	0.44	1.4
november	122	362	105	november	0.42	0.36	1.3
december	97	367	102	december	0.43	0.35	1.3
medelhalt	173	486	139	medelhalt	0.42	0.41	1.39



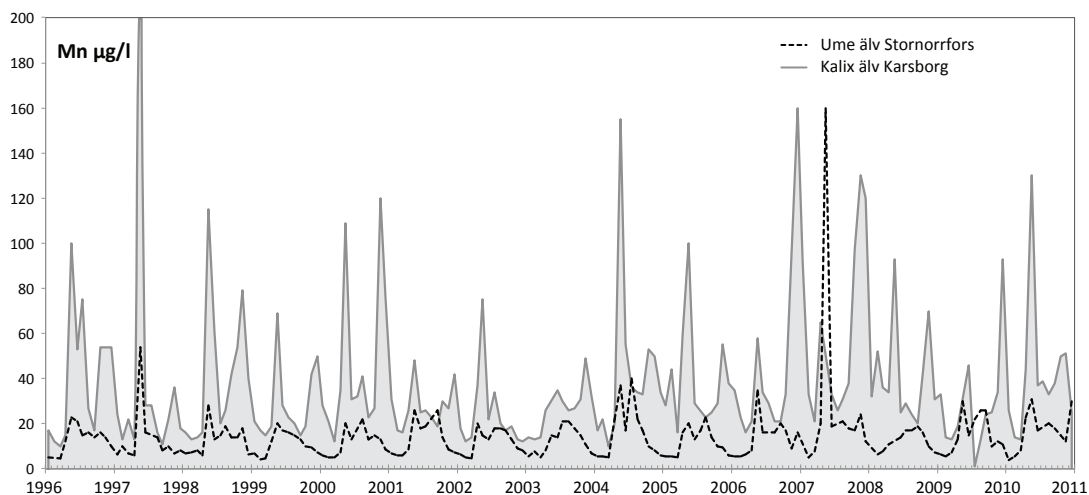
Figur 64. Transporten av arsenik i Vindelälven, Umeälven och Öreälven under en årscykel.



Figur 65. Sambandet mellan arsenik och järn.

Mangan

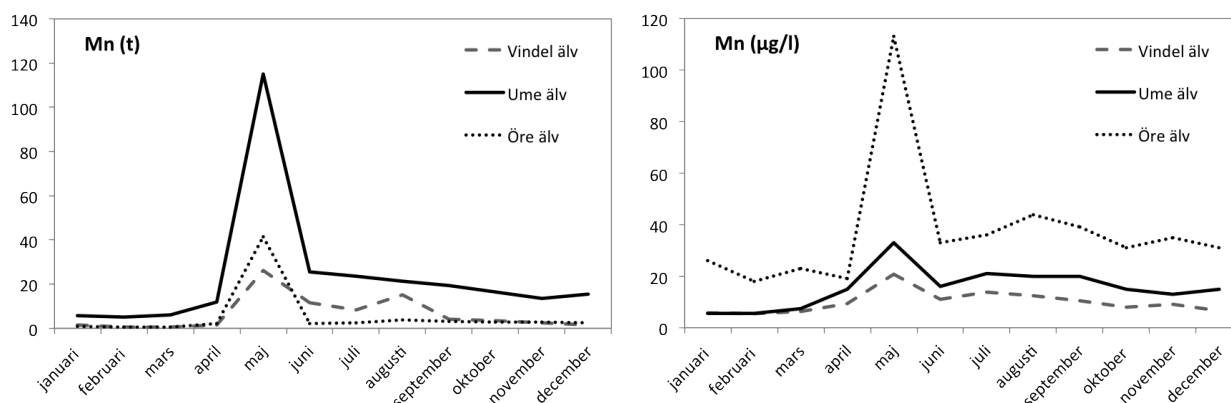
Halterna av mangan är betydligt lägre i Umeälven och Vindelälven i jämförelse med Kalixälven (Figur 66). Öreälven visar höga halter av mangan, speciellt under vårfloden (Figur 67). Mangan visar ingen uppenbar relation till TOC, aluminium eller järn (Figur 68, 69 och 70).



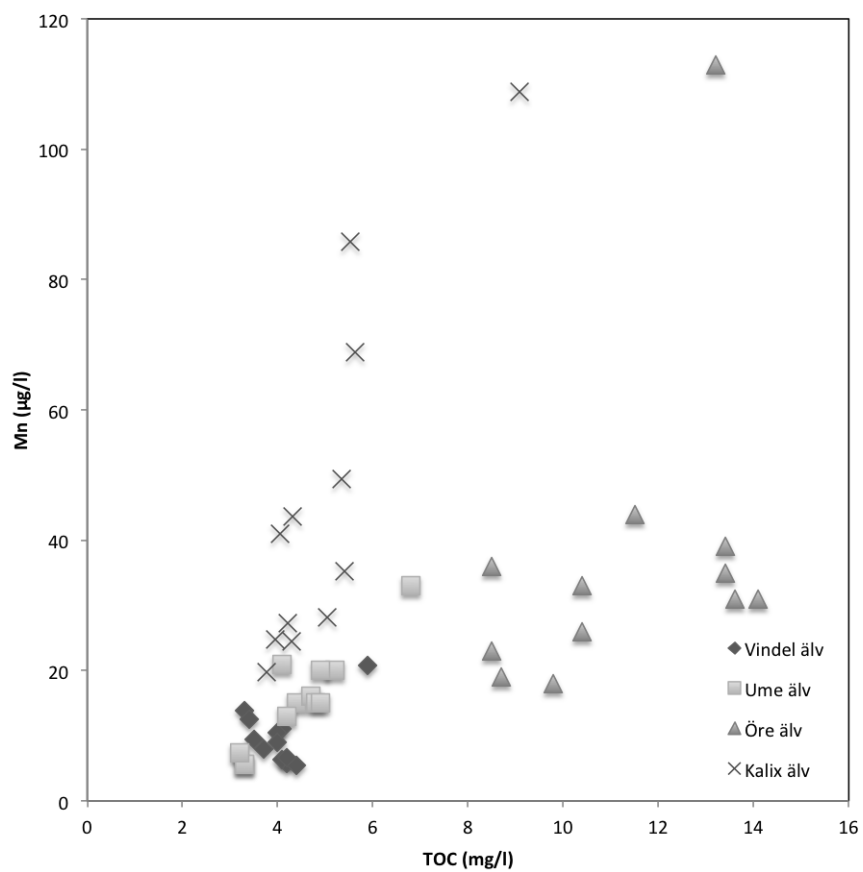
Figur 66. Transporten av mangan i Ume älv jämfört med Kalixälven.

Tabell 27. Medeltransporten av mangan, per månad, under en 5-årsperiod (2006-2010).

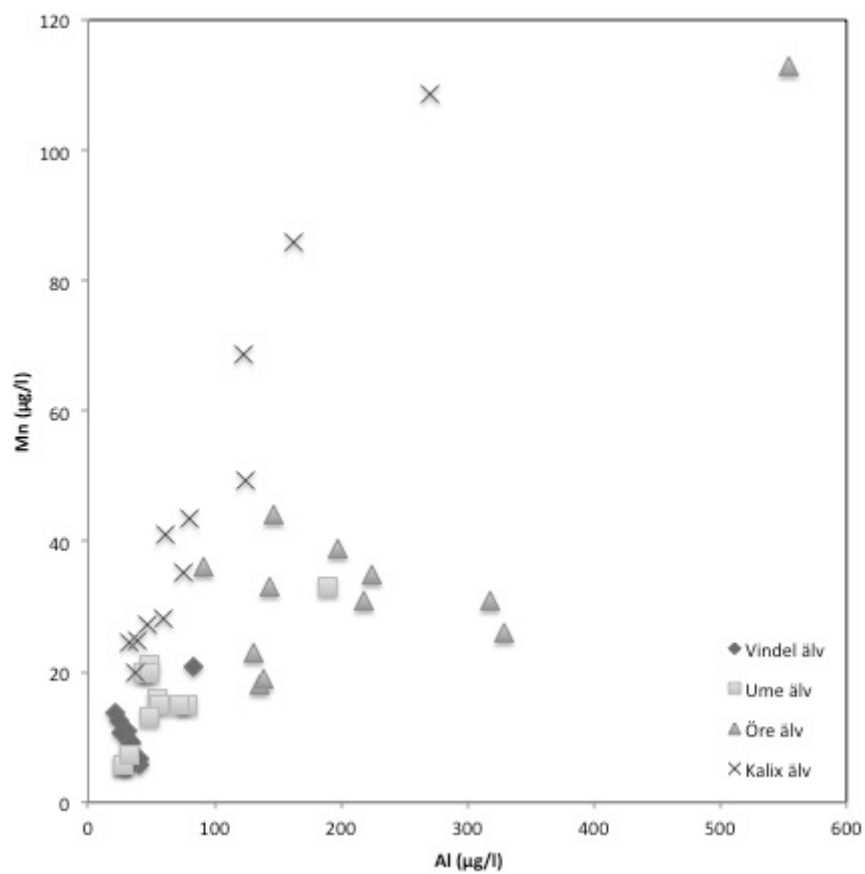
Mn (t)	Vindel älv	Ume älv	Öre älv	Mn (µg/l)	Vindel älv	Ume älv	Öre älv
januari	1.6	5.7	0.88	januari	5.8	5.6	26
februari	0.6	5.0	0.45	februari	5.5	5.6	18
mars	0.6	6.0	0.57	mars	6.3	7.4	23
april	1.6	11.9	2.05	april	9.4	15	19
maj	26.2	115.1	41.43	maj	20.8	33	113
juni	11.7	25.6	2.33	juni	11.1	16	33
juli	8.5	23.5	2.56	juli	13.8	21	36
augusti	15.2	21.3	3.89	augusti	12.5	20	44
september	4.3	19.5	3.31	september	10.5	20	39
oktober	3.4	16.4	2.92	oktober	8.0	15	31
november	2.6	13.6	2.72	november	9.0	13	35
december	1.5	15.5	2.67	december	6.7	15	31
medelhalt	6	23	5	medelhalt	10	16	37



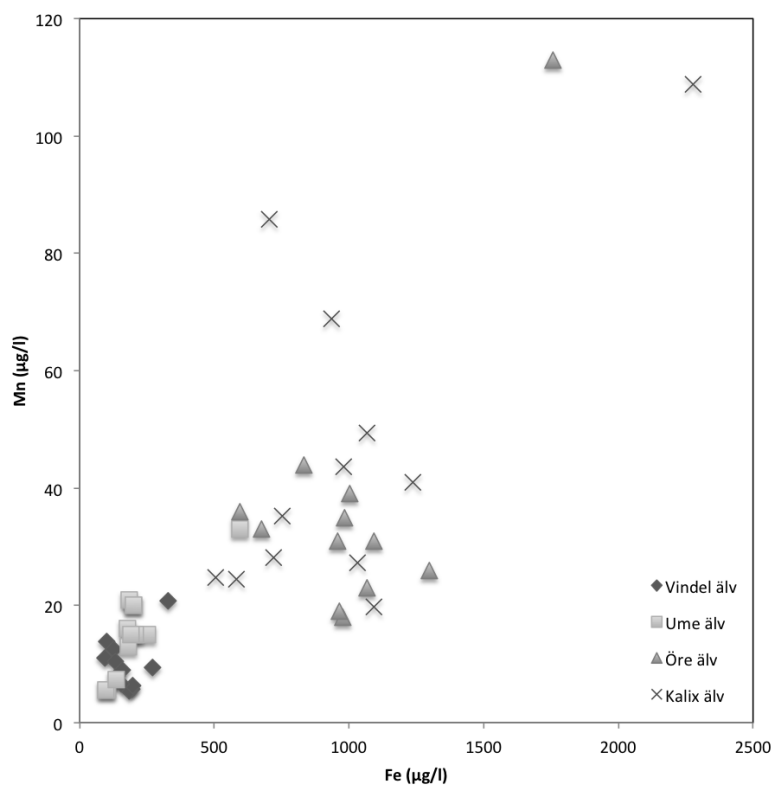
Figur 67. Transporten av mangan i Vindelälven, Umeälven och Öreälven under en årscykel.



Figur 68. Sambandet mellan mangan och TOC.



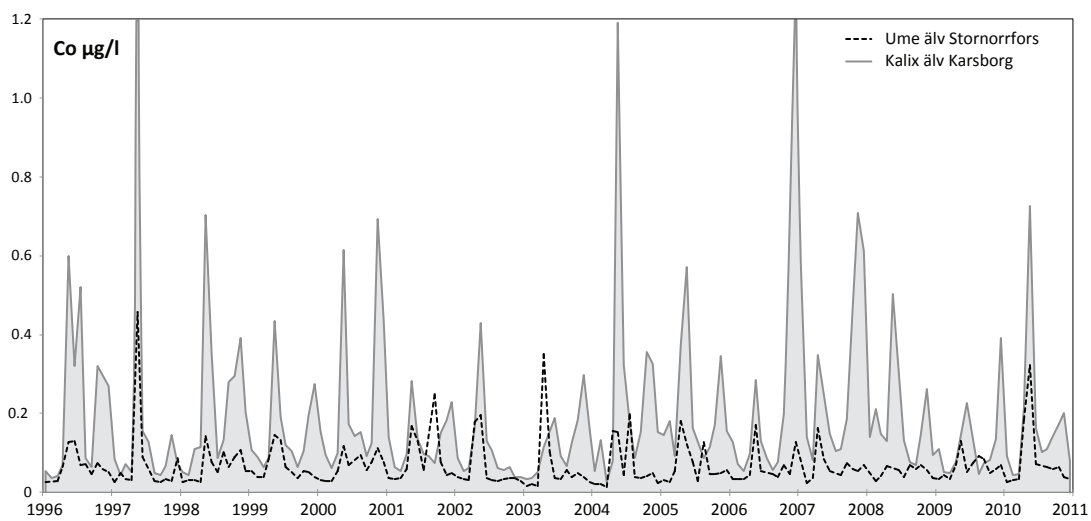
Figur 69. Sambandet mellan mangan och aluminium.



Figur 70. Sambandet mellan mangan och järn .

Kobolt

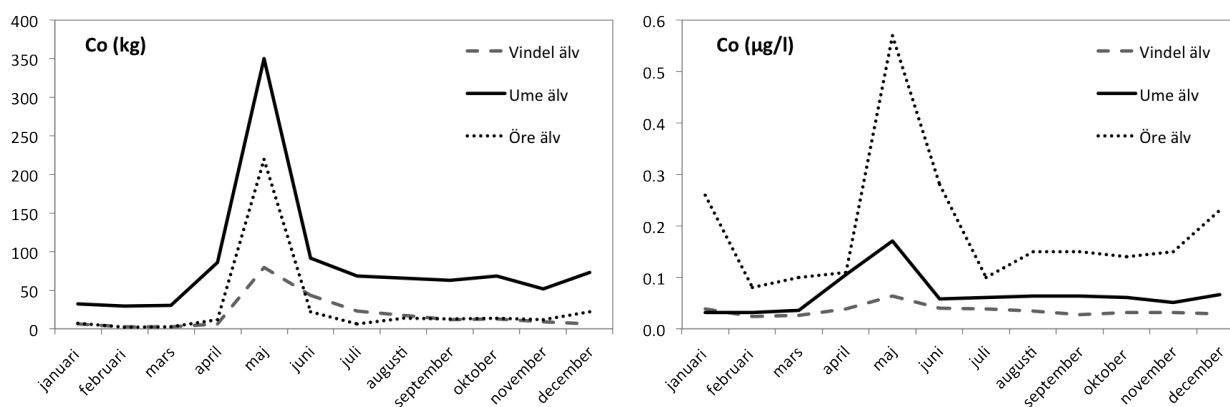
Kobolthalterna i Ume- och Vindelälven är relativt låga (Tabell 28). Figur 73 visar ett stark korrelation mellan mangan och kobolt i Kalixälven, en relation som inte återfinns i Umeälven, Vindelälven eller Öreälven.



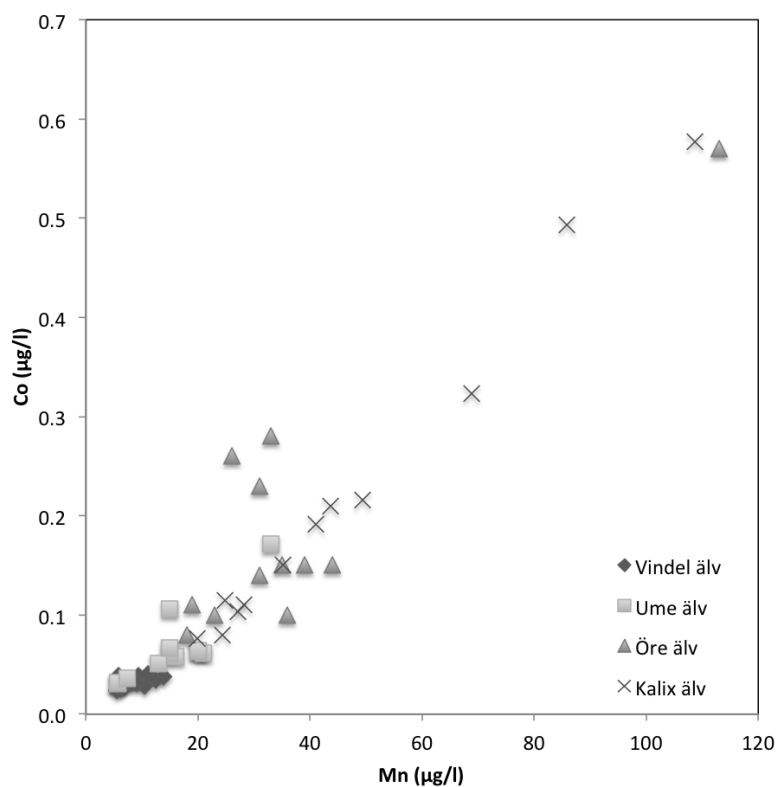
Figur 71. Transporten av kobolt i Ume älv jämfört med Kalixälven.

Tabell 28. Medeltransporten av kobolt, per månad, under en 5-årsperiod (2006-2010).

Co (kg)	Vindel älv	Ume älv	Öre älv	Co (µg/l)	Vindel älv	Ume älv	Öre älv
januari	5.9	32	7.6	januari	0.039	0.031	0.26
februari	2.6	29	2.1	februari	0.024	0.032	0.08
mars	2.6	30	2.5	mars	0.026	0.036	0.10
april	6.2	86	12.2	april	0.039	0.106	0.11
maj	79.5	350	219.4	maj	0.064	0.171	0.57
juni	43.5	92	21.7	juni	0.040	0.058	0.28
juli	23.3	68	6.7	juli	0.038	0.061	0.10
augusti	17.2	66	14.0	augusti	0.034	0.063	0.15
september	12.3	63	13.1	september	0.028	0.064	0.15
oktober	13.1	68	14.0	oktober	0.031	0.061	0.14
november	8.9	52	12.0	november	0.031	0.051	0.15
december	6.5	73	21.9	december	0.029	0.067	0.23
medelhalt	18	84	29	medelhalt	0.04	0.07	0.19



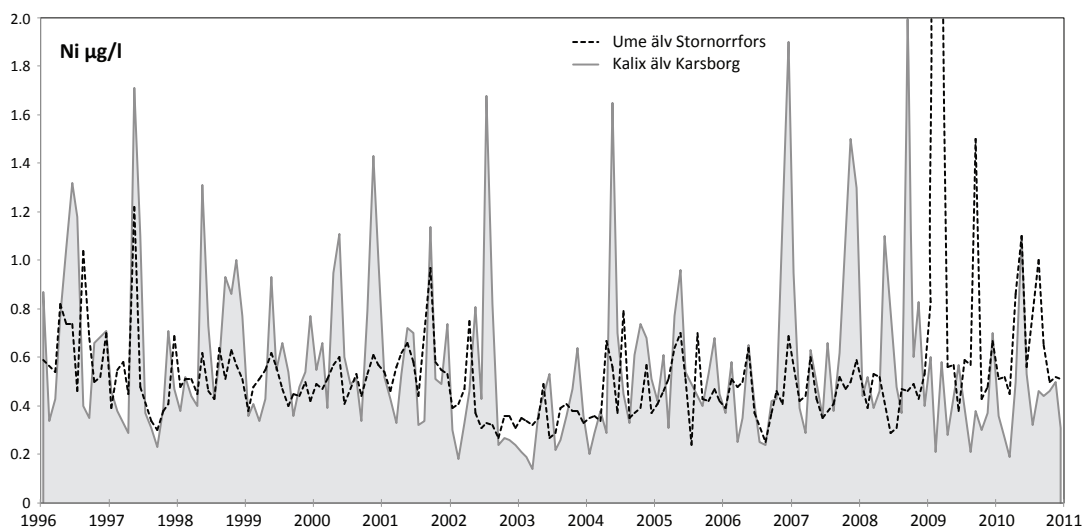
Figur 72. Transporten av kobolt i Vindelälven, Umeälven och Öreälven under en årscykel.



Figur 73. Sambandet mellan kobolt och mangan.

Nickel

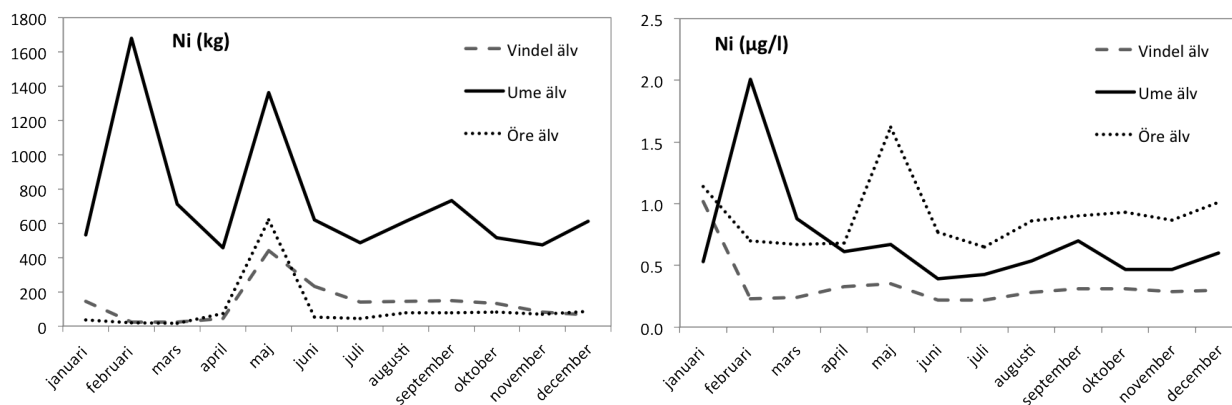
Nickelhalterna fluktuerar kraftigt i Umeälv efter 2008 (Figur 74). Orsaken är oklar. Nickel visar ingen klar relation till mangan (Figur 76).



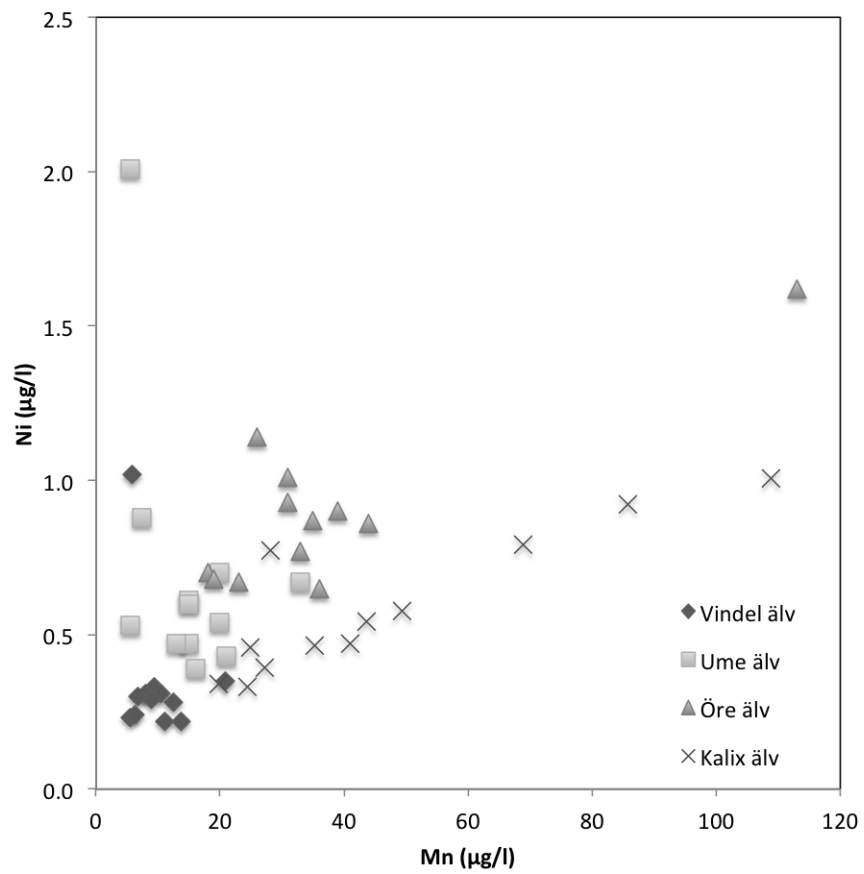
Figur 74. Transporten av nickel i Ume älv jämfört med Kalixälven.

Tabell 29. Medeltransporten av nickel, per månad, under en 5-årsperiod (2006-2010).

Ni (kg)	Vindel älv	Ume älv	Öre älv	Ni (µg/l)	Vindel älv	Ume älv	Öre älv
januari	145	534	36	januari	1.02	0.53	1.14
februari	26	1680	18	februari	0.23	2.01	0.70
mars	24	714	17	mars	0.24	0.88	0.67
april	43	457	74	april	0.33	0.61	0.68
maj	441	1364	621	maj	0.35	0.67	1.62
juni	231	622	55	juni	0.22	0.39	0.77
juli	140	487	44	juli	0.22	0.43	0.65
augusti	146	612	79	augusti	0.28	0.54	0.86
september	148	732	77	september	0.31	0.70	0.90
oktober	132	518	82	oktober	0.31	0.47	0.93
november	83	474	70	november	0.29	0.47	0.87
december	65	610	86	december	0.30	0.60	1.01
medelhalt	135	734	105	medelhalt	0.34	0.69	0.90



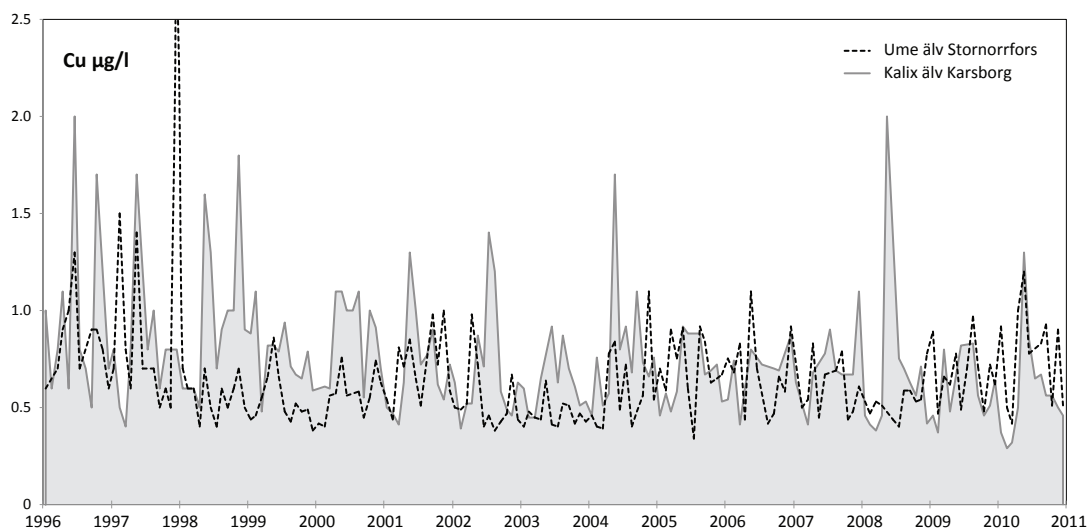
Figur 75. Transporten av nickel i Vindelälven, Umeälven och Öreälven under en årscykel.



Figur 76. Sambandet mellan nickel och mangan.

Koppar

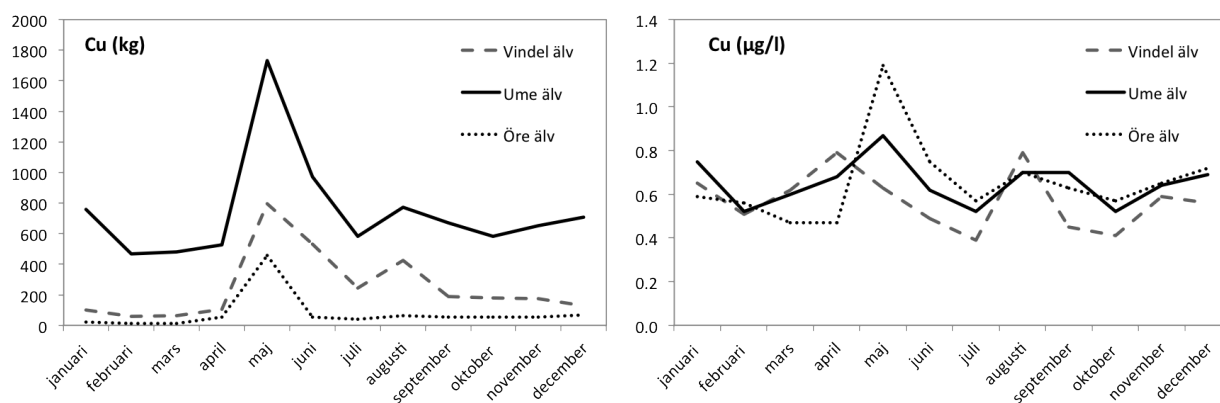
Kopparhalterna i de tre älvarna ligger i samma storleksordning som i Kalixälven (Figur 77). Koppar visar inga klara trender med mangan eller någon av de andra huvudparametrarna (Figur 79).



Figur 77. Transporten av koppar i Ume älv jämfört med Kalixälven.

Tabell 30. Medeltransporten av koppar, per månad, under en 5-årsperiod (2006-2010).

Cu (kg)	Vindel älv	Ume älv	Öre älv	Cu (µg/l)	Vindel älv	Ume älv	Öre älv
januari	101	761	20.5	januari	0.65	0.75	0.59
februari	57	468	14.3	februari	0.51	0.52	0.56
mars	62	481	12.2	mars	0.62	0.60	0.47
april	105	528	53.7	april	0.79	0.68	0.47
maj	796	1730	456.0	maj	0.63	0.87	1.19
juni	533	970	55.6	juni	0.49	0.62	0.75
juli	246	584	39.5	juli	0.39	0.52	0.57
augusti	424	773	62.5	augusti	0.79	0.70	0.70
september	188	671	53.7	september	0.45	0.70	0.63
oktober	179	584	53.5	oktober	0.41	0.52	0.57
november	173	650	52.4	november	0.59	0.64	0.65
december	129	709	68.1	december	0.56	0.69	0.72
medelhalt	249	742	79	medelhalt	0.57	0.65	0.66

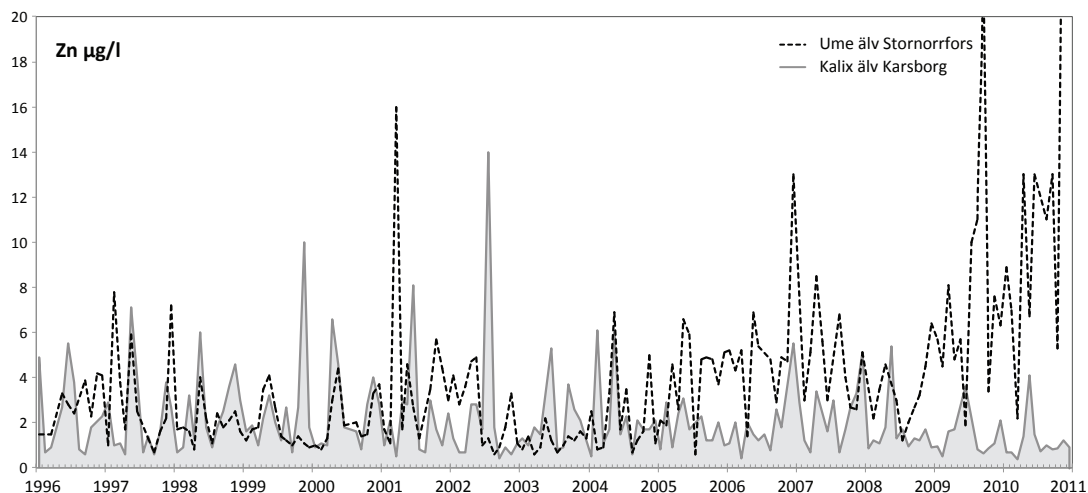


Figur 78. Transporten av koppar i Vindelälven, Umeälven och Öreälven under en årscykel.



Zink

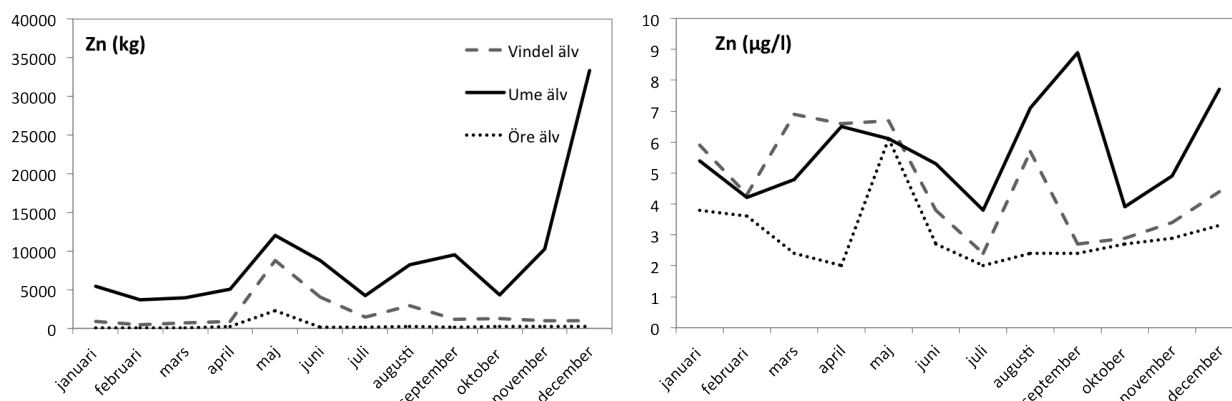
Zink visar höga halter i Umeälven efter 2008 (Figur 80). Orsaken till denna ökningen är oklar, men återspeglar troligen kontamination. Zinkhalten i Umeälven visar generellt oregelbundna variationer i jämförelse med Öreälven (Figur 81). Inga klara samband mellan zink och mangan (Figur 82), (eller till järn, aluminium och TOC).



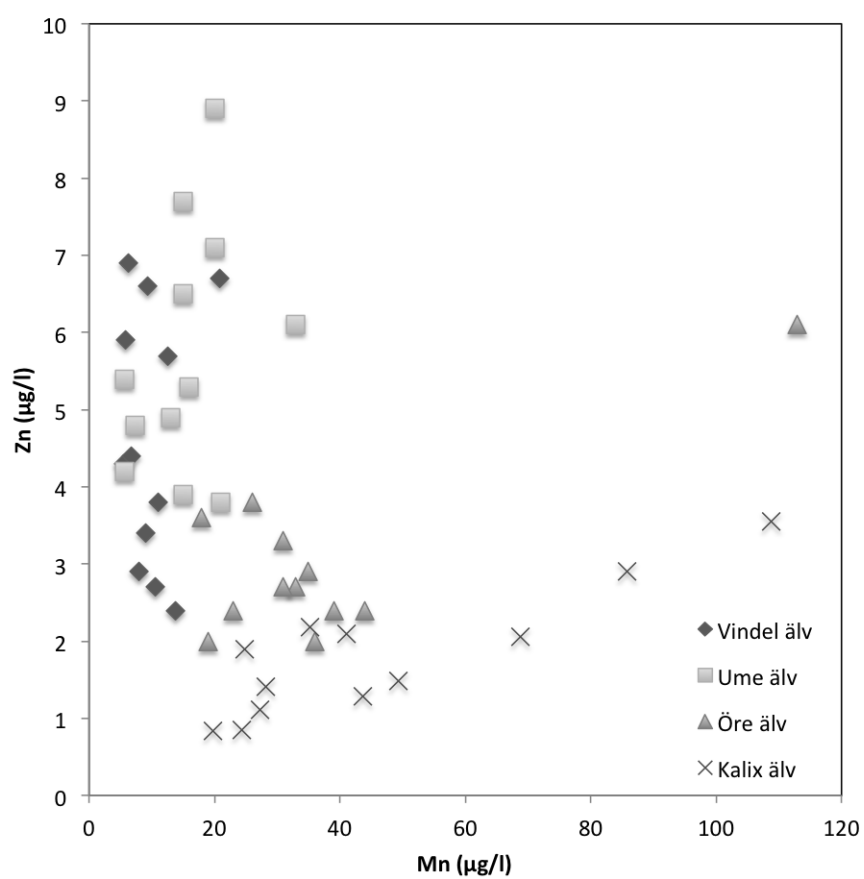
Figur 80. Transporten av zink i Ume älv jämfört med Kalixälven.

Tabell 31. Medeltransporten av Zink, per månad, under en 5-årsperiod (2006-2010).

Zn (kg)	Vindel älv	Ume älv	Öre älv	Zn (µg/l)	Vindel älv	Ume älv	Öre älv
januari	904	5435	116	januari	5.9	5.4	3.8
februari	483	3705	104	februari	4.3	4.2	3.6
mars	702	4000	63	mars	6.9	4.8	2.4
april	945	5070	223	april	6.6	6.5	2.0
maj	8765	12025	2326	maj	6.7	6.1	6.1
juni	4081	8737	197	juni	3.8	5.3	2.7
juli	1477	4241	121	juli	2.4	3.8	2.0
augusti	2913	8216	234	augusti	5.7	7.1	2.4
september	1176	9564	202	september	2.7	8.9	2.4
oktober	1243	4320	251	oktober	2.9	3.9	2.7
november	1012	10289	226	november	3.4	4.9	2.9
december	996	33370	294	december	4.4	7.7	3.3
medelhalt	2058	9081	363	medelhalt	4.6	5.7	3.0



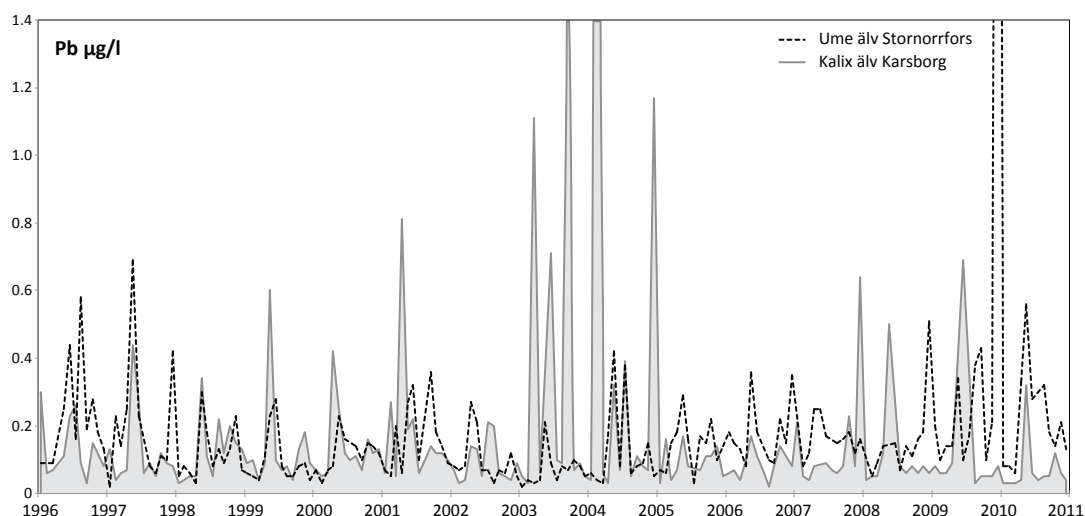
Figur 81. Transporten av zink i Vindelälven, Umeälven och Öreälven under en årscykel.



Figur 82. Sambandet mellan zink och mangan.

Bly

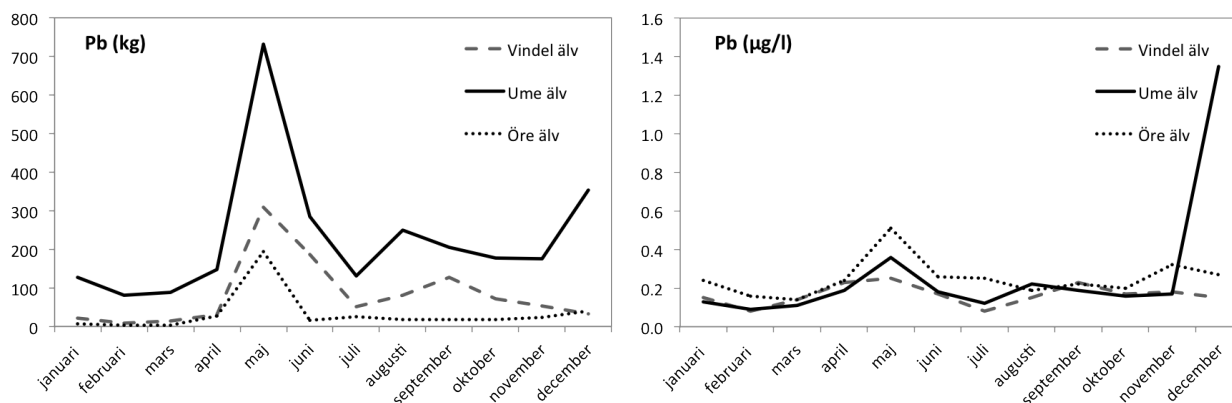
Bly visar oregelbundna halter efter 2008 i Umeälven (jämför med zink). Inga klara trender med huvudparametrarna kan urskiljas (Figur 85).



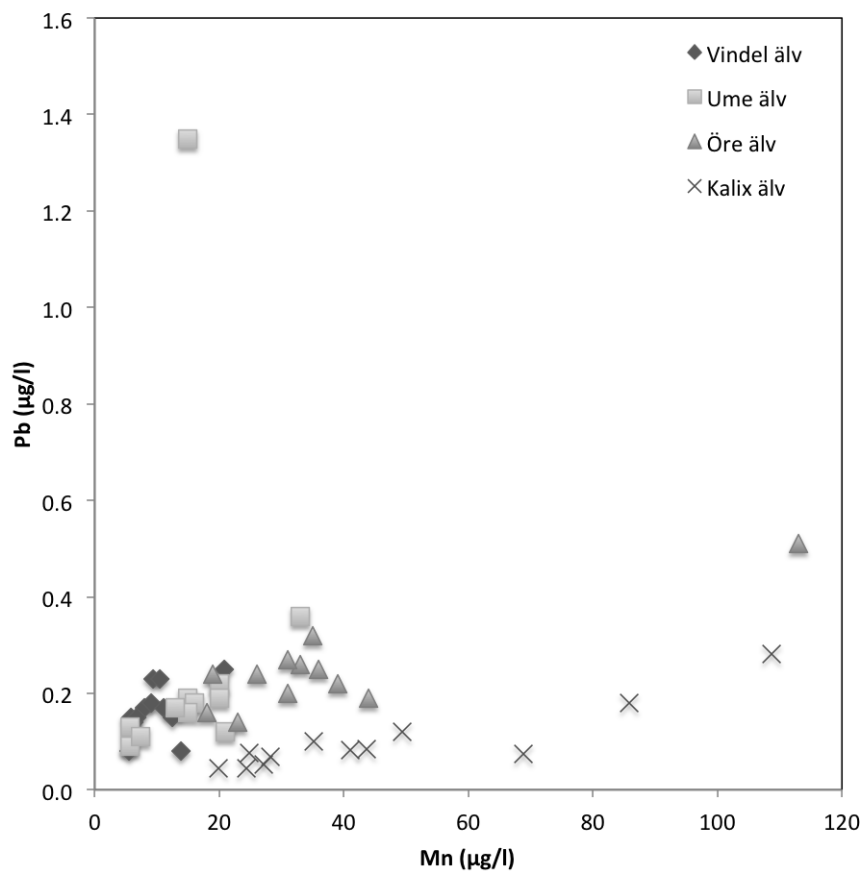
Figur 83. Transporten av bly i Ume älv jämfört med Kalixälven.

Tabell 32. Medeltransporten av bly, per månad, under en 5-årsperiod (2006-2010).

Pb (kg)	Vindel älv	Ume älv	Öre älv	Pb (µg/l)	Vindel älv	Ume älv	Öre älv
<i>januari</i>	22	127	7.7	<i>januari</i>	0.15	0.13	0.24
<i>februari</i>	8	81	4.0	<i>februari</i>	0.08	0.09	0.16
<i>mars</i>	14	89	3.5	<i>mars</i>	0.14	0.11	0.14
<i>april</i>	32	148	26.6	<i>april</i>	0.23	0.19	0.24
<i>maj</i>	309	732	195.1	<i>maj</i>	0.25	0.36	0.51
<i>juni</i>	186	285	16.5	<i>juni</i>	0.17	0.18	0.26
<i>juli</i>	52	132	26.1	<i>juli</i>	0.08	0.12	0.25
<i>augusti</i>	82	250	18.2	<i>augusti</i>	0.15	0.22	0.19
<i>september</i>	128	205	18.8	<i>september</i>	0.23	0.19	0.22
<i>oktober</i>	72	177	18.0	<i>oktober</i>	0.17	0.16	0.20
<i>november</i>	53	176	23.1	<i>november</i>	0.18	0.17	0.32
<i>december</i>	33	353	39.7	<i>december</i>	0.15	1.35	0.27
medelhalt	83	230	33	medelhalt	0.17	0.27	0.25



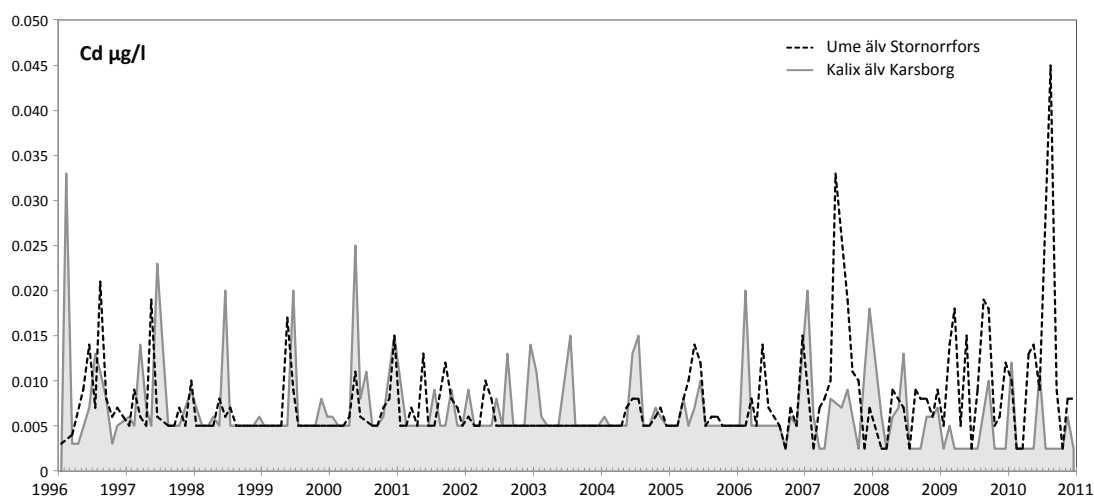
Figur 84. Transporten av bly i Vindelälven, Umeälven och Öreälven under en årscykel.



Figur 85. Sambandet mellan bly och mangan.

Kadmium

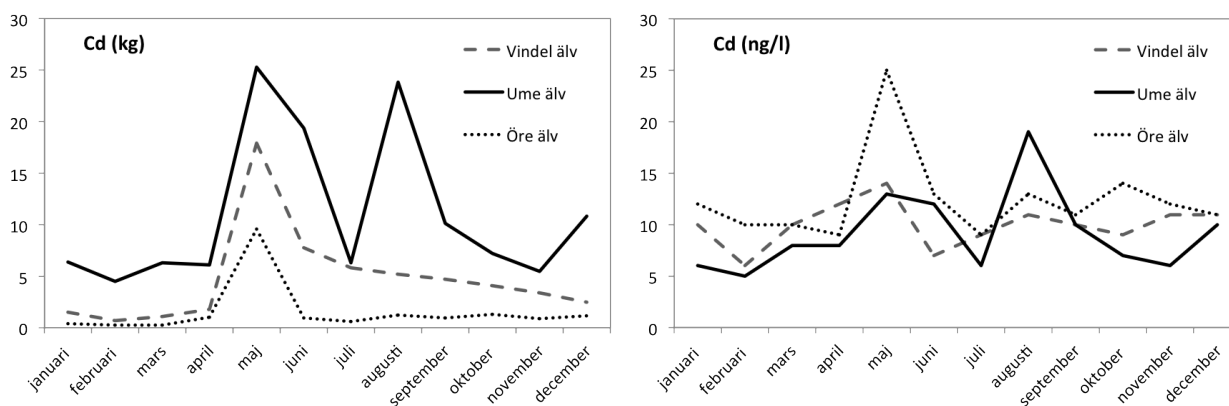
Kadmiumhalten efter 2008 fluktuerar kraftigt och visar höga halter i jämförelse med Kalixälven (Figur 86). Variationerna är inte naturliga. Mangan och kadmium visar ingen relation i de tre älvarna (Figur 88) i motsats till Kalixälven



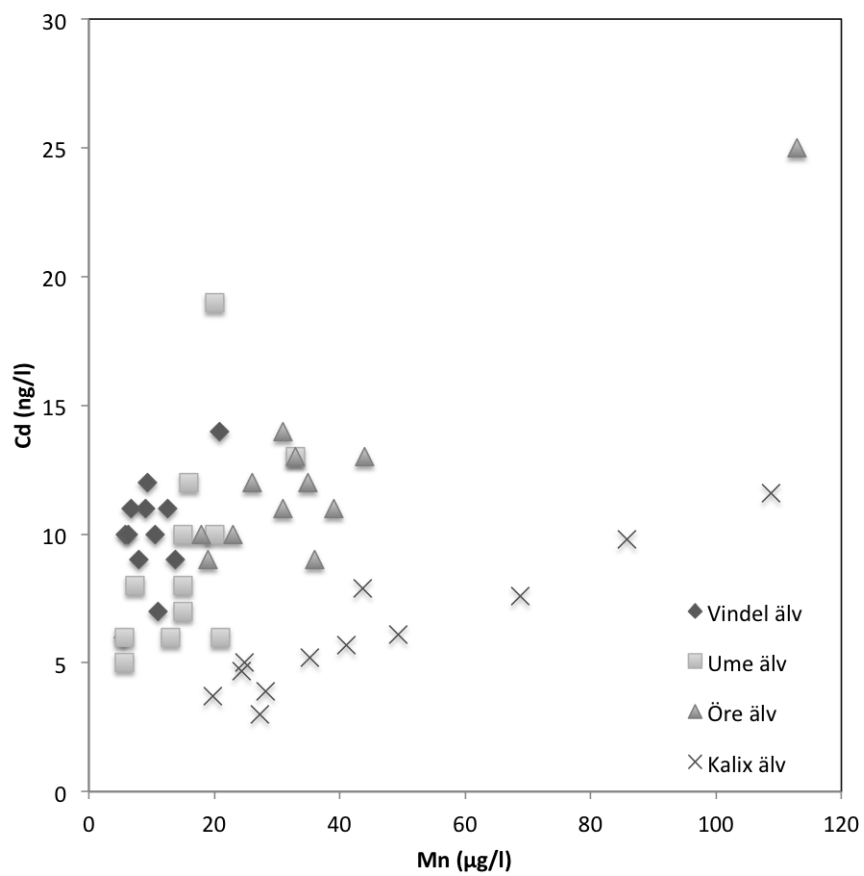
Figur 86. Transporten av kadmium i Ume älv jämfört med Kalixälven.

Tabell 33. Medeltransporten av kadmium, per månad, under en 5-årsperiod (2006-2010).

Cd (kg)	Vindel älv	Ume älv	Öre älv	Cd (ng/l)	Vindel älv	Ume älv	Öre älv
<i>januari</i>	1.5	6.4	0.39	<i>januari</i>	10	6	12
<i>februari</i>	0.7	4.5	0.27	<i>februari</i>	6	5	10
<i>mars</i>	1.1	6.3	0.26	<i>mars</i>	10	8	10
<i>april</i>	1.8	6.1	1.03	<i>april</i>	12	8	9
<i>maj</i>	17.9	25.3	9.55	<i>maj</i>	14	13	25
<i>juni</i>	7.8	19.4	0.97	<i>juni</i>	7	12	13
<i>juli</i>	5.8	6.3	0.58	<i>juli</i>	9	6	9
<i>augusti</i>	5.2	23.8	1.22	<i>augusti</i>	11	19	13
<i>september</i>	4.7	10.1	0.95	<i>september</i>	10	10	11
<i>oktober</i>	4.1	7.2	1.28	<i>oktober</i>	9	7	14
<i>november</i>	3.4	5.5	0.91	<i>november</i>	11	6	12
<i>december</i>	2.5	10.8	1.14	<i>december</i>	11	10	11
medelhalt	4.7	11.0	1.5	medelhalt	10.0	9.2	12.4



Figur 87. Transporten av kadmium i Vindelälven, Umeälven och Öreälven under en årscykel.



Figur 88. Sambandet mellan kadmium och mangan.

Finska älvar

Kemijoki, Iijoki och Oulujoki är alla reglerade. Även många mindre älvar är utbyggda. Den enda älv i Bottenvikens avrinningsområde som är oreglerad är Simojoki. Här i rapporten behandlas bara de tre största älvar som tillsammans utgör 80% av avrinningen från Finland till Bottenviken. Kemijoki har 18 vattenkraftverk, Oulujoki har 12 och Iijoki har 5. Även om Kemijoki är stark reglerad kan man tydligt se vårfloden (Figur 89). Vattenföringen ökar under våren upp till 1600 m³ per sekund i åtskilliga år. Däremot se man inga tecken av vårfloden i Oulujoki. Tvärtom sjunker vattenföringen under vår och sommar, stiger i höst och är på högsta nivå i vintertid. I Oulujokis avrinningsområde finns många sjöar som fånga upp vårflodsvattnet.

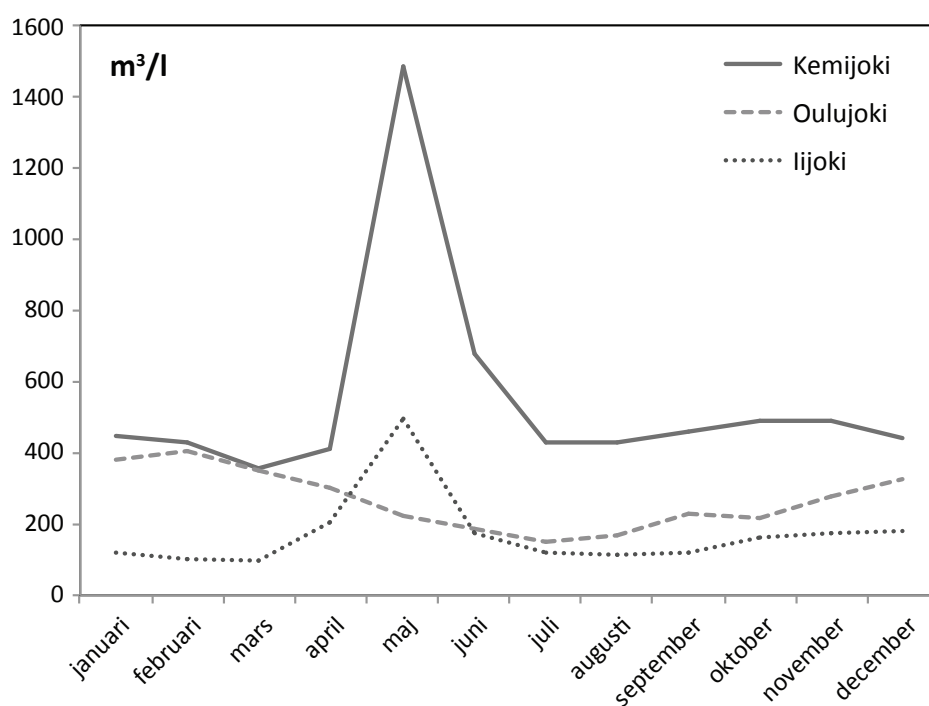


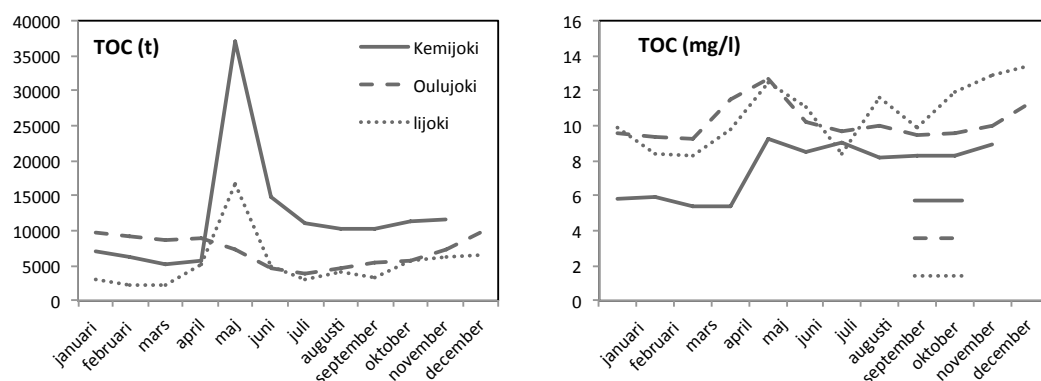
Figure 89. Medelvattenföring per månad under perioden 2006-2010, finska älvar.

Med 540 m³ vatten per sekund är Kemijoki största älven till Bottenviken. Oulujokis medelvattenföring är jämförbar med Kalixälvens och Iijokis vattenföring är i storleksordning med Skellefteälvens (se Tab. 19).

Kurvorna med transporterad mängd TOC följer vattenföringens kurvorna (Figur 90). Oulujoki visar inga tecken på ökad halt vid vårfloden. Men när man betraktar relativa halter se man en ökning av organiskt kol i vattnet för alla tre älvar i april och maj. Kemijoki har lägst TOC halt medan Oulujoki och Iijoki visar ungefär samma halt.

Tabell 34. Medeltransporten av organisk kol, per månad, under en 5-årsperiod (2006-2010).

TOC (t)	Kemijoki	Oulujoki	Iijoki	TOC (mg/l)	Kemijoki	Oulujoki	Iijoki
januari	7006	9702	3047	januari	5.9	9.6	9.9
februari	6339	9210	2208	februari	5.9	9.4	8.4
mars	5204	8710	2150	mars	5.4	9.3	8.3
april	5669	8904	5288	april	5.4	11.5	9.8
maj	37018	7315	16651	maj	9.3	12.7	12.5
juni	14884	4734	5011	juni	8.5	10.2	11.1
juli	11166	3872	2971	juli	9.0	9.6	8.4
augusti	10288	4571	3977	augusti	8.2	10.0	11.6
september	10320	5562	3332	september	8.3	9.4	9.9
oktober	11373	5655	5686	oktober	8.3	9.6	11.9
november	11705	7437	6358	november	8.9	10.0	12.9
december		9865	6512	december		11.3	13.4
medelhalt	11906	7128	5266	medelhalt	7.5	10.2	10.7

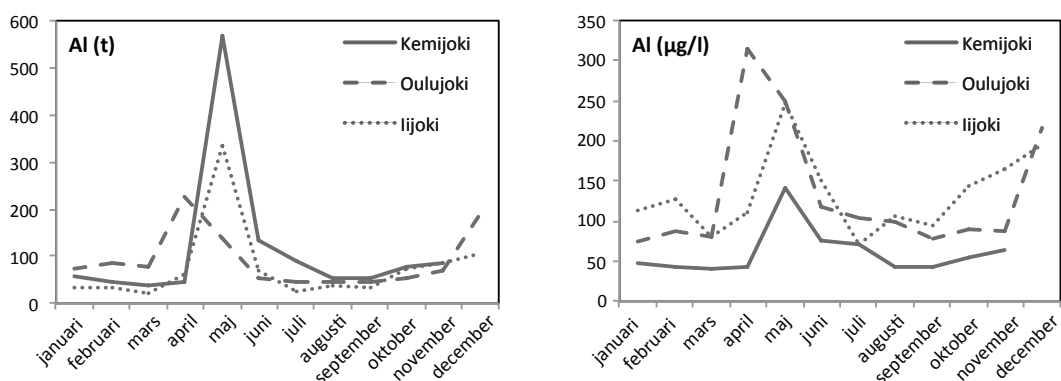


Figur 90. Transporten av organisk kol i finska vattendrag under en årscykel.

Aluminium och kromhaltena är höga i Oulujoki och Iijoki jämfört med de svenka älvarna (Tabell 35). Krom visar en relation till aluminium i de tre finska älvarna (Figur 91).

Tabell 35. Medeltransporten av aluminium, per månad, under en 5-årsperiod (2006-2010).

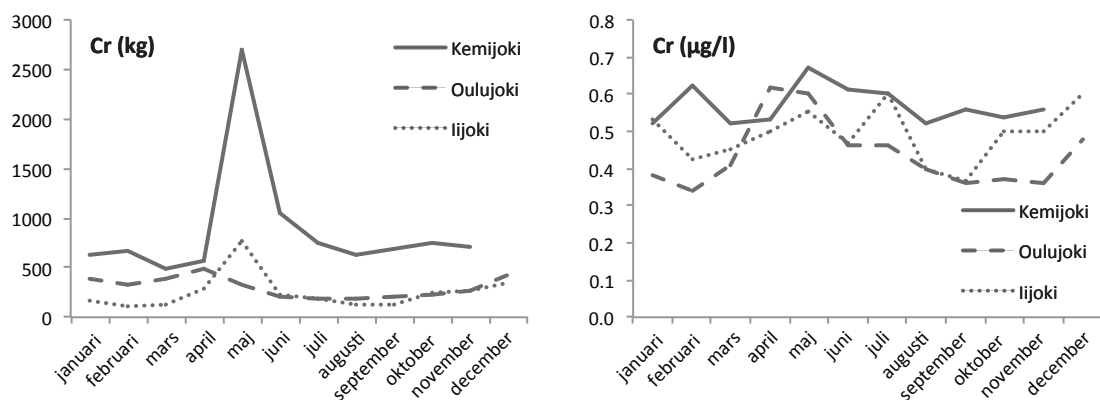
Al (t)	Kemijoki	Oulujoki	Iijoki	Al (µg/l)	Kemijoki	Oulujoki	Iijoki
<i>januari</i>	56	76	35	<i>januari</i>	47	75	113
<i>februari</i>	47	86	33	<i>februari</i>	44	88	129
<i>mars</i>	38	77	22	<i>mars</i>	40	81	81
<i>april</i>	46	227	61	<i>april</i>	44	314	111
<i>maj</i>	566	140	336	<i>maj</i>	141	249	246
<i>juni</i>	132	55	69	<i>juni</i>	75	117	151
<i>juli</i>	89	44	27	<i>juli</i>	72	104	70
<i>augusti</i>	55	46	37	<i>augusti</i>	43	100	106
<i>september</i>	55	48	34	<i>september</i>	43	79	94
<i>oktober</i>	78	52	73	<i>oktober</i>	55	89	144
<i>november</i>	85	71	87	<i>november</i>	63	88	164
<i>december</i>		191	105	<i>december</i>		217	196
medelhalt	114	93	76	medelhalt	61	133	134



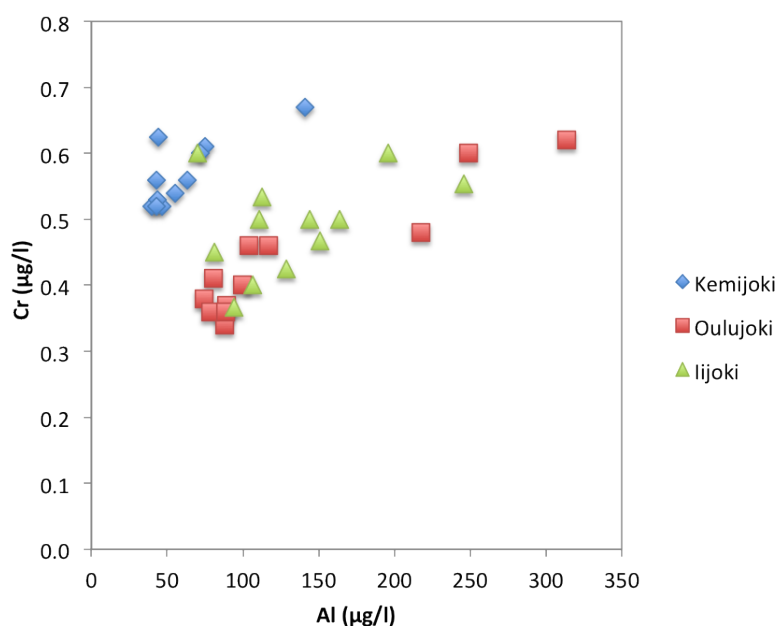
Figur 91. Transporten av aluminium i finska vattendrag under en årscykel.

Tabell 36. Medeltransporten av krom, per månad, under en 5-årsperiod (2006-2010).

Cr (kg)	Kemijoki	Oulujoki	Iijoki	Cr (µg/l)	Kemijoki	Oulujoki	Iijoki
januari	621	385	175	januari	0.52	0.38	0.53
februari	661	332	111	februari	0.63	0.34	0.43
mars	486	388	123	mars	0.52	0.41	0.45
april	565	486	279	april	0.53	0.62	0.50
maj	2694	336	773	maj	0.67	0.60	0.55
juni	1051	214	219	juni	0.61	0.46	0.47
juli	744	184	188	juli	0.60	0.46	0.60
augusti	638	181	128	augusti	0.52	0.40	0.40
september	685	209	126	september	0.56	0.36	0.37
oktober	741	219	245	oktober	0.54	0.37	0.50
november	710	266	274	november	0.56	0.36	0.50
december		419	340	december		0.48	0.60
medelhalt	872	302	248	medelhalt	0.57	0.44	0.49



Figur 92. Transporten av krom i finska vattendrag under en årscykel.

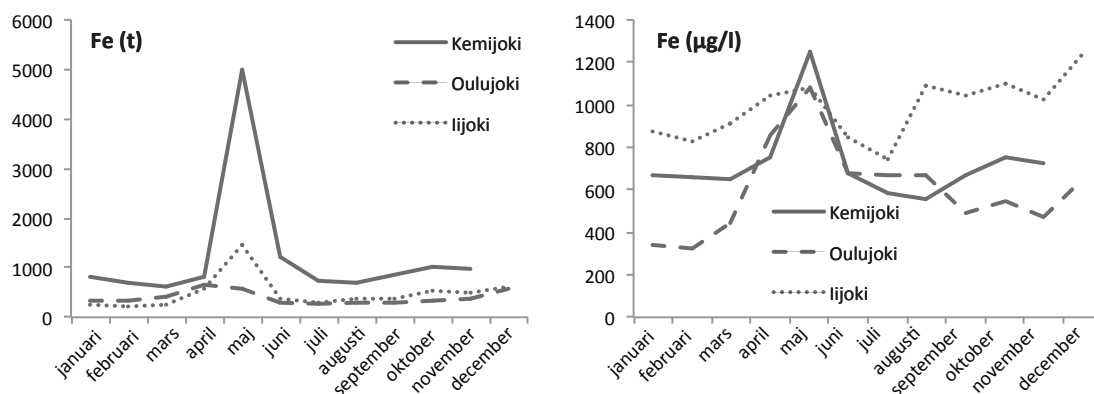


Figur 93. Sambandet mellan krom och aluminium.

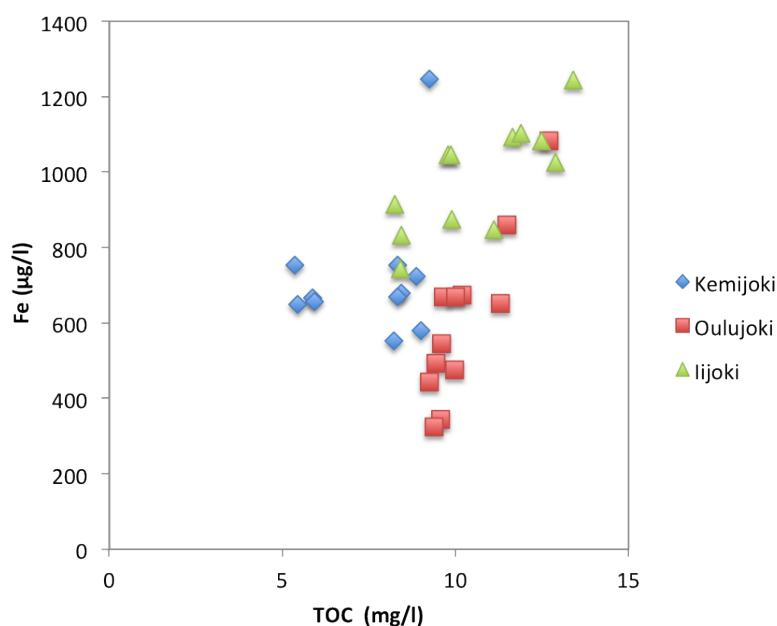
Halterna av järn i de tre finska älvarna (Tabell 37) är jämförbara med Torneälven och Kalixälven. Järn i Oulujoki visar en linjär korrelation med TOC (Figur 94).

Tabell 37. Medeltransporten av järn per månad, under en 5-årsperiod (2006-2010).

Fe (t)	Kemijoki	Oulujoki	Iijoki	Fe (µg/l)	Kemijoki	Oulujoki	Iijoki
januari	804	349	268	januari	666	344	875
februari	709	320	219	februari	658	324	833
mars	620	421	238	mars	650	443	914
april	801	655	558	april	754	860	1045
maj	5014	569	1446	maj	1247	1084	1082
juni	1215	293	381	juni	680	674	848
juli	720	273	278	juli	580	670	743
augusti	702	306	386	augusti	552	670	1094
september	839	287	358	september	668	494	1045
oktober	1037	322	535	oktober	754	545	1102
november	965	364	484	november	724	476	1026
december		560	615	december		652	1244
medelhalt	1221	393	481	medelhalt	721	603	988



Figur 94. Transporten av järn i finska vattendrag under en årscykel.

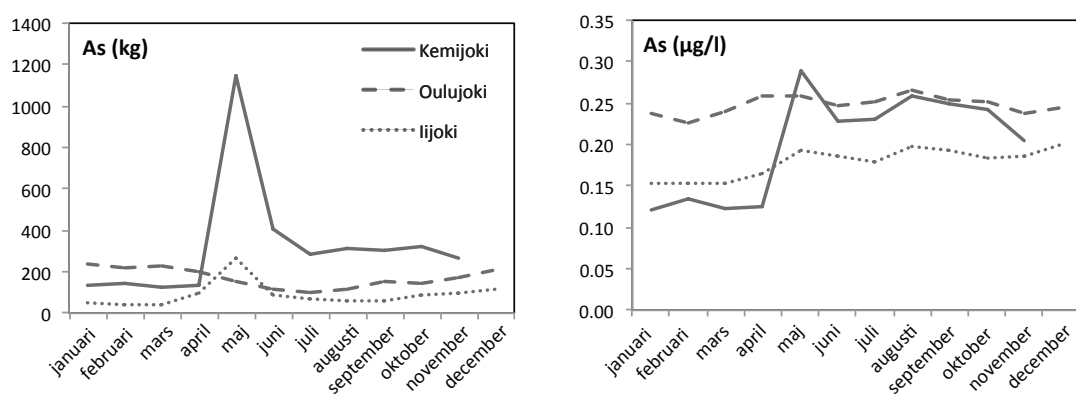


Figur 95. Sambandet mellan järn och TOC.

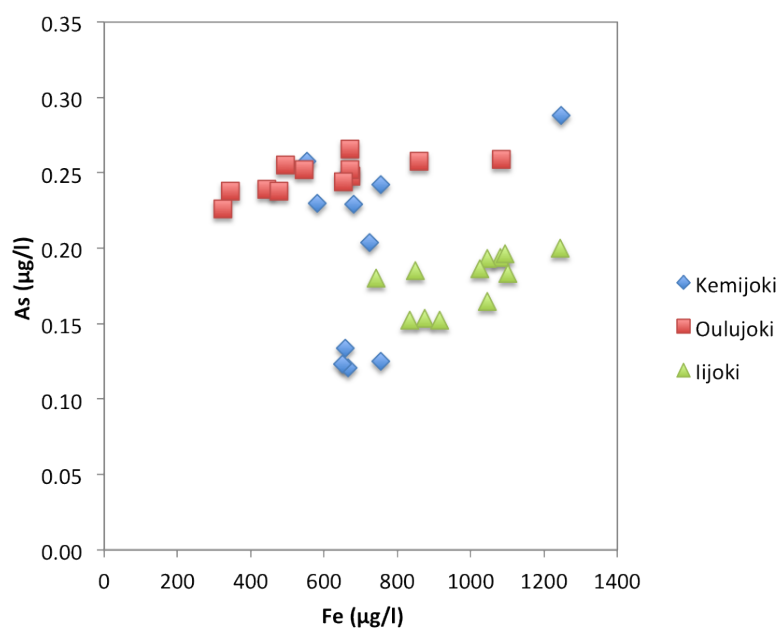
Arsenikhalterna är relativt låga och varierar endast lite (Tabell 38). Arsenik visar ingen klar koppling till järn som i de svenska vattendragen i västerbotten.

Tabell 38. Medeltransporten av arsenik, per månad, under en 5-årsperiod (2006-2010).

As (kg)	Kemijoki	Oulujoki	Iijoki	As (µg/l)	Kemijoki	Oulujoki	Iijoki
januari	138	241	50	januari	0.12	0.24	0.15
februari	140	223	40	februari	0.13	0.23	0.15
mars	121	226	42	mars	0.12	0.24	0.15
april	131	202	93	april	0.13	0.26	0.17
maj	1151	155	270	maj	0.29	0.26	0.19
juni	405	120	87	juni	0.23	0.25	0.19
juli	285	100	66	juli	0.23	0.25	0.18
augusti	310	119	62	augusti	0.26	0.27	0.20
september	302	149	61	september	0.25	0.26	0.19
oktober	326	147	91	oktober	0.24	0.25	0.18
november	265	172	98	november	0.20	0.24	0.19
december		214	117	december		0.24	0.20
medelhalt	325	173	90	medelhalt	0.20	0.25	0.18



Figur 96. Transporten av arsenik i finska vattendrag under en årscykel.

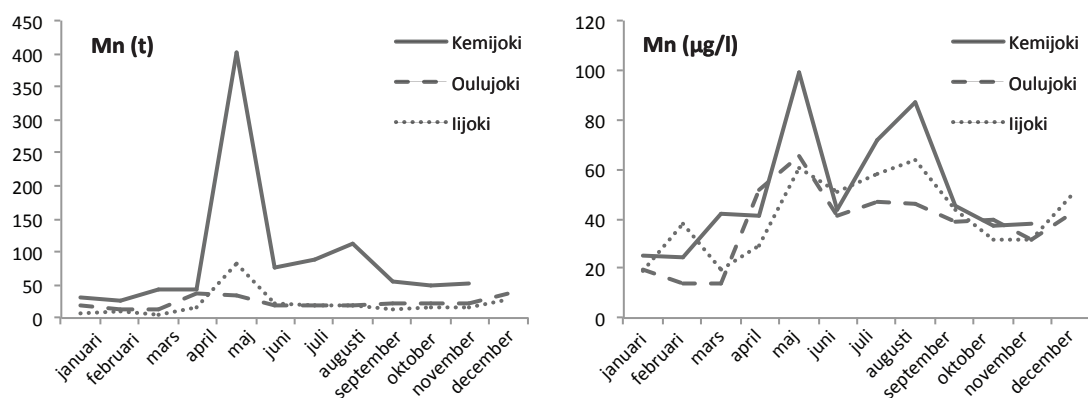


Figur 97. Sambandet mellan arsenik och järn.

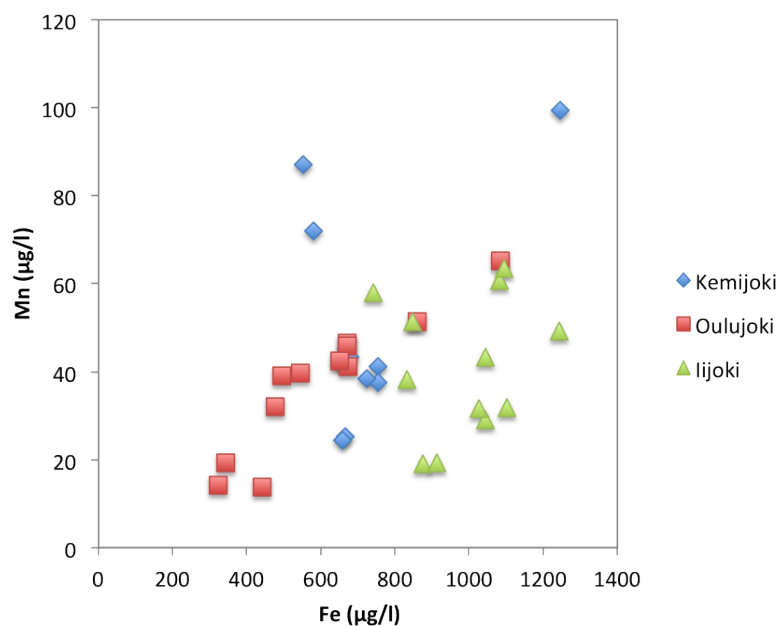
Kemijoki visar två tydliga mangantoppar. Ursprunget på dessa är oklart. Mangan och järn är korrelerade i Oulujoki (Figur 99).

Tabell 39. Medeltransporten av mangan, per månad, under en 5-årsperiod (2006-2010).

Mn (t)	Kemijoki	Oulujoki	Iijoki	Mn (µg/l)	Kemijoki	Oulujoki	Iijoki
januari	30	19	6	januari	25	19	19
februari	26	14	10	februari	25	14	38
mars	43	12	5	mars	42	14	19
april	44	38	17	april	41	51	29
maj	402	35	82	maj	99	65	61
juni	77	20	23	juni	43	41	51
juli	89	18	19	juli	72	47	58
augusti	112	21	19	augusti	87	46	64
september	55	22	14	september	45	39	43
oktober	50	23	15	oktober	38	40	32
november	52	23	15	november	38	32	32
december		36	27	december		42	49
medelhalt	89	24	21	medelhalt	51	38	41



Figur 98. Transporten av mangan i finska vattendrag under en årscykel.

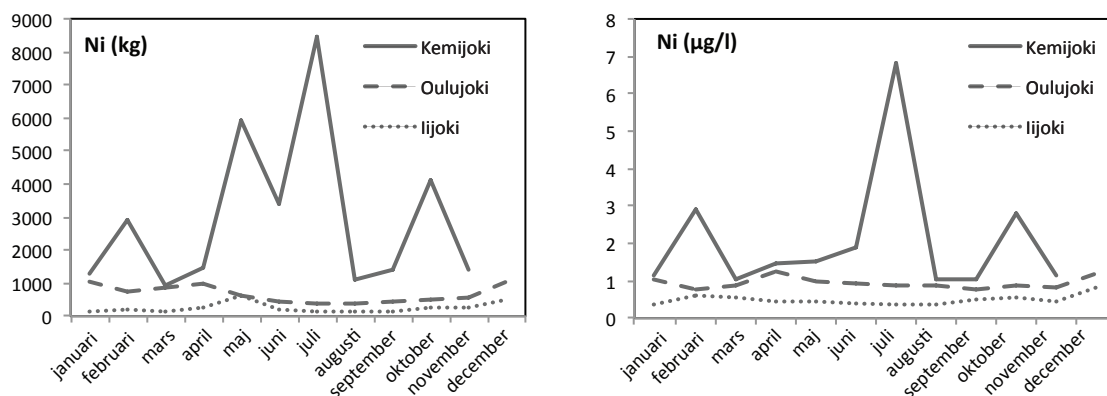


Figur 99. Sambandet mellan mangan och järn.

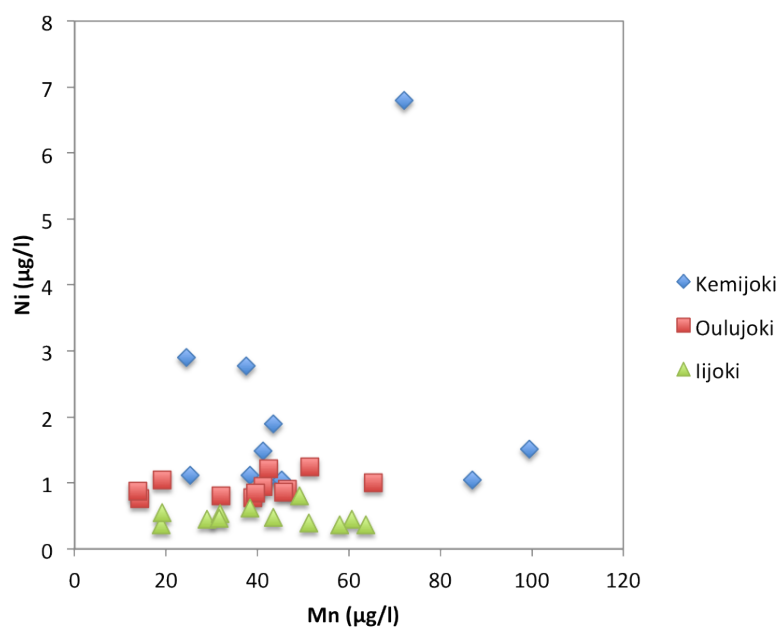
Nickel och mangan visar inga trender (Figur 101). Kemijoki visar höga nickelhalter, dubbla halten jämfört med tex. Sangisälven. Även halten i Oulujoki är relativt hög.

Tabell 41. Medeltransporten av nickel, per månad, under en 5-årsperiod (2006-2010).

Ni (kg)	Kemijoki	Oulujoki	Iijoki	Ni (µg/l)	Kemijoki	Oulujoki	Iijoki
januari	1279	1050	121	januari	1.12	1.04	0.37
februari	2942	751	173	februari	2.90	0.76	0.63
mars	931	838	164	mars	1.04	0.87	0.55
april	1468	972	254	april	1.49	1.24	0.45
maj	5910	638	634	maj	1.51	1.01	0.45
juni	3420	446	189	juni	1.90	0.94	0.40
juli	8436	376	141	juli	6.80	0.90	0.37
augusti	1124	393	117	augusti	1.04	0.86	0.37
september	1386	453	134	september	1.04	0.78	0.48
oktober	4132	501	250	oktober	2.78	0.85	0.53
november	1390	591	257	november	1.12	0.80	0.47
december		1066	483	december		1.22	0.80
medelhalt	2947	673	243	medelhalt	2.07	0.94	0.49



Figur 100. Transporten av nickel i finska vattendrag under en årscykel.

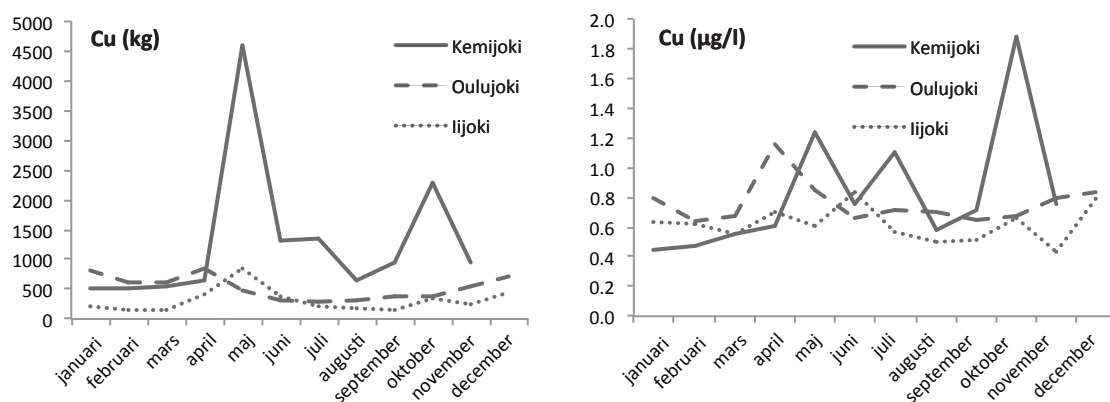


Figur 101. Sambandet mellan nickel och mangan.

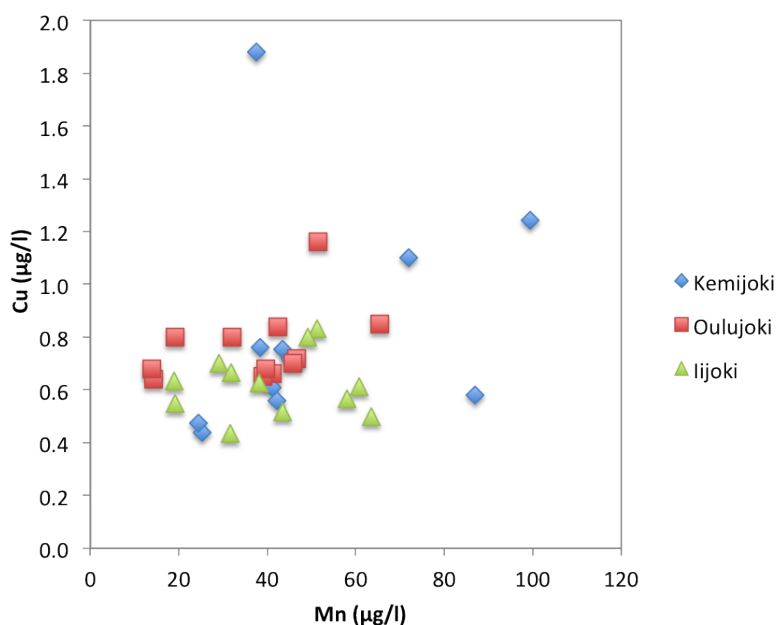
Kopparhalterna ligger i samma storleksordning som i svenska älvar. Koppar visar inga tydliga korrelationer till mangan (Figur 103), järn, aluminium eller TOC.

Tabell 42. Medeltransporten av koppar, per månad, under en 5-årsperiod (2006-2010).

Cu (kg)	Kemijoki	Oulujoki	Iijoki	Cu (µg/l)	Kemijoki	Oulujoki	Iijoki
januari	524	806	209	januari	0.44	0.80	0.63
februari	503	630	161	februari	0.48	0.64	0.63
mars	539	631	151	mars	0.56	0.68	0.55
april	633	860	400	april	0.61	1.16	0.70
maj	4611	489	865	maj	1.24	0.85	0.61
juni	1303	320	391	juni	0.75	0.66	0.83
juli	1365	290	200	juli	1.10	0.72	0.57
augusti	658	319	163	augusti	0.58	0.70	0.50
september	945	382	155	september	0.72	0.65	0.52
oktober	2280	393	348	oktober	1.88	0.68	0.67
november	940	559	232	november	0.76	0.80	0.43
december		730	443	december		0.84	0.80
medelhalt	1300	534	310	medelhalt	0.83	0.77	0.62



Figur 102. Transporten av koppar i finska vattendrag under en årscykel.

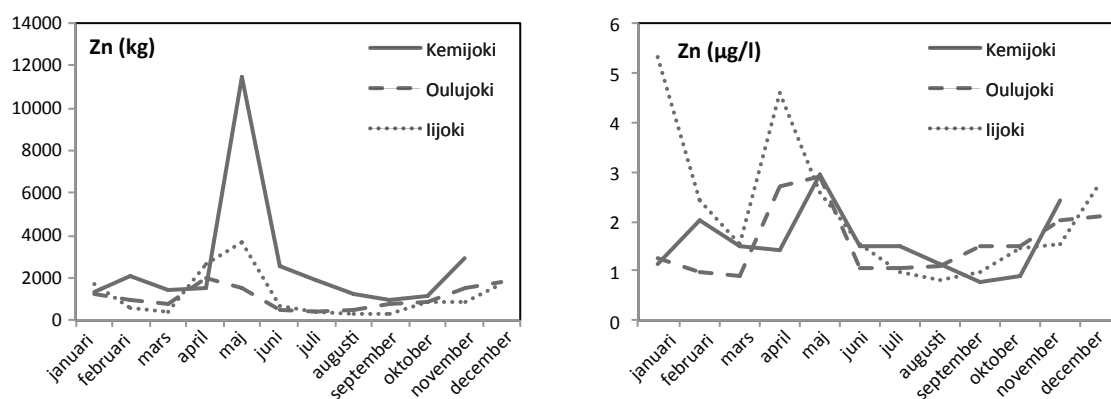


Figur 103. Sambandet mellan koppar och mangan.

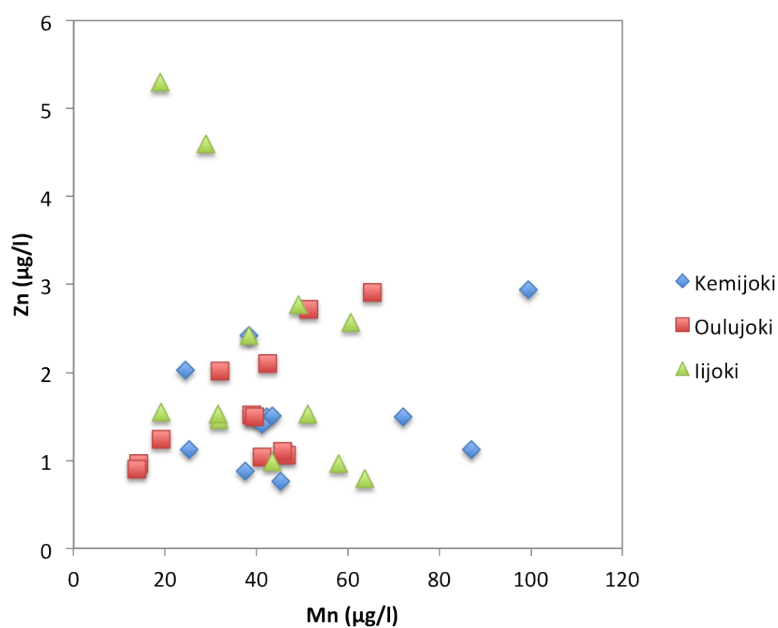
Zink visar ingen klar koppling till några av bärarfaserna i de tre älvarna (Figur 105). Zinkvärdena är jämförbara med svenska älvar.

Tabell 43. Medeltransporten av zink, per månad, under en 5-årsperiod (2006-2010).

Zn (kg)	Kemijoki	Oulujoki	Iijoki	Zn (µg/l)	Kemijoki	Oulujoki	Iijoki
januari	1335	1255	1742	januari	1.12	1.24	5.30
februari	2084	938	622	februari	2.03	0.96	2.43
mars	1401	751	412	mars	1.50	0.90	1.55
april	1495	2003	2678	april	1.41	2.72	4.60
maj	11437	1538	3665	maj	2.94	2.91	2.57
juni	2606	462	719	juni	1.51	1.04	1.53
juli	1861	423	389	juli	1.50	1.06	0.97
augusti	1225	509	291	augusti	1.12	1.10	0.80
september	970	756	329	september	0.76	1.52	0.98
oktober	1171	868	847	oktober	0.88	1.50	1.47
november	2912	1543	901	november	2.42	2.02	1.53
december		1816	1691	december		2.10	2.77
medelhalt	2591	1072	1190	medelhalt	1.56	1.59	2.21



Figur 104. Transporten av zink i finska vattendrag under en årscykel.

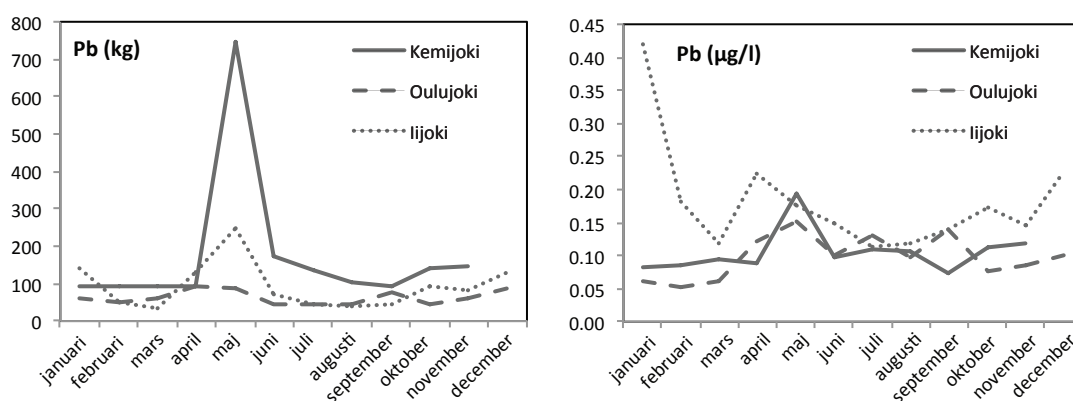


Figur 105. Sambandet mellan zink och mangan.

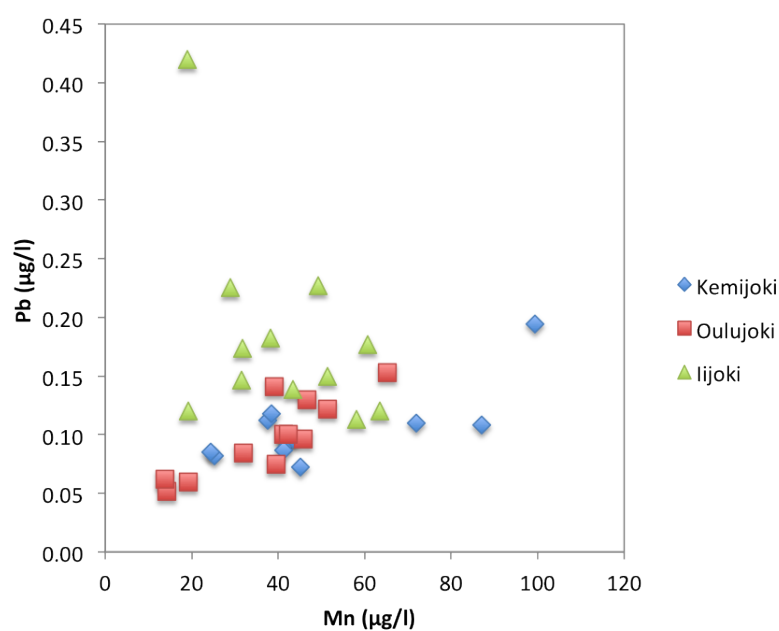
Blyvärdena är generellt låga och är jämförbara med Kalixälven. Iijoki visar några höga värden under vintern. Bly är korrelerad med mangan i Oulujoki (Figur 107).

Tabell 44. Medeltransporten av bly, per månad, under en 5-årsperiod (2006-2010).

Pb (kg)	Kemijoki	Oulujoki	Iijoki	Pb (µg/l)	Kemijoki	Oulujoki	Iijoki
januari	95	61	142	januari	0.08	0.06	0.42
februari	90	51	47	februari	0.09	0.05	0.18
mars	93	58	33	mars	0.09	0.06	0.12
april	92	95	129	april	0.09	0.12	0.23
maj	747	89	249	maj	0.19	0.15	0.18
juni	172	47	70	juni	0.10	0.10	0.15
juli	136	46	43	juli	0.11	0.13	0.11
augusti	105	45	42	augusti	0.11	0.10	0.12
september	93	76	47	september	0.07	0.14	0.14
oktober	143	43	94	oktober	0.11	0.08	0.17
november	144	62	82	november	0.12	0.08	0.15
december		88	131	december		0.10	0.23
medelhalt	174	63	92	medelhalt	0.11	0.10	0.18



Figur 106. Transporten av bly i finska vattendrag under en årscykel.

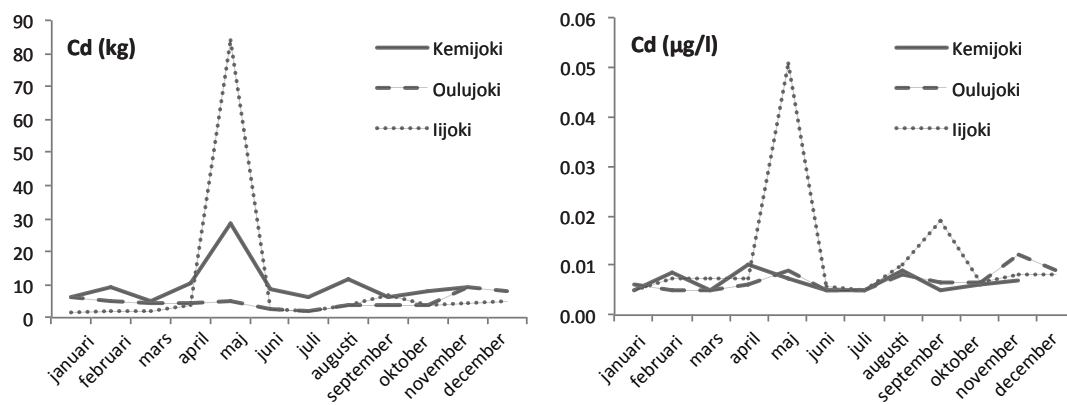


Figur 107. Sambandet mellan bly och mangan.

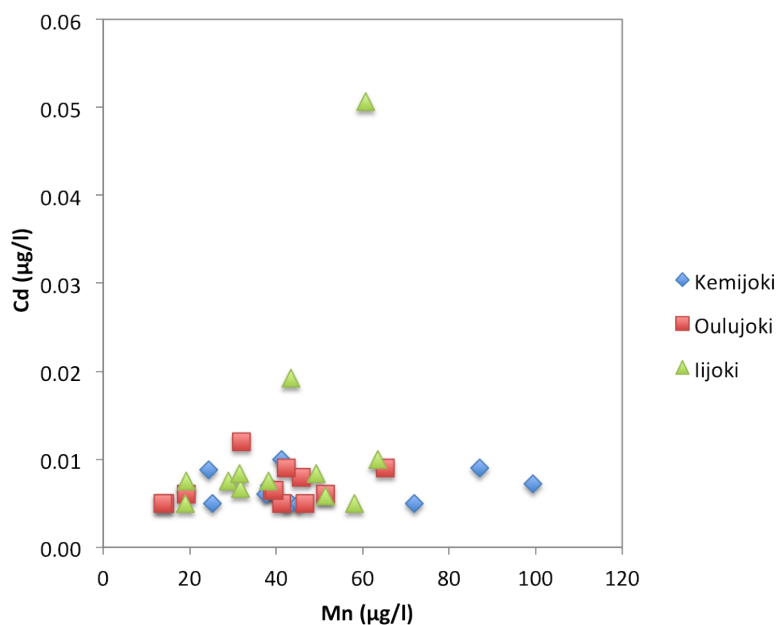
Halterna av kadmium är kraftigt förhöjda i Iijoki, med toppar i maj och september (Figur 108). Kadmiumhalten i Iijoki är dubbelt så hög som Kemijoki och Oulujoki och ligger på samma nivå som Torneälven. Ursprunget är inte klart. Kadmium visar inget samband med mangan (Figur 109).

Tabell 45. Medeltransporten av kadmium, per månad, under en 5-årsperiod (2006-2010).

Cd (kg)	Kemijoki	Oulujoki	Iijoki	Cd (ng/l)	Kemijoki	Oulujoki	Iijoki
januari	6.0	6.1	1.6	januari	5	6	5.0
februari	9.1	4.9	2.0	februari	8.8	5	7.5
mars	4.8	4.7	2.0	mars	5	5	7.5
april	10.4	4.5	4.1	april	10.0	6	7.5
maj	28.6	5.0	83.8	maj	7.3	9	50.7
juni	8.8	2.4	2.8	juni	5	5	5.8
juli	6.2	2.0	1.8	juli	5	5	5.0
augusti	11.6	4.0	3.9	augusti	9	8	10.0
september	6.0	4.0	6.9	september	5	6.5	19.2
oktober	8.1	3.6	3.5	oktober	6	6.5	6.7
november	9.0	9.0	4.7	november	7	12	8.3
december		8.0	5.1	december		9	8.3
medelhalt	10	4.9	10	medelhalt	6.6	6.9	12



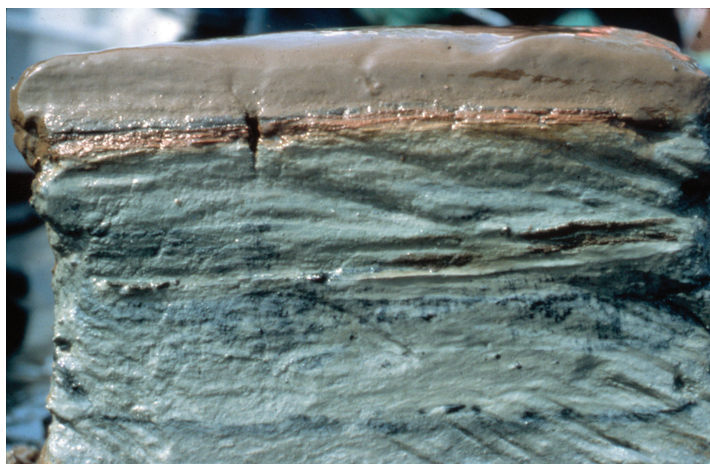
Figur 108. Transporten av kadmium i finska vattendrag under en årscykel.



Figur 109. Sambandet mellan kadmium och mangan.

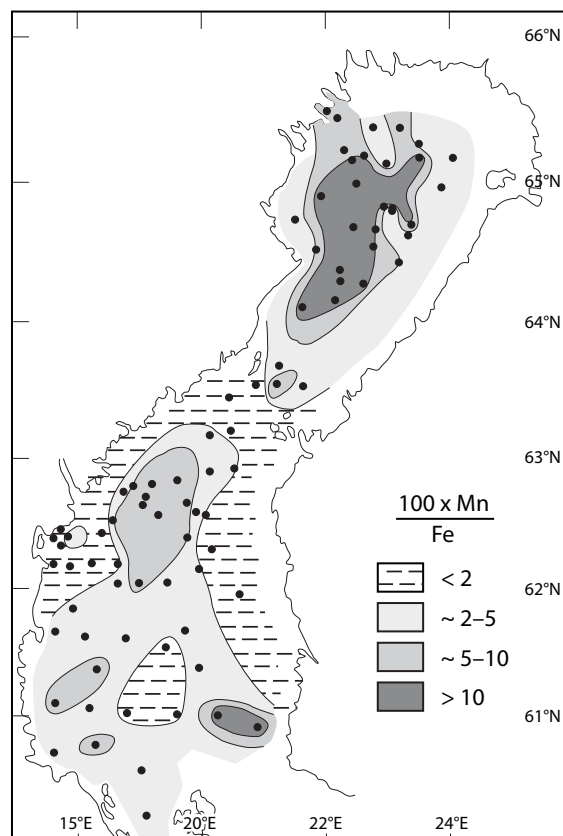
Bottenvikens sediment

När partiklar från sötvatteninflödet, tillsammans med rester av den pelagiska primärproduktionen sedimenterar i Bottenviken och Bottenhavet ändras de biogeokemiska förhållanden (redoxpotentialen sänks succesivt beroende på nedbrytningen av organiskt material.) och spårmetaller och fosfor lossnar från partiklar och omfördelas i sedimentet. Det organiska materialet bryts delvis ned medan järn- och manganrika oxidhydroxidpartiklar omfördelas i sedimentet. De frigjorda metallerna fastläggs eller diffunderar delvis uppåt i sedimentprofilen. Eftersom mycket av spårmetallerna fastnar på mangan- och järnrytor nära sediment-vattenövergången skapas en förstärkt diffusion av joner uppåt i sedimentet. Detta förstärks också av den relativt begränsade sulfidbildningen i sedimentet. Denna process skapar höga halter av spårmetaller i ytsedimentet (Figur 110).



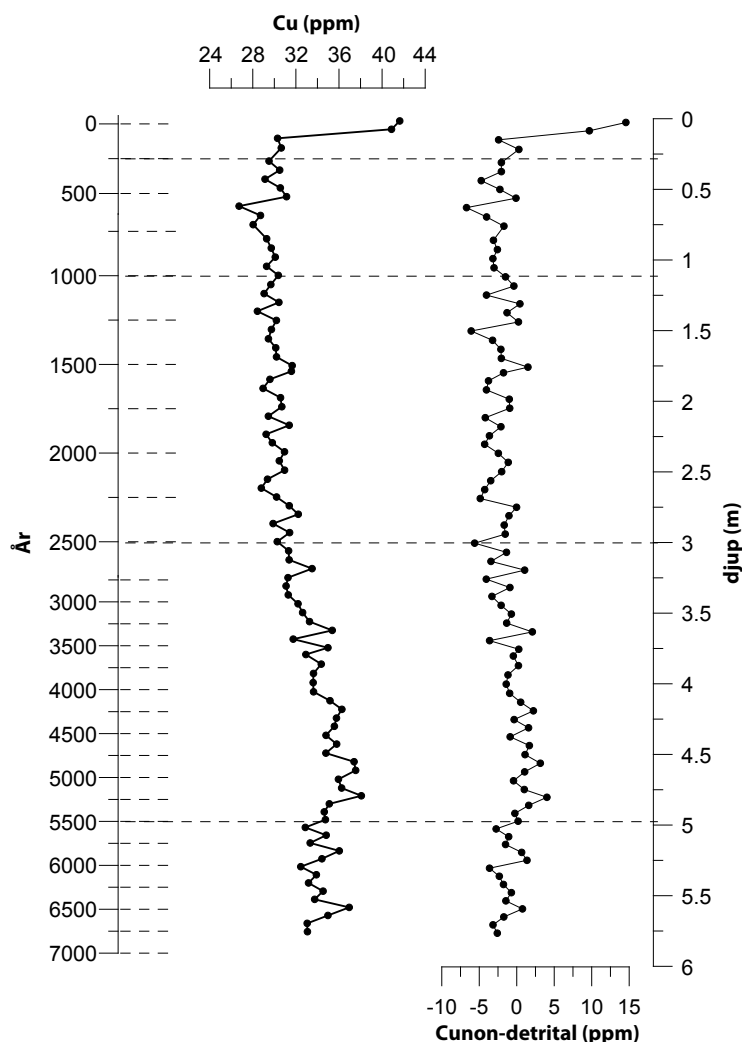
Figur 110. Järn-manganlikt brunt ytsediment från Bottenviken. Sedimentet är ca 30 x 20 cm.

Mangan är anrikat i djupbassängerna i Bottenviken (Figur 111), medan Bottenhavets djupbassänger domineras av järn. Detta visar att redoxpotentialen i porvatten och bottenvatten är lägre i Bottenhavet. Detta påverkar starkt anrikningen av spårmetaller i ytsedimentet. Anrikningen av järn och mangan i ytsedimentet beror på sedimentation och bildning av järn manganhydroxider. Dessa har en stor specifik yta och kan ta upp en rad spårmetaller. I princip är kvoten Mn/Fe ett mått på hur mycket fosfor och spårmetaller som är bundna i ytsedimentet (ju högre kvot ju högre halt). Kartan återspeglar därför indirekt hur spårmetaller naturligt är fördelade i Bottniska viken. Denna naturliga anrikning av metaller gör det svårt att utvärdera betydelsen och omfattningen av föroreningar i Bottenvikens sediment.



Figur 111. Mn/Fe kvoten i ytsediment i Bottniska viken.

Bergartsfragment som kommer med älvarna påverkas inte kemiskt av sedimentationen i någon större utsträckning. Bergartsfragmenten utgör en spädningsfaktor som sänker eller höjer spårmetallhalterna. Denna variation döljer ofta geokemiska processer i sedimentet. För att utvärdera spårmetalldata i sediment måste den mekaniska utspädningseffekten av bergartspartiklar tas bort. Generellt brukar aluminium eller titan användas för normaliseringen. Om man normaliserar tex. kopparhalten i sediment från Bottenviken ser man att kopparhalten i Bottenviken kan förklaras med bergartsfragment utom i det översta sedimentet (Figur 112). Förhållandet för Ni är likartat.



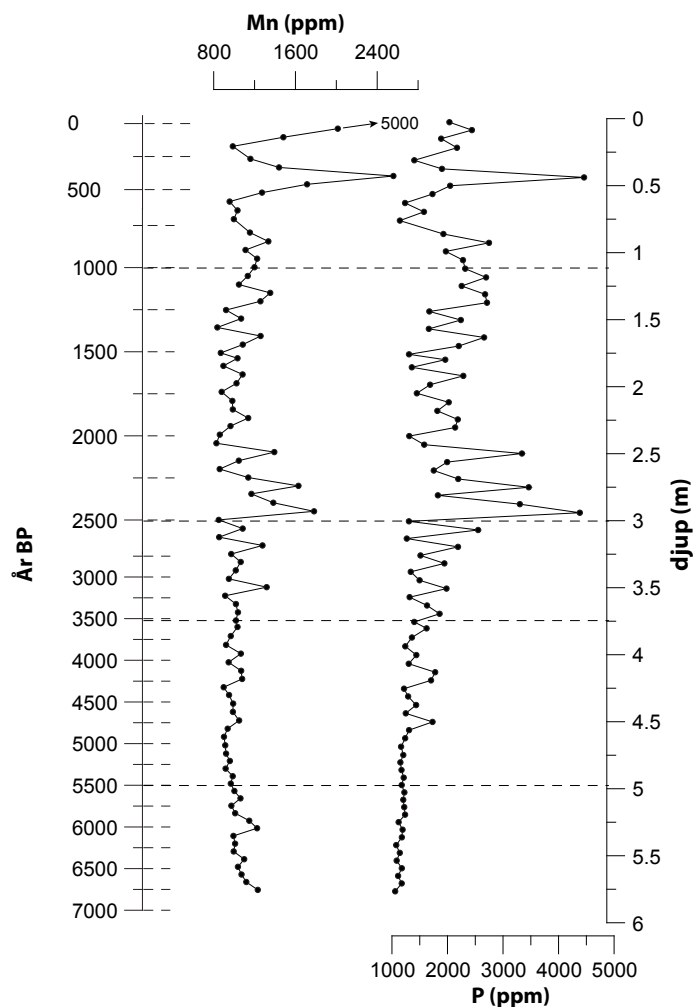
Figur 112. Onormaliserade kopparhalter (vänster) i ett sediment i centrala Bottenviken och normaliserad halt (höger).

Kobolt är ett redoxelement i naturen och kan ändra oxidationstal från Co^{2+} till Co^{3+} . Trevärt kobolt binds kraftigare till ytor jämfört med tvåvärt kobolt. Kobolt kan oxideras av manganpartiklar och kobolt följer ofta mangan i naturliga system. Den förhöjda halten av kobolt, jämfört med Bottenhavet och Östersjön kan mycket väl förklaras av en anrikning av kobolt tillsammans med mangan.

När det gäller den stora skillnaden i arsenikhalt mellan Bottenviken och Bottenhavet beror den troligen till stor del på en skillnad i redox i ytsedimentet. Arsenik är ett redoxelement i naturen. Vid sjunkande redox reduceras As(V) till As(III) . Arsenik (III) diffunderar delvis uppåt i sedimentprofilen, men As(III) tas inte så lätt upp av järnoxidhydroxider utan måste oxideras till As(V) innan arseniken kan tas upp av järnoxidhydroxider. Mangan fungerar som en effektiv redoxbarriär i Bottenviken för arsenik men denna barriär saknas i Bottenhavet.

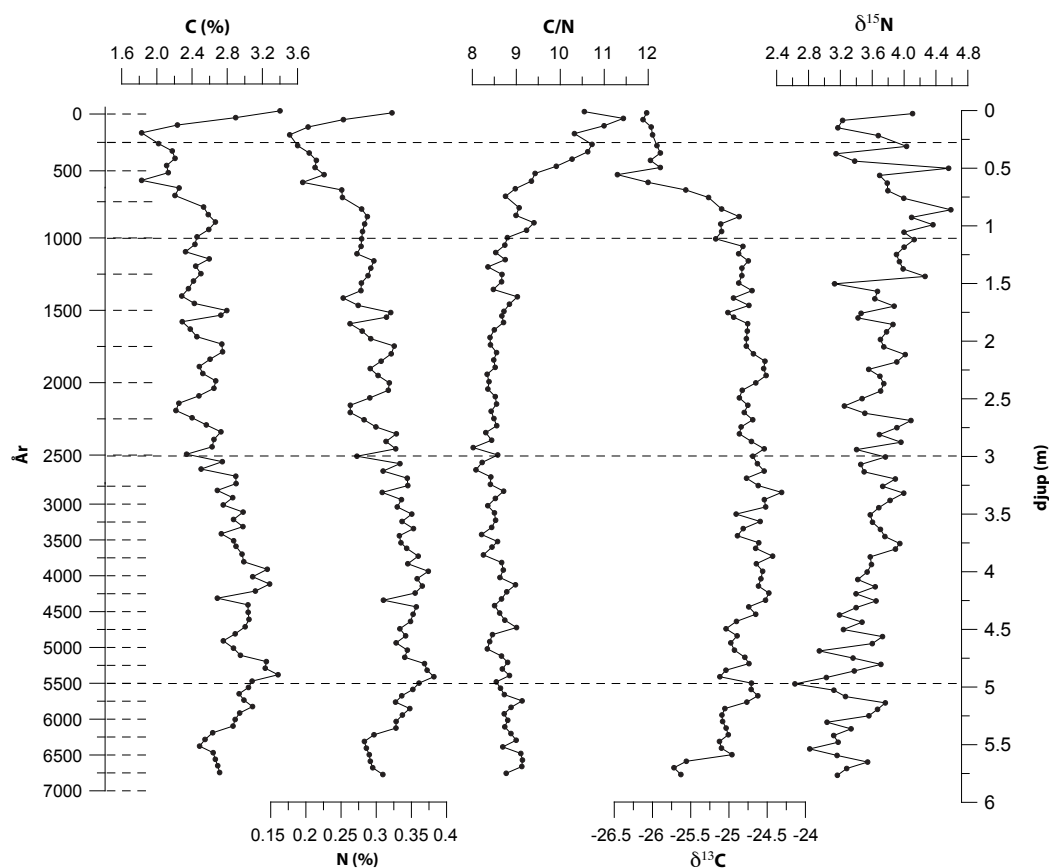
Manganoxidhydroxider bildar ett effektivt lock för flödet av fosfor och metaller från sediment till vatten. Bottenviken skiljer sig därför från Bottenhavet och centrala Östersjön på flera sätt. I centrala Östersjön är stora delar av bottenvattnen syrefria med höga halter av H₂S (vätesulfid). Bottenhavet visar relativt låga halter av syre i bottenvattnet men uppvisar inga sammanhållna områden med svavelväte. Bottenviken har höga halter av syre i bottenvattnet. Bottenviken kan klassas som oligotrof till ultra oligotrof, i motsats till centrala Östersjön.

För 2500 år sedan ändrades de biogeokemiska förhållanden i Bottenviken och fastläggningen av fosfor ökade. Den ökade fastläggningen i sedimentet är inte självklar, men beror troligen på mangans redoxkemi. Förändringen kan jämföras med att gå från de biogeokemiska förhållanden som råder i Bottenhavet idag till Bottenviken idag. I samband med att ett utpräglat manganskikt bildats i Bottenviken har det skett en naturlig anrikning av flera metaller i ytsedimentet.

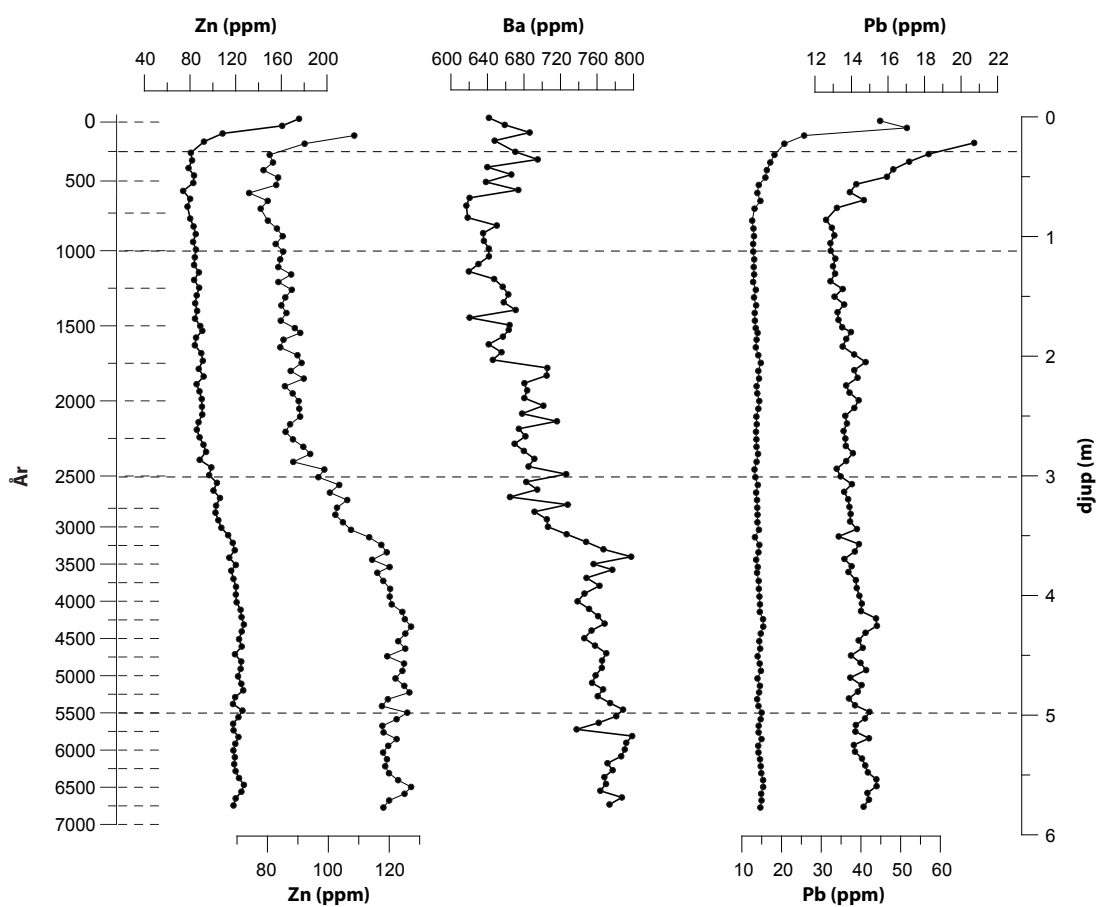


Figur 113. Deponeringen av mangan och fosfor i centrala Bottenviken under de senaste 7000 åren.

Sedimentdata (Figur 113) visar att utsötningen av Bottenviken har spelat stor roll för oligotrofieringen av Bottenviken. Utsötningen har inneburit förändringar i en rad biogeokemiska processer. Fosforhalten i sedimentet ökade signifikant för 2500 år sedan. Den ökade fastläggningen av fosfor minskade primärproduktionen. Bottenviken gick från ett ekosystem som dominerades av planktonproducerat kol till ett system där organiskt kol från land började dominera. Detta återspeglas av C/N kvoten och $\delta^{13}\text{C}$ i sediment (Figur 114). Zink och barium är indikatorer på plankton produk-



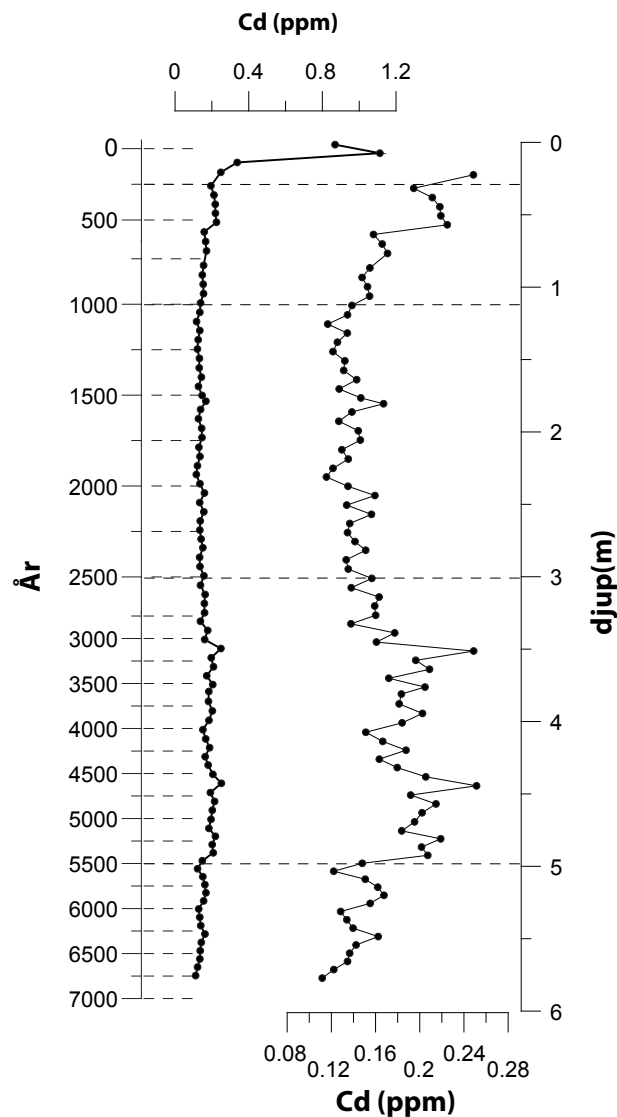
Figur 114. Deponeringen av organiskt kväve, kol och motsvarande stabila isotoper i centrala Bottenviken.



Figur 115. Deponeringen av zink, barium och bly i sediment från centrala Bottenviken under 7000 år.

tion minskade. Båda dessa grundämnen är korrelerade till planktonproduktion. Förändringen för zink är markant, från 120 ppm till 80 ppm (Figur 115). Orsaken till anrikningen är att zink är kraftigt associerad till primärproduktionen och har transporterats till sedimentet via organiskt material från den fotiska zonen. Förändringen i zink depositionen är klart korrelerad till en förändring i det sedimenterande organiska materialet. Kadmium visar, i motsats till zink, en ökande halt mot sedimentytan (Figur 116). Ökningen av kadmium jämfört med zink är inte självklar. En möjlig källa för kadmium kan vara ett ökande inslag från vittringen av Litorinasediment som idag är exponerade och oxiderar på land.

Mangan-järnbarriären i Bottenvikens ytsediment är effektiv barriär när det gäller flödet av både fosfor och spårmetaller till bottenvattnet. Men jämvikten är känslig för förändringar. Historiska sedimentdata visar att relativt små förändringar behövs för att ändra den jämvikt som råder idag mellan sediment och bottenvatten. Spårmetaller i Bottenvikens ytsediment kan lätt nå den fria vattenpelaren vid en sänkning av pH och/eller syrehalt i porvatten och bottenvatten. En sänkning av syrehalten i ytsedimentet skulle kunna skapa en självgenererande eutrofiering, liknande den i centrala Östersjön och Finska viken, när Mn-Feoxidhydroxiderna löser upp sig med associerad fosfor. En viktig fråga är hur känslig Fe-Mn-barriären i Bottniska vikens ytsediment är för miljöförändringar.



Figur 116. Kadmiumhalten i sediment i centrala Bottenviken under 7000 år (höger graf utan de två högsta ytvärdena).

APPENDIX 1

Bilder på järn-mangan konkretioner i Bottenviken



Tre huvudtyper av Fe-Mn konkretioner i Östersjön, (1) runda konkretioner, (2)gördelformade och (3) flata konkretioner. Lägg märke till att de runda konkretionerna är svarta, bruna eller hälften svarta och hälften bruna. Detta beror på att redoxnivån ändras i sedimentet vilket skapar en bandning av Fe-rika skikt och Mn-rika skikt. De gördelformade konkretionerna bildas på en sten eller sandkorn vid sedimentytan.

APPENDIX 2

Kemisk sammansättning på järn-mangan konkretioner i Bottenviken

Sammansättningen på Fe-Mn konkretioner i Bottenviken jämförd med djuphavsnoduler och sediment.

I	Al	Ca	Fe	K	Mg	Mn	Na	P	S	Si	Ti	Mn/Fe
Bottenviken	2.7	1.4	14.4	1.4	1.2	17.4	1.1	0.9	0.07	6.8	0.11	1.8
Atlanten	2.1	10.8	10.6	1.0	2.8	17.7	0.8	0.6	0.38	1.7	0.29	1.7
Stilla Havet	2.2	2.1	5.5	0.5	1.9	28.1	1.7	0.2	0.10	4.9	0.25	5.1
Grått sediment	6.4	1.3	4.0	2.3	1.3	0.1	2.4	0.1	0.18	16.5	0.27	0.02
Skiffer	8.0	2.2	4.7	2.7	1.5	0.1	1.0	0.1	0.24	7.3	0.46	0.02

II	As	Ba	Cd	Co	Cu	Mo	Ni	Pb	Sb	Se	Sr	Tl	U	V	W	Y	Zn
Bottenviken	226	2843	10	206	108	479	508	49	2.7	1.1	447	11	12	96	6.0	30	531
Atlanten	320	1503	8	2066	1064	370	6110	828	37	2.5	1564	111	7.2	581	82	114	809
Stilla Havet	88	2504	24	3020	10696	601	12314	438	51	3.1	648	192	4.0	451	55	83	2006
Grått sediment	5	560	0.3	17	37	2	39	26	0.6	0.8	176	0.8	6.2	83	0.9	25	107
Skiffer	13	580	0.3	19	45	3	68	20	1.5	0.6	300	1.4	3.7	130	1.8	26	95

III	Be	Bi	Cr	Cs	Ga	Ge	Hf	Hg	Li	Nb	Rb	Sc	Sn	Ta	Th	Zr
Bottenviken	1.8	0.2	29	1.6	7	0.2	1.2	0.4	21	5	47	5	1.2	0.3	5	47
Atlanten	5.7	2.9	20	0.6	6	0.1	4.1	0.5	83	41	10	13	3.1	0.7	24	297
Stilla Havet	2.2	0.7	12	1.7	26	0.3	6.5	0.3	150	18	23	11	2.1	0.2	16	253
Grått sediment	2.5	0.4	65	3.6	16	0.4	2.4	0.5	33	8	101	11	2.3	0.7	12	69
Skiffer	3	-	90	5	19	1.6	2.8	0.4	66	11	140	13	6	0.8	12	160

IV	La	Ce	Pr	Nd	Sm	Eu	Gd	Tb	Dy	Ho	Er	Tm	Yb	Lu
Bottenviken	56	163	12	44	8.0	1.3	7.5	1.1	5.8	1.2	3.3	0.5	3.1	0.5
Atlanten	112	743	24	98	21	5.3	25	3.9	23	4.9	13	2.1	14	2.1
Stilla Havet	103	301	30	127	30	7.5	30	4.8	26	4.9	14	1.9	12	1.8
Grått sediment	39	77	9.6	36	6.9	1.3	6.3	0.9	5.2	1.1	2.9	0.4	2.8	0.4
Skiffer	92	59	5.6	24	6.4	1	6.4	1	4.6	1.2	2.5	0.2	2.6	0.7

I = Fördelningen av huvudelement (alla värden i viktsprocent).

II = Anrikade spårelement i konkretioner (värden i ppm).

III = Ej anrikade spårelement i konkretioner (värden i ppm).

IV = Fördelningen av REE (lantaniderna, värden i ppm).

Grått sedinet = reducerat sulfidhaltigt sediment i Bottenviken.

