



Studier av episodisk försurning inom IKEU-projektet

Cecilia Andrén

Institutionen för tillämpad miljövetenskap

Department of Applied Environmental Science

Studier av episodisk försurning i IKEU-projektet

*Cecilia Andrén, ITM
Institutionen för tillämpad miljövetenskap
Stockholms Universitet*

Mail: Cecilia.Andren@itm.su.se

ISSN: 1103-341

ISRN: SU-ITM-R-144-SE-

Upplaga 50 ex., 2005-10-05

Tryckeri: PrintCenter, Stockholms Universitet

Sammanfattning	6
Inledning och bakgrund.....	8
Material och metoder	9
Lokaler	9
Provtagning och analyser	9
Resultat	10
Vattenkemi	10
Episoders karaktär	10
Vattendragstyper	13
Vattenföring - Q	14
Samband mellan vatten-kvaliteten och vattenföringen.	14
Har maxflödena provtagits genom den förtätade provtagningen?	14
Skillnader vattenkvalitet – intensiv/månatlig provtagning.....	14
Bottenfauna	15
Fisk	18
Metaller på gälar.....	18
Kvicksilver	20
Elfisken.....	21
Sammanfattande diskussion	23
Referenser.....	26
Appendix.....	28

Sammanfattning

I IKEU-projektet har sedan år 2000 ett specialprojekt drivits för att studera sura episoder i vattendrag. I några utvalda vattendrag (5-8 st) har förtätad vattenprovtagning, bottenfaunaprovtagning både vår och höst samt insamling av ung öring för metallanalys efter vårfloden utförts. Denna rapport presenterar resultaten av dessa intensifierade studier tillsammans med en studie av vattenkvalitetens inverkan på bottenfauna och fisk i samtliga 23 vattendrag inom projektet.

De sura episoderna innebär en period med högt vattenstånd och lågt pH och hög halt oorganiskt Al. I de nordliga vattendragen inträffar detta i regel i samband med vårfloden och i de sydliga sker det istället under höst- och vinterregn. Vanligen sker samtidigt i nordliga vattendrag en TOC-ökning medan det i sydliga vattendrag oftare förekommer en utspädning av TOC.

Den intensifierade provtagningen visar på starkast koppling mellan vattenkvaliteten och vattenföringen i Skuggälven, Haraldsjöån och Källsjöån. De modellerade maxflödena har visserligen inte kunnat fångas i dessa vattendrag men trots det har skillnader uppmätts i analysresultaten mellan ordinarie och förtätad provtagning i just dessa vattendrag.

Vid analysen av både kemi och biologi i vattendragen har ett försök till klassificering av vattnen i surhetsregim (eller vattendragstyper) utförts. De fyra typerna är:

- 1) sura (minpH <5 och snittpH < 5.5)
- 2) kraftiga episoder (minpH <5.5)
- 3) svaga episoder (minpH <6.0)
- 4) neutrala (minpH >6.0).

Vattenkemiskt kan pH-minimum, pH-medel, Ali-maximum, Ali-medel samt maximum Ali/TOC särskilja de olika surhetsregimerna med god sannolikhet.

För bottenfaunan ger kvoten Ephemeroptera/Trichoptera med antal taxa och med antal individer en god klassificering ($p < 0.01$). Men de index som användes i nuvarande bedömningsgrunder fungerar sämre: antal arter respektive Medins försurningsindex.

Ur resultaten från elfisken så ger tätheten av ung öring möjlighet till inplacering av vattendragen i olika surhetsregimer.

Vårbottenfaunan har ett starkare samband till lägsta pH sedan föregående höst än bottenfaunan provtagen på hösten. I denna delgrupp med prover så ger den kvalitativa M42-metoden en bättre koppling till minimi-pH än vad de kvantitativa surberproven gör. Bottenfaunaindexen har bättre korrelation till extrem-värden än den genomsnittliga vattenkvaliteten.

Metallbelastning på ung öring är en god indikator på vattendragets pH-regim: vattendrag med kraftiga episoder eller genomgående lågt pH har förhöjda halter av aluminium på gälar (>100 µg/g tv) och kvicksilver i muskel (>130 ng/g vv).

Öringreproduktionen (mätt som förekomst av ung öring i vattendraget i relation till en regional medelförekomst) blir normal eller bättre om pH inte underskrider 5.5 och om halterna av oorganiskt Al inte överskrider 40 µg/l.

Med både bottenfauna och fiskresultaten visas i denna studie att de är påverkade av sura episoder. För bägge dessa organismgrupper kan man signifikant särskilja vattendrag med kraftiga episoder (pH 5-5.5) från dem som antingen är sura (<pH 5) eller de mer neutrala vattendragen (>pH 6).

Den suboptimala vattenkvaliteten som uppkommer vid hög vattenföring är avgörande för biologin i vattendragen. Vid studier av vattendrag är det därför mycket viktigt att i möjligaste mån försöka övervaka även extrema situationer. Redan

med en ganska gles provtagning (veckovis) så kan man få en ökad förståelse för den episodiska vattenkvaliteten.

Det är tänkbart att en förtätad provtagning under högflödesperioder kombinerat med en glesare under låga flöden är ett optimalare sätt att övervaka vattendrag jämfört med dagens miljöövervakningsprogram.

Inledning och bakgrund

Genom arbetet i IKEU-projektet har det blivit allt mera tydligt att uppmärksamheten bör fästas på den episodiska försurningen i takt med att depositionen av försurande ämnen minskar. Markens minne må vara gott och långt men effekterna av depositionen manifesteras alltmer temporärt och i mindre utsträckning som basflödes-försurning. Detta gör att även sjöarna är mindre påverkade av försurning då de i egenskap av reservoarer har en dämpande effekt på tillfälliga inflöden av surt vatten, även om effekter på litoralfaunan och växande fiskembryon inte kan uteslutas. I södra Sverige finns det markområden där förrådet av baskatjoner utplånats av försurningen och där en återhämtning är långt borta även om depositionen reducerats kraftigt – därav Skogsvårdstyrelsens förslag till markkalkning med askåterföring.

Den försurning som idag huvudsakligen manifesteras är sura episoder i vattendrag i både norra och södra Sverige. Så fokus inom försurningsforskning och kalkningsverksamhet kommer allt mer flyttas över till vattendragen.

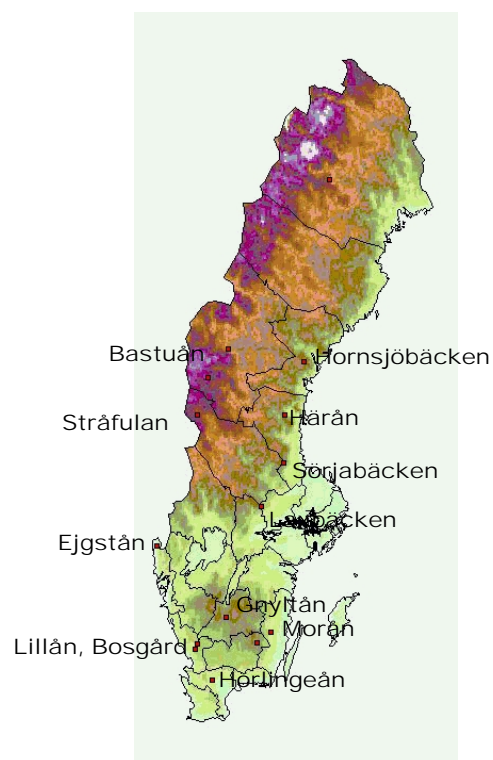
Varje avsnitt i rapporten börjar med en redogörelse för de specialstudier av episoder som genomförts inom IKEU-projektet under åren 2000-2003.

I tolv IKEU-vattendrag och elva referensvattendrag tas vattenprover månatligen – i några vattendrag har under denna studie provtagningen förtätats under den tidsperiod episoder förväntas. Dessutom har bottenfaunaprovtagningen utökats från höstprovtagning (ordinarie programmet) till att omfatta även provtagning på våren. Vidare har ett mindre antal yngre öringar infångats för analys av Al på gälar och Hg i muskel.

Därefter knyts resultatet av dessa små intensiva studier ihop med en överblick av situationen i de tolv kalkade och elva referensvattendragen som ingår i projektet.



Figur 1. IKEU-vattendragen



Figur 2. Intensiva referensvattendragen

Material och metoder

Lokaler

Sedan år 2000 har en förtätad vattenprovtagning genomförts i Skuggälven i norra Bohuslän (varannan vecka 52-14), Haraldsjöån och dess referens Laxbäcken i Västmanland (varje vecka 9-17) samt Källsjöån och dess referens Härån i Gävleborg (varje vecka 11-20).

Under år 2000 togs även prov i Arån i Jämtland inklusive en ny lokal uppströms doseraren (varje vecka 16-24).

Under år 2001 togs prov i halländska Blankan och Lillån (varje vecka 51-11).

Under år 2002-2003 provtogs endast de fem först nämnda lokalerna.

Provtagning och analyser

I vattenproverna analyserades hela ordinarie vattenkemiprogrammet på IMA, SLU, men endast aluminiumfraktionering på ITM, SU (SS 028210-1 mod.) och inga andra metaller med undantag för de vattenprover som togs i samband med provtagning av fisk för metallanalys. Bottenfauna samlades in för samma vattendrag och år som vattenprovtagningen intensifierades med den kvalitativa M42-metoden (Naturvårdsverkets handbok för miljöövervakning) och den kvantitativa Surber-metoden. På grund av högt vattenstånd och andra omständigheter så är datamaterialet inte komplett – prover är ej insamlade i Skuggälven höst-00, Arån -01 och -02, för Haraldsjöån saknas analysresultat för M42 vår-02 och som planerat togs inga prover på våren i Lillån och Blankan vare sig -00 eller -02.

År 2000 gjordes ett extra elfiske i slutet av vårfloden (maj-juni) och ca tio yngre öringar/lokal samlades in från fem vattendrag (Haraldsjöån, Laxbäcken, Källsjöån, Härån, Arån – ovan doseraren fanns ingen fisk att tillgå). År 2001 upprepades samma typ av provtagning fast endast i två vattendrag (Skuggälven och

Källsjöån) men vid tre tillfällen under våren (april-juni).

Dessa fiskar analyserades med avseende på metallhalt på gälarna (Al,Fe,Mn) med ICP-MS efter hela gälbågarna frystorkats och uppslutits i HNO₃ (ISO 17294-2).

. Fiskmuskeln dissekerades fram och efter frystorkning och uppslutning bestämdes kvicksilverhalten med ett FIA/AAS-system (SS 028175-1 mod.).

Denna rapport är till stora delar en redovisning av resultaten från projektet och innehåller därför många figurer och tabeller. För att öka läsbarheten har flera av dessa placerats sist i appendix – referenser i texten till material i appendix är märkta A1 tom A14. De figurer och tabeller som redovisas direkt i rapporttexten benämns på sedvanligt sätt figur 1, tabell 1 och så vidare...

Resultat

Vattenkemi

Med en episod avses i denna rapport en kortare eller längre period av högt flöde som ger en sänkning av pH (surstöt). Det finns modellerad hydrologi till alla ingående vattendrag (IMA, Kvarnäs). För samtliga vattendrag och år med intensifierad provtagning finns i appendixet figurer som visar temporalvariationen av pH, Ali, TOC och modellerad vattenföring (Q).

I de två referensvattnen ser vi den naturliga variationen i surhet (med avseende på H⁺ och Ali) och brunhet. I Härån (Hälsingland, A1) är det som surast vid två sommarhöglöden (juli-00 och september-01), medan snösmältningen ger en mindre kraftig surstöt. I samband med dessa sura flödestoppar tillförs också stora mängder humus. I Laxbäcken (Västmanland, A2) är mönstret mer oregelbundet och mer direkt kopplat till kraftiga regn. Men även här ser vi effekten av den blöta hösten 2000 med lågt pH och förhöjda Ali-halter. Våren 2001 uppträder en vårflood här – värt att notera är Ali-halten ökar före själva flödestoppen och pH-sänkningen. Tillförseln av organiskt material följer ett annat mönster här i söder med maxvärden vid lågvatten och generellt endast mindre ökning vid höga flöden.

I de kalkade vattendragen Lillån, Blankan (Halland, A3), Arån (Jämtland, A4) och Källsjöån (Hälsingland A5) dämpar kalkningen pH-variation (aldrig pH<6.0) och halten Ali i synnerhet (oftast <10 ug/l).

I Skuggälven (Bohuslän, A6) och Haraldsjöån (Västmanland, A7) fungerar kalkningen inte lika bra. Här uppträder pH-värden under 5.0-5.5 i samband med flödestoppar – då även halterna av aluminium når toxiska nivåer (50-150 ug/l). Även här ses mönstret att humushalten är som högst vid

sommarlågvattnen och endast marginellt förhöjd vid flödestoppar under höst och vintermånaderna.

Episoders karaktär

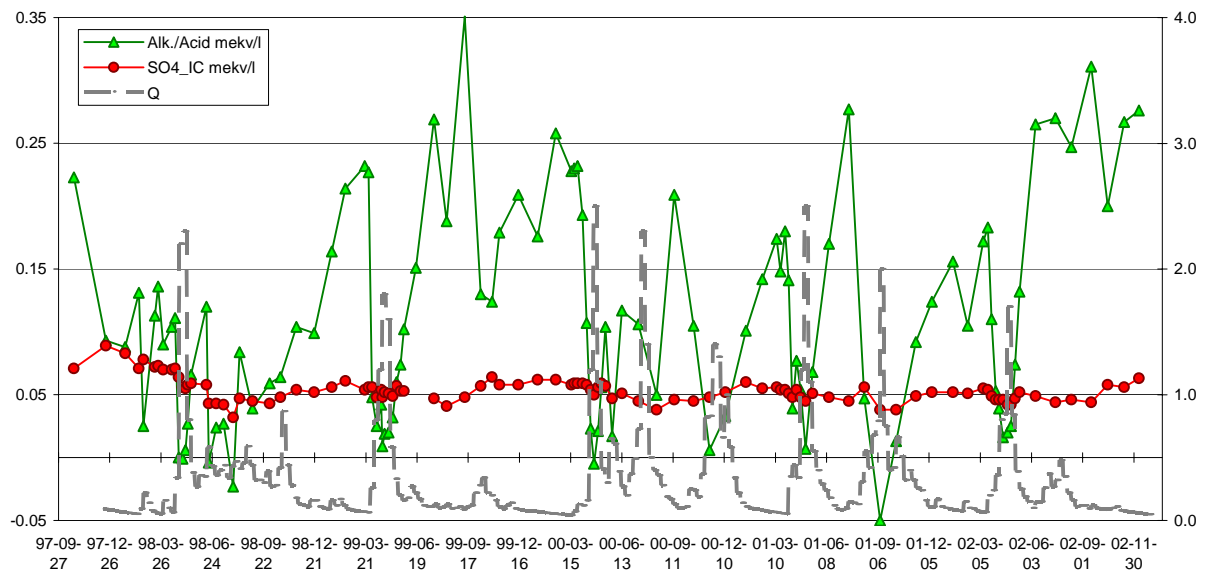
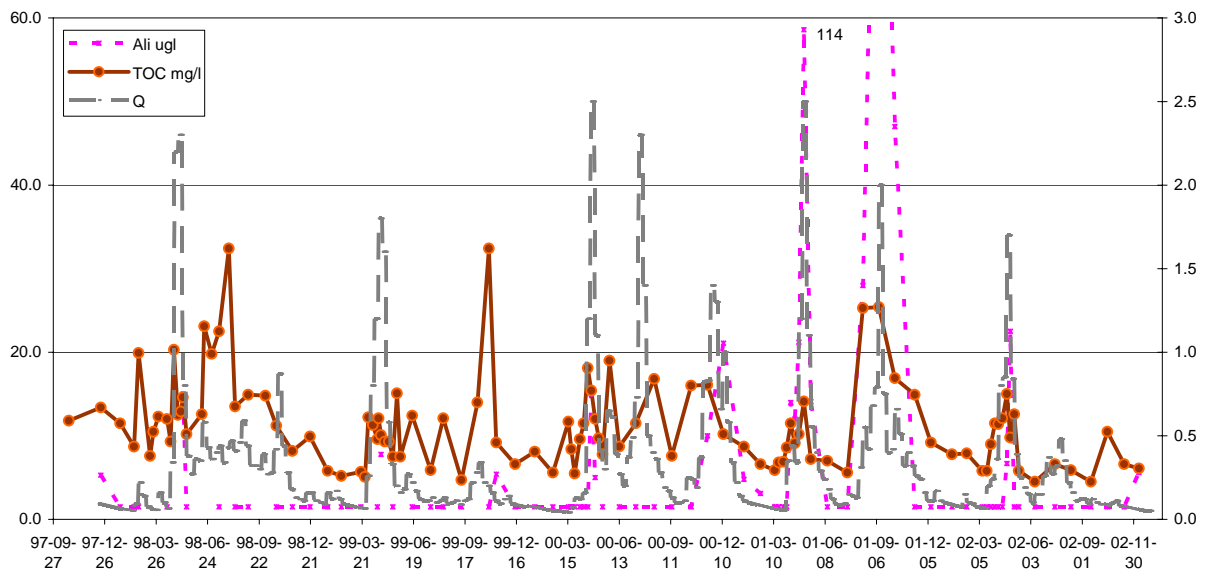
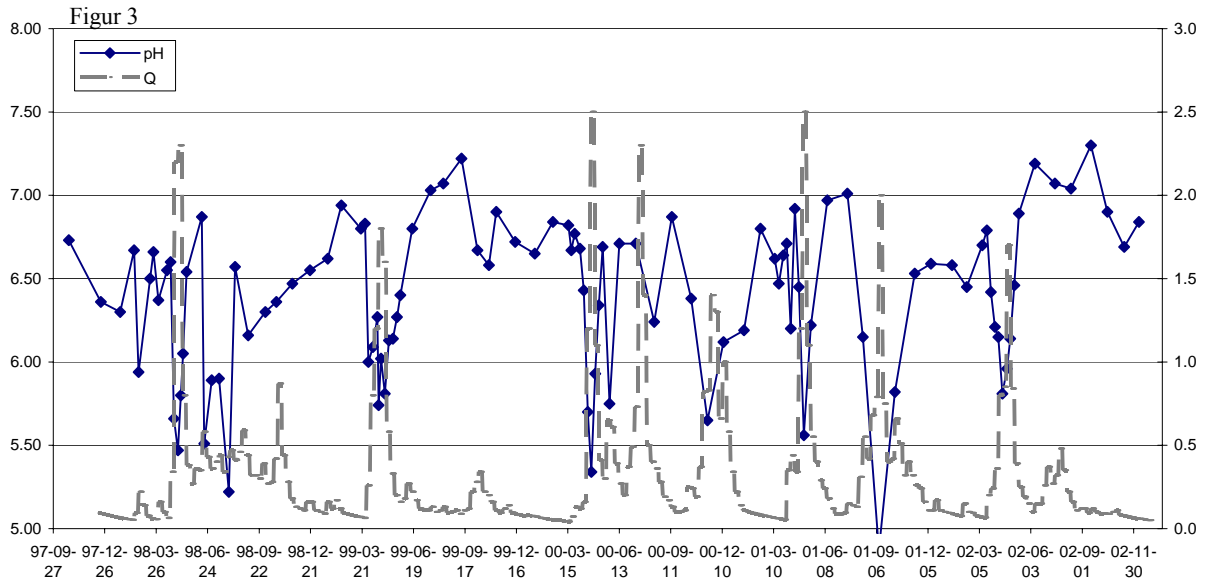
Hur särskiljer sig karaktären av nordliga vårfloodepisoder vid snösmältning och sydliga vinterepisoder orsakade av höga nederbörds mängder?

I norra Sverige har episoder studerats (se rapporten från episodprojektet, Laudon et al, 2001) – de uppträder på våren i samband med snösmältning och vinterns deposition av sulfat med snön avgör deras styrka. Se figur 3 med det nordligaste referensvattendraget Härån med sura tendenser – i samband med att snön smälter ökar vattenföringen vilket får en rad effekter på vattenkemin; pH sjunker tillsammans med alkalinitet och sulfat medan TOC ökar.

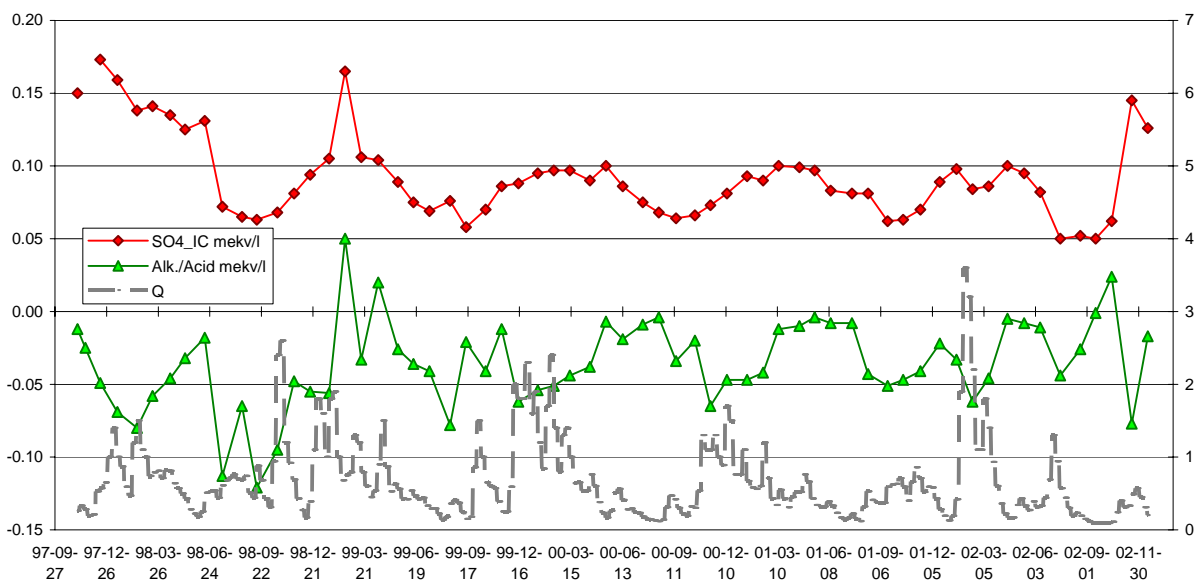
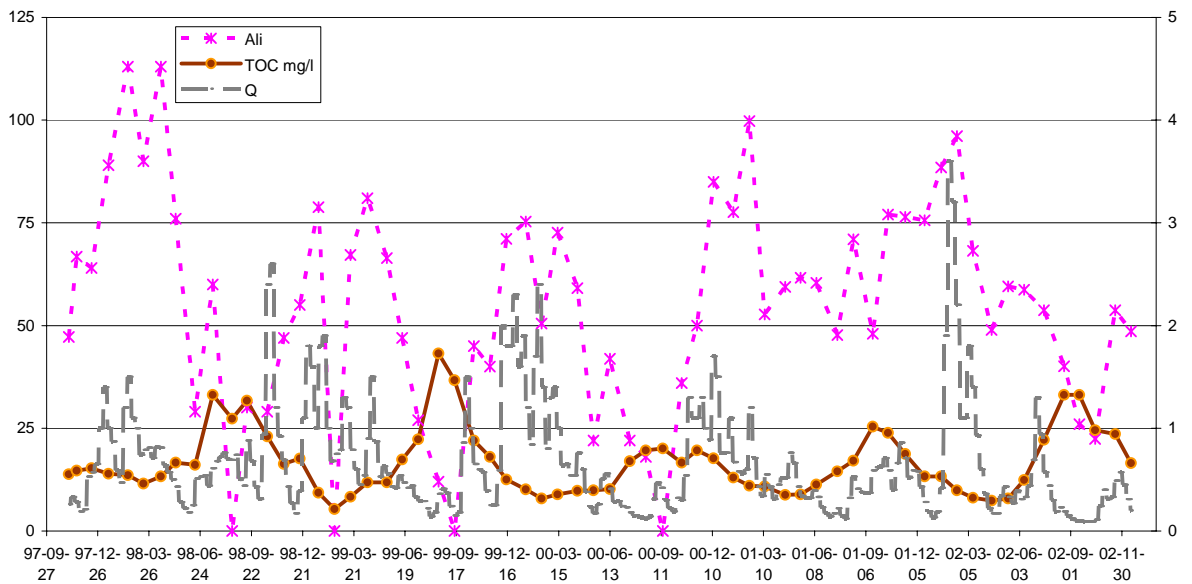
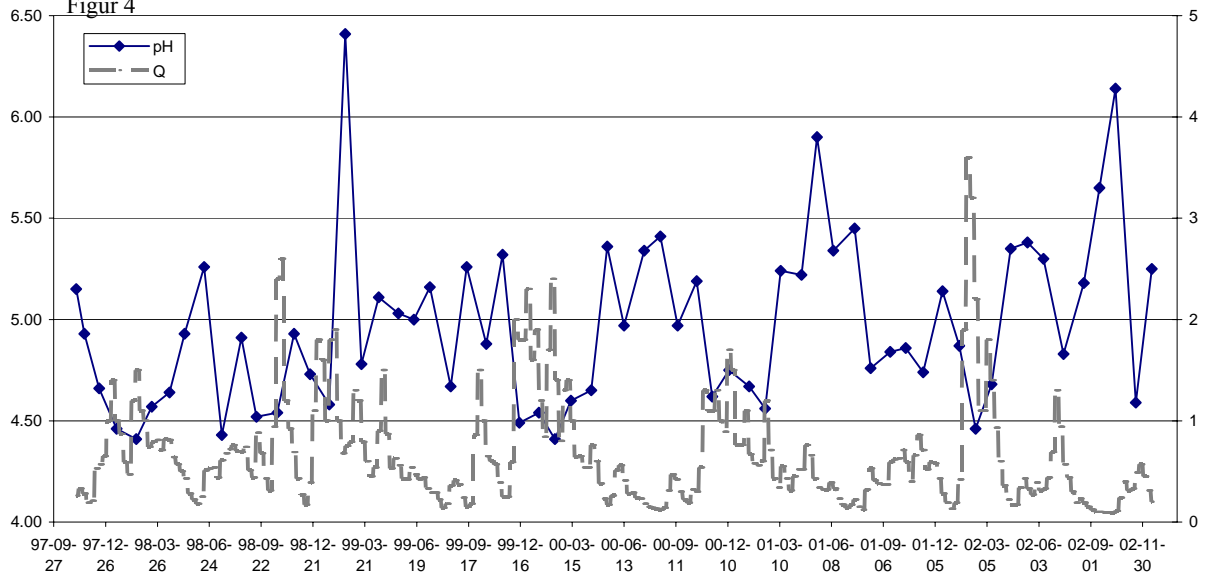
För att kontrastera detta visas även ett sydligt exempel från Halland Lillån-Bosgård i figur 4, när det regnar på senhöst, tidig vinter ökar vattenföringen, även här sjunker pH tillsammans med alkalinitet och sulfat (fast inte så tydligt) men nu sjunker istället TOC.

Vattenkemin är inte likadan men då i bägge fallen pH blir lågt samtidigt som halten Ali är hög så kan negativa effekter uppstå på biota.

Figur 3 och 4. Episoder som har förekommit i två referensvattendrag mellan 1997 och 2002: ett sydligt norrländskt vattendrag i Gävleborg, Härån, och ett från sydvästra Sverige, Lillån-Bosgård. I samtliga figurer är flödet bredstreckat, skala på högra y-axeln, överst finns pH, i mittenfiguren finns Ali och TOC och i nedersta figuren sulfat och alkalinitet.



Figur 4



Vattendragstyper

I denna rapport har jag valt att dela in vattendragen i olika typer efter deras surhetsregim. Detta därför att jag vill prova om de olika vattenkvaliteterna påverkar de biologiska samhällena förutom att jämföra korrelationen till minimi-pH för de biologiska index.

Vattendragen är indelade i fyra typer:

- 1) sura (minpH <5 och snittpH < 5.5)
- 2) kraftiga episoder (minpH <5.5)
- 3) svaga episoder (minpH <6.0)
- 4) neutrala (minpH >6.0)

I tabell A8 och A9 (appendix) redovisas medelvärden och standardavvikelser för en följande olika kemivariabler och uttryck:

- 1) minimum pH, medel pH
- 2) maximum Ali, medel Ali
- 3) minimum alkalinitet/aciditet
- 4) minimum ANC
- 5) medel TOC
- 6) maximum HAL ($\Sigma [H^+ + Al^{3+}]$ mekv/l)
- 7) maximum Ali/TOC
- 8) minimum Ca/Ali
- 9) minimum ANC/H⁺
- 10) minimum BC/SAA (baskatjoner/starka syror anjoner: $[Ca+Mg+Na+K]/[SO_4+Cl+NO_3]$)
- 11) minimum C/H⁺ (TOC*6.6/H⁺)

Perioden som avses är året mellan två biologiska provtagningar, då dessa brukar ske på hösten så används november föregående år till oktober innevarande år. De första uttrycken är medel, maximum eller minimum av enkla analysvariabler. HAL är ett uttryck som söker summera de två toxiska faktorerna, protoner, H⁺, och oorganiskt aluminium Ali som här räknas som trevärt, Al³⁺. Ett mått på andelen antropogen respektive ”naturlig” humus försurning ges av kvoten Ali/TOC. Sen följer flera olika kvoter som alla har gemensamt att täljaren innehåller ett basiskt eller neutraliserande mått och nämnaren ett mått på försurningen. Kvoten Ca/Ali har ofta använts för att relatera effekter på fisk till kemi. Kvoten ANC/H⁺ har tidigare använts som en

förklaring på effekter på fisk under vårflod (Laudon et al 2001). Kvoten mellan baskatjoner och starka syror anjoner ger en bild av buffringkapaciteten. I sista uttrycket så sätts mängden organiskt material mot mängden protoner (laddningsdensiteten från Köhler et al, 2000).

I A8 är resultaten både uppdelade i de fyra typerna och i kalkade respektive referensvattendrag. I A9 har resultaten slagits samman i de tre grupperna som förhoppningsvis kan särskiljas med hjälp av uttrycken.

I tabell 1 redovisas resultaten av ett vanligt t-test huruvida de olika uttrycken (kemi-variabler eller uttryck samt biologiska mått och index i senare kapitel) kan separera mellan:

1. sura vatten och de med kraftiga episoder
2. vatten med kraftiga och svaga episoder
3. vatten med kraftiga episoder och de med svaga episoder + neutralt pH.

De variabler som bäst kan skilja ut olika vattentyper är pH (medel och minimum), Ali (medel och maximum), $p < 0.001$, samt kvoten Ali/TOC (maximum), $p < 0.001$.

*Tabell 1. Signifikans för t-test mellan olika vattenkemiska variabler och index (förklaring i texten ovan) för olika vattendragstyper ($p < 0.001$ ***, $p < 0.01$ ** och $p < 0.05$ * och ns - icke signifikant).*

Typen	Sura jmf Kraftiga	Kraftiga jmf svaga	Kraftiga jmf neutrala & svaga
<i>pH minimum</i>	***	***	***
<i>pH medel</i>	***	***	***
<i>Ali maximum</i>	***	***	***
<i>Ali medel</i>	***	***	***
<i>Alk-aciditet min.</i>	***	ns	***
<i>ANC minimum</i>	***	ns	***
<i>TOC medel</i>	***	ns	ns
<i>HAL maximum</i>	***	*	***
<i>Ali/TOC max.</i>	***	**	***
<i>Ca/Ali min.</i>	ns	ns	***
<i>ANC/H+ min</i>	*	ns	***
<i>BC/SAA min.</i>	***	*	*
<i>C/H+ min.</i>	***	ns	***

Vattenföring - Q

Samband mellan vattenkvaliteten och vattenföringen.

För att studera hur vattenkvaliteten påverkas av vattenföringen gjordes en korrelationsanalys för de åtta intensivt studerade vattendragen. I tabell A10 i appendix presenteras samtliga signifikanta korrelationer. Det övergripande mönster som framträder är att vattendragen med störst variation i flödet (> 100 % RSD) även har starkast samband mellan vattenföring och vattenkvalitet (Härån, Laxbäcken samt Skuggälven).

I Laxbäcken är dock sambanden svagare vilket beror på dess kroniskt sura karaktär.

Det kalkade fjällvattendraget Arån uppvisar annorlunda samband – ingen koppling till pH men stark koppling till flera joner med sulfat i toppen.

Vidare ser vi i de tre kalkade vattendragen Skuggälven, Haraldsjöån och Källsjöån starka kopplingar mellan flödet och pH/Al-fraktionerna vilket gör dem intressanta för fortsatt intensiv provtagning.

Har maxflödena provtagits genom den förtätade provtagningen?

Genom att omvandla den absoluta modellerade veckomedel-vattenföringen till vattendragsspecifik relativ vattenföring (0-100%) för hela den undersökta perioden framgår att den förtätade provtagningen lyckats fånga maxflödena i hälften av de undersökta vattendragen (se tabell 2). De vattendragen vars vattenkvalitet var starkt flödesstyrd (stycket ovan) var även svårfångade: i Skuggälven, Haraldsjöån och Källsjöån har inte maxflödena täckts in och inte heller i Arån (men där kan maxflödet ha inträffat utanför det enda år med förtätad provtagning).

Tabell 2. Vattenföringens variationsvidd och högsta flöde i m³/s respektive %.

Vattendrag	variation	Max Q (%)
Blankan	0.32-1.4	1.4 (100 %)
Lillån	0.17-1	1 (100 %)
Skuggälven	0.03-3.6	2 (56 %)
Haraldsjöån	0.08-2.8	2.2 (79 %)
Laxbäcken	0-2.1	2.1 (100 %)
Källsjöån	0.04-2	1.2 (60 %)
Härån	0.03-2.5	2.5 (100 %)
Arån	0.31-11.4	7.1 (62 %)

Skillnader vattenkvalitet – intensiv/månatlig provtagning

En jämförelse av uppmätta pH-minimum, Ali-maximum samt maxflöde vid provtagningen mellan ordinarie och ordinarie+förtätad provtagning indikerar vilken extra information som infångats genom den förtätade provtagningen. Resultatet visade att större skillnader har fångats i Skuggälven (pHmin 4.87 jmf 5.33) och Haraldsjöån (pHmin 5.29 jmf 5.55). Medan endast mindre skillnader har uppmätts i Källsjöån (pHmin 6.28 jmf 6.38) och Arån (pHmin 6.05 jmf 6.23).

Slutsatser om förtätad provtagning och vattenkvalitet/vattenföring:

- starkast koppling mellan vattenkvaliteten och vattenföringen finns i Skuggälven, Haraldsjöån och Källsjöån (samt Arån).
- De modellerade maxflödena har inte kunnat fångas i dessa fyra vattendrag.
- De skillnader vi trots allt lyckats mäta kemiskt är just i dessa vattendrag.
- Provtagningen bör justeras vid behov och fortsätta (med förbehåll för Arån som snarare representerar ett fjällvattendrag än ett ”kalkat” vattendrag).
- Intensivvattendragens provtagning bör också ses över.

Bottenfauna

I de intensivt studerade episodvattendragen (totalt åtta vattendrag, under 1-3 år) söktes samband mellan vattenkvaliteten och bottenfaunasamhället vid vår och höstprovtagning. I figur 5 och 6 visas två vanliga summaindex som används vid bedömningar av surhet (NV 4913); antal taxa och Medins försurningsindex.

Av figurerna framgår att bottenfaunasamhället som fångas vid en vårprovtagning har ett starkare samband gentemot uppmätt minimi-pH sedan föregående höst än vad en provtagning på hösten har. Vidare visas att den kvalitativa M42-metoden (miljöövervakningshandboken) ger bättre korrelation både vår och höst mot minimi-pH än vad den kvantitativa surbermetoden gör. Om man istället sökte korrelera bottenfaunan mot medel-pH blir korrelationerna kraftigt styrda av den sura Laxbäcken och r-värdena missvisande.

Därefter gjordes en jämförelse med resultat från alla vattendrag i projektet; totalt 12 IKEU + 11 referenser under åren 2000-2002 analyserade av IMA. Vid denna analys inkluderas alla de index som var tillgängliga och ställs mot kemin under perioden november föregående år tom oktober innevarande år (då bottenfaunan insamlas).

Förutom Spearman korrelation till minimi-pH prövas de biologiska indexens styrka genom deras kapacitet att särskilja olika vattendragstyper med t-test. I tabell A11 (appendix) summeras bottenfauna-indexen för de undersökta vattendragen indelade i fyra grupper:

- 1) sura (minpH <5 och snittpH < 5.5)
- 2) kraftiga episoder (minpH <5.5)
- 3) svaga episoder (minpH <6.0)
- 4) neutrala (minpH >6.0)

Dessa är även uppdelade i referenser respektive kalkade vattendrag och medelvärden samt standardavvikelse listas för fem bottenfaunavariabler: antal taxa

och Medins försurningsindex, Ephemeroptera/Plecoptera (taxa) E/P(t), Ephemeroptera/Plecoptera (ind.) E/P(n), Baetis/ Plecoptera (ind.) B/P(n) (NV4921) för respektive provtagningsmetod (surber/M42).

I tabell A12 (appendix) har grupperna slagits samman till endast tre typer – sura vattendrag, vattendrag med kraftiga episoder samt neutrala vattendrag inklusive de med svaga episoder.

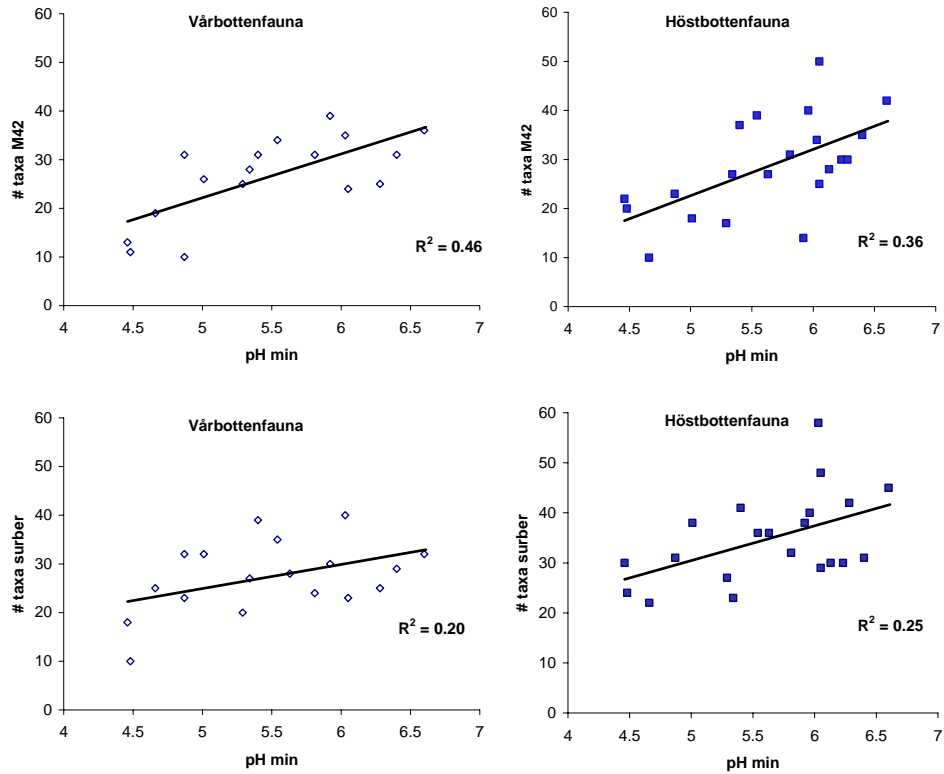
För dessa tre typer undersöktes sedan om typerna var statistiskt signifikant särskiljbara med t-test mellan typerna för bottenfaunaindexen. Vattendrag med kraftiga episoder kunde särskiljas från de sura och neutrala med flera index – det index som svarade starkast var Ephemeroptera/Plecoptera (taxa) både för surber och M42, det gav även högst korrelation mot pH (Spearman's rho) se tabell 3 nedan.

Tabell 3. Signifikans för t-test mellan olika bottenfaunaindex i olika vattendragstyper och Spearman korrelation till minimi-pH ($p < 0.001$ ***, $p < 0.01$ **, $p < 0.05$ * och ns-icke signifikant).

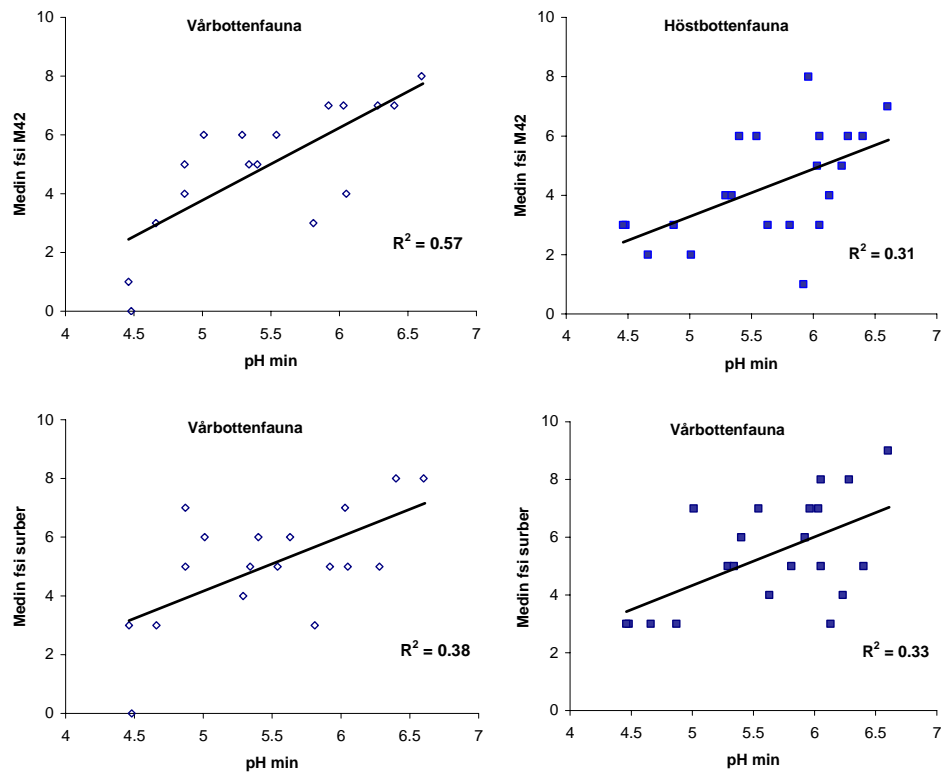
Typer	Sura jmf Kraftiga	Kraftiga jmf svaga	Kraftiga jmf neutrala& svaga	Spearman's rho (min pH)
Antal taxa surber	*	ns	ns	ns
Medin "-"	***	ns	***	0.37**
E/P(T) "-"	***	ns	***	0.58**
E/P(N) "-"	ns	*	***	0.45**
B/P(N) "-"	*	ns	***	0.45**
Antal taxa M42	***	ns	ns	0.31*
Medin "-"	**	ns	ns	0.36**
E/P(T) "-"	***	ns	**	0.61**
E/P(N) "-"	ns	**	***	0.52**
B/P(N) "-"	**	ns	**	0.50**

I figur 7) a-b och 8) a-b visas sambandet mot minimipH för kvoten E/P(t) i x-y- och box- plottar för surber och M42-prover.

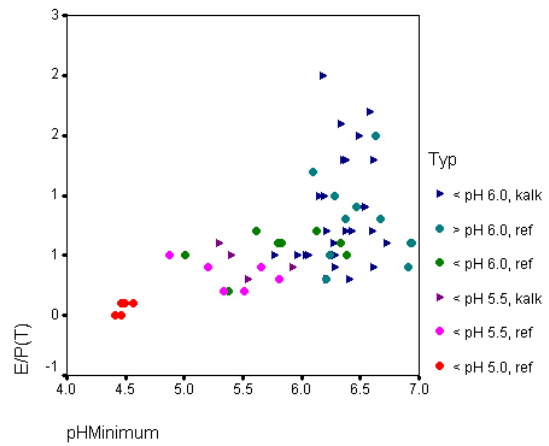
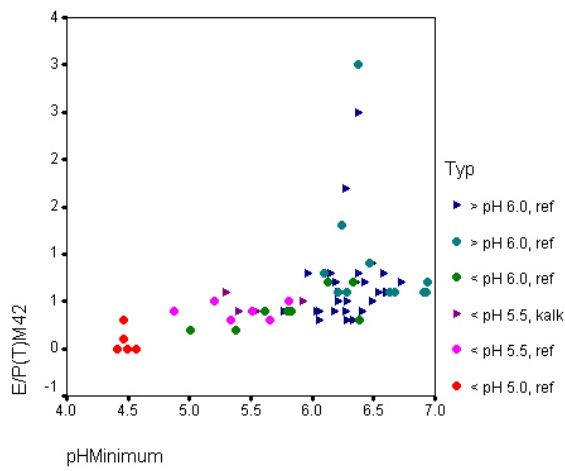
Med hjälp av denna kvot kan man alltså avgöra om ett vattendrag är surt, neutralt eller har kraftiga episoder. Kvoten E/P (individer) är även den intressant då den är det enda uttrycket som kan separera vatten med kraftiga respektive svaga episoder åt.



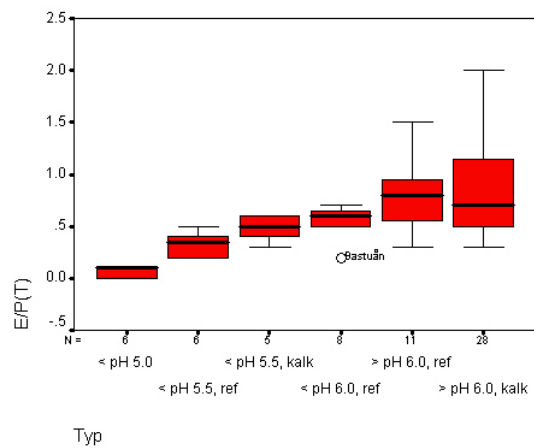
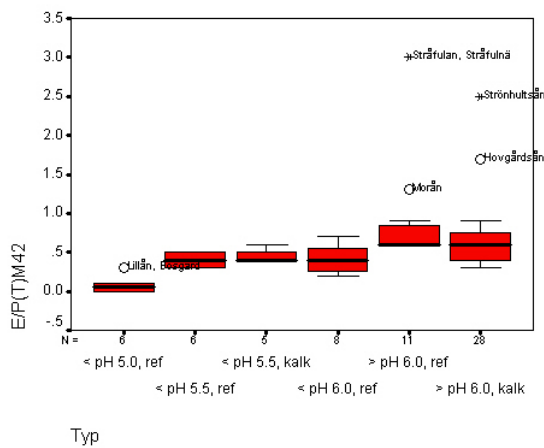
Figur 5. Antal taxa vid vår- och höstprovtagning med M42 respektive surber och korrelation till minimi-pH.



Figur 6. Medins försurningindex vid vår- och höstprovtagning med M42 respektive surber och korrelation till minimi-pH.



Figur 7 a och b. X-Y plot av kvoten *Ephemeroptera/Plecoptera* (taxa) för M42 respektive surber indelat i de olika vattendragsgrupperna avsatt mot uppmätt minimipH.



Figur 8 a och b. Boxplot av kvoten *Ephemeroptera/Plecoptera* (taxa) för M42 respektive surber indelat i de olika vattendragsgrupper.

Fisk

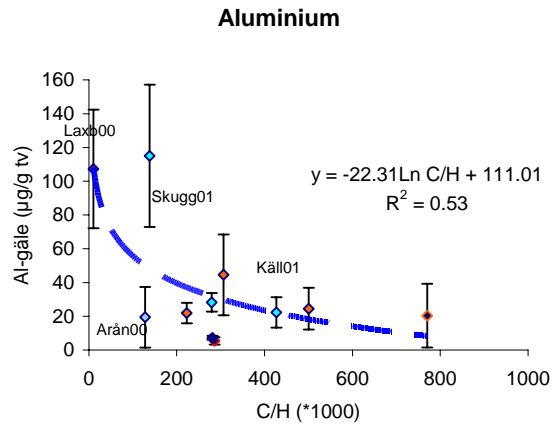
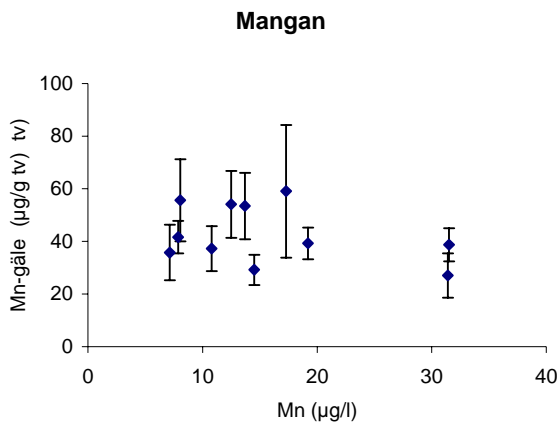
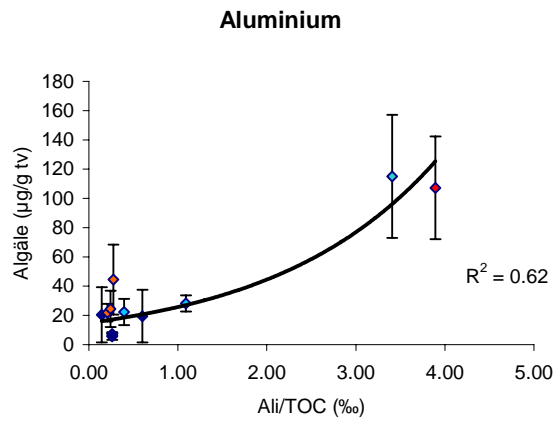
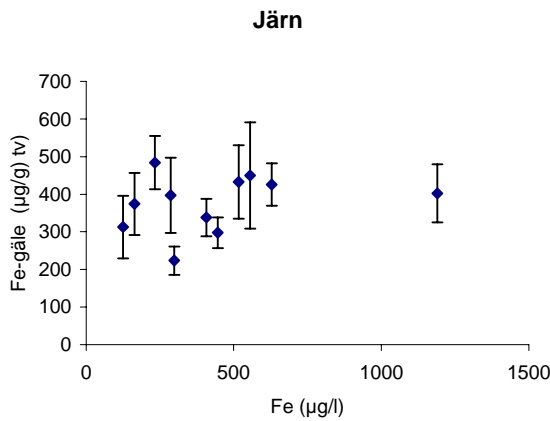
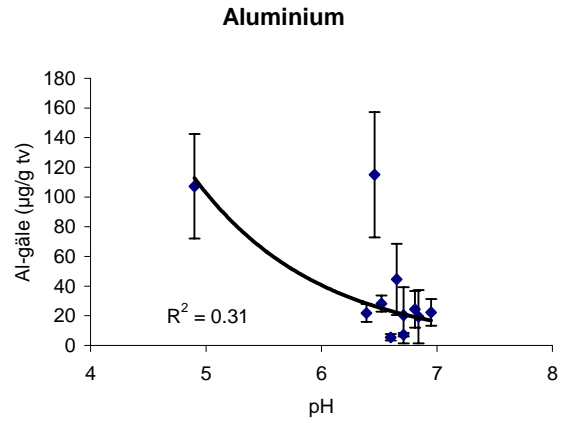
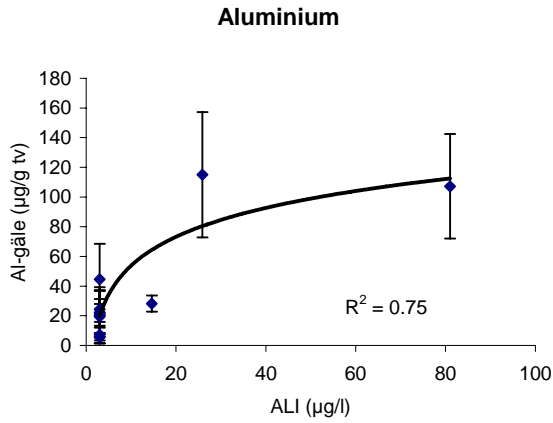
I episodvattendragen studerades ackumulering av metaller på ung öring fångad genom elfiske under våren. I appendix visas rådata i figurerna i A13 med kvicksilver och metaller på gälar (från år 2000 respektive år 2001).

Metaller på gälar

I figur 9a-c ser vi metallhalten på gälarna avsatt mot halten i vattenfasen för aluminium, järn och mangan, medelvärden och standardavvikelse för ca 10 fiskar. Sambanden inom hela materialet är endast gott för aluminium. För de övriga elementen är det bättre inom de individuella vattendragen (se appendix – figur A14). Al-mängden på gälarna är låg i de flesta vattendragen. I Laxbäcken och ett

av proven från Skuggälven är medelhalten över 100 µgAl/g tv. Denna nivå är under den som gett effekter vid exponeringsförsök (>200 µg/g tv, André et al, 2005). Den är dock på samma nivå som halter på öring insamlad med elfiske i av försurningspåverkade vattendrag Norge, 25-112 µg Al/g tv (Kroglund et al, manus).

I figur 10a-c relateras halten Al på gälar till andra vattenkemiska variabler pH, kvoten Ali/TOC (som avser spegla antropogent/naturligt försurningstryck) samt kvoten C/H. Notera den ökande korrelationen från pH ($r^2=0.31$) till Ali/TOC ($r^2=0.62$) och C/H ($r^2=0.53$). Detta orsakas av att Skuggälvens höga värde nu faller in på linjen då modellen byggs på fler variabler än en.



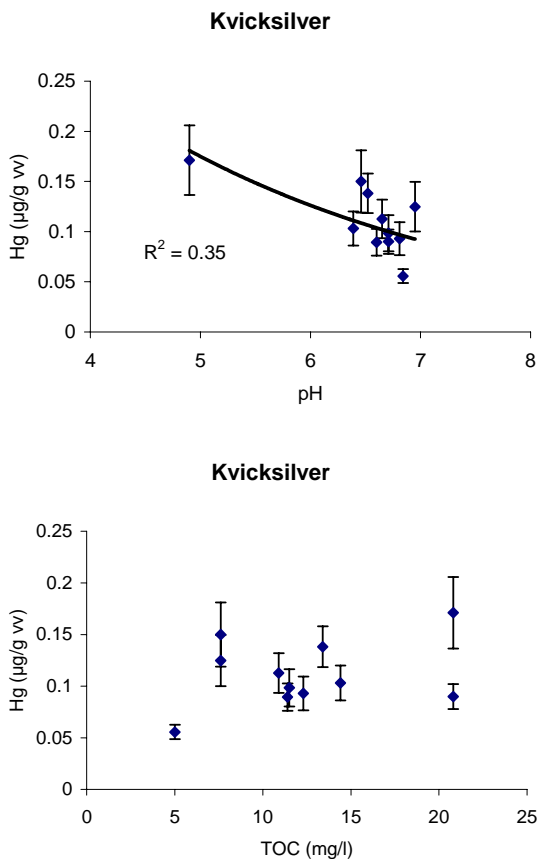
Figur 9.
 a) Aluminium ackumulerat på gälar avsatt mot halten oorganiskt Al i vattnet.
 b) Järn ackumulerat på gälar avsatt mot järn i vattnet.
 c) Mangan ackumulerat på gälar avsatt mot mangan i vattnet.

Figur 10.
 Aluminium ackumulerat på öringgälar avsatt mot
 a) pH,
 b) kvoten Ali/TOC samt
 c) kvoten av C/H

Kvicksilver

I figur 11a-b visas halten kvicksilver i öringens muskel relaterat till pH och TOC vilka vanligen inverkar på kvicksilverbelastningen. I figur 12a-b kopplas Hg-halten till de kvoter som gav förbättrade korrelationer för aluminiumhalten med ganska gott resultat (r^2 runt 0.7). Och slutligen visas sambanden av metallbelastning i figur 13 där aluminium plottas mot kvicksilver. De högsta halterna i denna figur utgörs av öring fångad i den sura Laxbäcken samt i den kalkade Skuggälven som störs av kraftiga episoder.

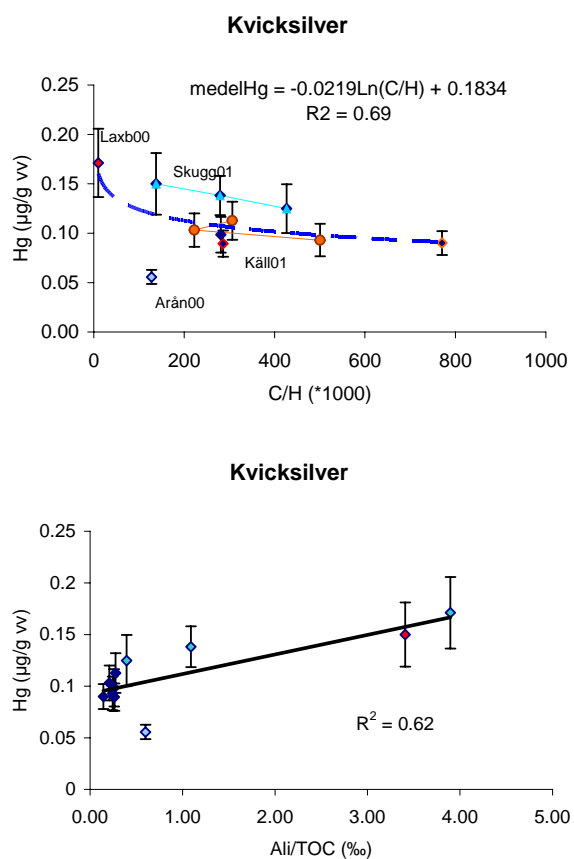
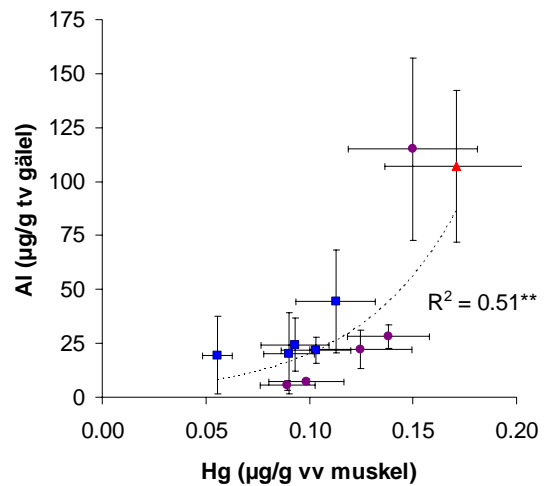
Metallbelastning på ung öring är alltså en god indikator på vattendragets pH-regim: vattendrag med kraftiga episoder eller genomgående lågt pH har förhöjda halter



Figur 11. Kvicksilver i öringmuskel avsatt mot pH och TOC.

av aluminium på gälar (>100 µg/g tv) och kvicksilver i muskel (>130 ng/g vv).

Figur 13. Metallbelastning i ung öring medel +/- 1 standardavvikelse för kvicksilver i muskel och Al på gälar.



Figur 12. Kvicksilver i öringmuskel avsatt mot kvoterna C/H och Ali/TOC.

Elfiske

En utvärdering av de ordinarie elfiskeresultaten och vattenkemien presenteras nedan; de tolv IKEU och elva referenserna under åren 1997-2003.

I två tabeller (A15, A16) summeras mått från elfiskena för de undersökta vattendragen indelade i de grupper som nämnts tidigare.

Vid analysen användes de kvantitativa variabler som finns i elfiskeregistret (absolut täthet och biomassa för ung (0+) respektive äldre öring).

På samma sätt som för bottenfaunan undersöktes sedan kopplingen till vattenkvaliteten genom Spearman korrelation till pH och särskiljning av de olika vattendragstyperna med t-test (tabell 4). Den variabel som bäst speglade de vattenkemiska grupperna var relativ täthet av 0+-öring följt av absolut täthet 0+. Inga andra index kunde särskilja mellan typerna även om fler hade signifikanta samband med minimi-pH.

*Tabell 4. Signifikans för t-test mellan olika elfiskeindex i olika vattendragstyper och Spearman korrelation till minimi-pH ($p < 0.001$ ***, $p < 0.01$ **, $p < 0.05$ * och ns-icke signifikant).*

Typer	Sura jmf Kraftiga	Kraftiga jmf svaga	Kraftiga jmf neutrala & svaga	Spearman rho (min pH)
Öringötäthet	***	*	***	0.36**
Öringbiomassa	ns	ns	ns	0.24**
Stor öringtäthet	***	ns	ns	0.32**
Stor öringbiomassa	*	ns	ns	0.16*
Andel 0 (rekr.) täth.	*	ns	ns	0.26**
Andel 0 (rekr.) biom.	ns	ns	ns	0.20*
Relativ täthet 0-öring	***	*	***	0.46**
Rel. täthet stor öring	***	ns	ns	0.32**

I figur 14a-e visas sambandet mellan relativ täthet av ung öring och vattenkemi-variabler: pH min, Ali max, TOC medel och några kombinationer av de föregående: HAL max (summa H+, Ali =(3+) mekv/l) samt kvoten Ali/TOC.

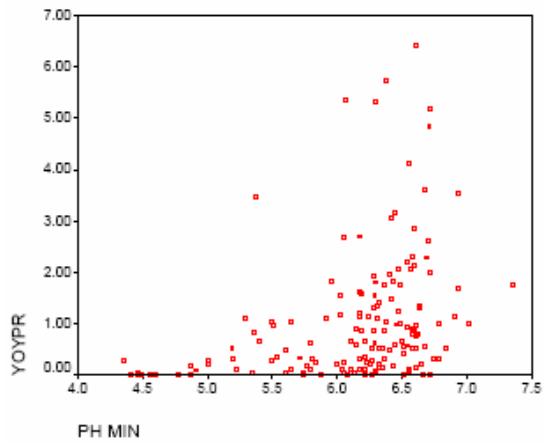
För pH (a) och Ali (b) syns brytpunkter ($> \text{pH } 5.5$ respektive $< 40 \mu\text{g Ali/l}$) där reproduktionen blir över 100 % (= 1) i diagrammen. Dessa nivåer stämmer ganska väl överens med dem som bedömdes vara acceptabla i en veckolång exponering av öring i humöst vatten: $> \text{pH } 5.5-6.0$ och $< 60 \text{ g Ali/l}$ (Andrén et al, 2005).

Sambanden blir något skarpare om man tar hänsyn till den kombinerade effekten av väte- och Al-joner (d) eller Al och humus (e). Men sambandet mellan öringreproduktion och endast humus är svagt och negativt (c).

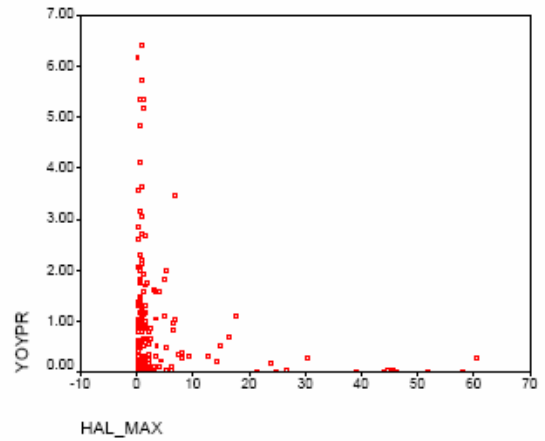
Öringreproduktionen (mätt som förekomst av ung öring i vattendraget i relation till en regional medelförekomst) blir normal eller bättre om pH inte underskrider 5.5 och om halterna av oorganiskt Al inte överskrider $40 \mu\text{g/l}$.

Figur 14. Absoluta tätheter av ung öring avsatta mot

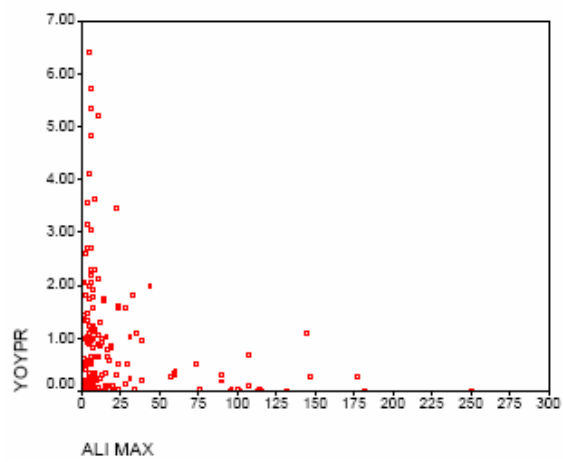
a) minimum pH



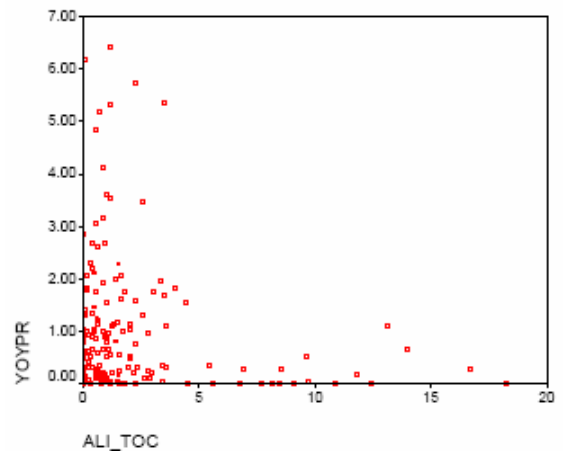
d) maximum HAL



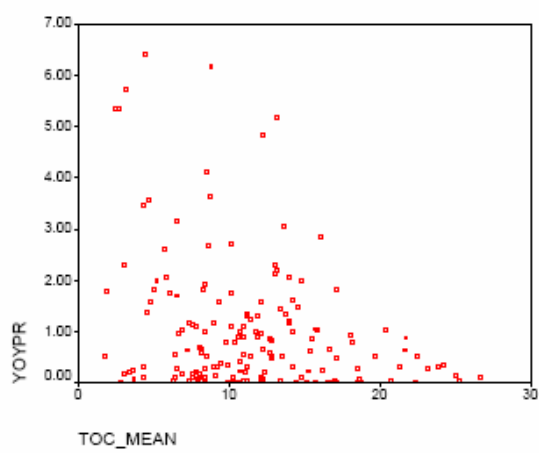
b) maximum Ali,



e) Ali/TOC.



c) medel TOC



Sammanfattande diskussion

Episoder är tillfällena med hög vattenföring och lågt pH. Rent vattenkemiskt framträder två olika mönster hos episoderna i nordliga respektive sydliga vattendrag. I de nordliga förekommer episoder på våren i samband med snösmältning – dessa kännetecknas av ett kraftigt högvatten med medföljande pH-sänkning och TOC-ökning. I vattendrag i mellersta och södra Sverige uppträder episoderna i samband med regn – vanligen under höst-vinter men de är mindre regelbundna eller förutsägbara. Även här sjunker pH vid högvatten men här minskar TOC-halten på grund av utspädning. De underliggande mekanismerna (och flödesvägarna) i marken är tydligen olika men i bägge fallen kännetecknas episoderna även av förhöjda halter oorganiskt Al.

Lyckas vi fånga dessa högvatten med våra provtagningar? Ja i de fall vattendragen inte är så variabla, men i vatten med en stark koppling mellan vattenkvalitet och vattenföring visar siffrorna på att vi inte lyckats ta prover vid högsta flödena även med veckovis provtagning. Detta behöver dock inte vara helt riktigt då flödena är modellerade och inte faktiskt uppmätta.

Då vattendragen till sin natur är föränderliga kan ett mått på en pH-regim istället för ett exakt pH-värde vara till stor hjälp. I rapporten provas ett system med fyra vattendragstyper (eller surhetsregimer); sura vattendrag, de med kraftiga episoder, de med svaga episoder samt neutrala vattendrag. För de vattenkemiska resultaten testades vilka variabler, uttryck eller statistiska mått som kunde klassificera vattendragen efter detta system. Då indelningen baserades på pH är det inte så förvånande att både medel och lägsta pH fungerade bra. Det gjorde även Ali (både medel och max) samt en kvot mellan Ali/TOC som avses reflektera det antropogena/naturliga försurningstrycket.

Har de episoder vi analyserat någon effekt på biologin i vattendragen? Ja sambanden mellan vattenkvalitet och biologiska index/mått är relativt goda. Det faktum att vi huvudsakligen fångat regnstyrda högvatten i södra Sverige som skett under höst-senvinter försämrar inte den biologiska kopplingen. Så det är troligt att vinterhögflöden har stor inverkan på biologin i sydsvenska vattendrag.

Bottenfaunan påverkas starkt av extremvärdes-vattenkvaliteten och till mindre grad av den genomsnittliga vattenkvaliteten. Vid analysen användes de mått som rekommenderas i bedömningsgrunderna (Rapport 4913) (antal taxa och Medins försurningsindex) kompletterat med ett antal kvoter ur bakgrundsrapporten (Rapport 4921) till bedömningsgrunder. Förvånande nog så fungerar de senare kvoterna bättre än de rekommenderade på detta material. Framförallt så verkar kvoten Ephemeroptera/Plecoptera både uttryckt som antal taxa eller antal individer kunna klassificera vattendragen i olika typer med hög träffsäkerhet.

För fisken finns dels två mått på ökad metallbelastning på grund av försurningen (metaller i gälar och kvicksilver i muskel). Trots det låga provantalet är sambanden relativt goda mellan metallhalt (Al och Hg) och vattenkvaliteten. Halten Al på gälarna har starkt samband med både Ali/TOC, C/H och pH om man jämför alla vattendragen. Inom ett enskilt vattendrag kan kopplingen vara starkare till Ali eller pH. Halten kvicksilver i muskel förklaras både av pH och av TOC i vattnet men förklaringsgraden ökar betydligt med de kvoter som användes för Al på gälarna. Båda dessa ”försurningsrörliga” metaller styrs alltså av en kombination av pH, TOC och Ali. Belastningen av Hg i muskel och Al på gälen har dessutom själva ett gott inbördes samband. Metallbelastning på ungdom (1-2 år) är en god indikator på vattendragets pH-regim: fisk i vattendrag

med kraftiga episoder eller genomgående lågt pH har förhöjda halter av aluminium på gälar (>100 ug/g tv) och kvicksilver i muskel (>130 ng/g vv).

När man slutligen kommer högst upp i ekosystemet till fisksamhället som studeras vid elfisken så finns sambanden kvar men de är svagare. Vattendragstyperna kan nu endast klassas med index för tätheten av ung (0+) öring, något bättre blir sambandet om detta mått görs relativt gentemot förväntad täthet för varje region. Även här återfinns sambanden för pH och Ali och några av de kombinerade uttryck som använts i rapporten (HAL, Ali/TOC). God öringreproduktion (>100 % relativ täthet) kräver att pH 5.5 ej underskrids eller att inte Ali blir högre än 40 ug/l.

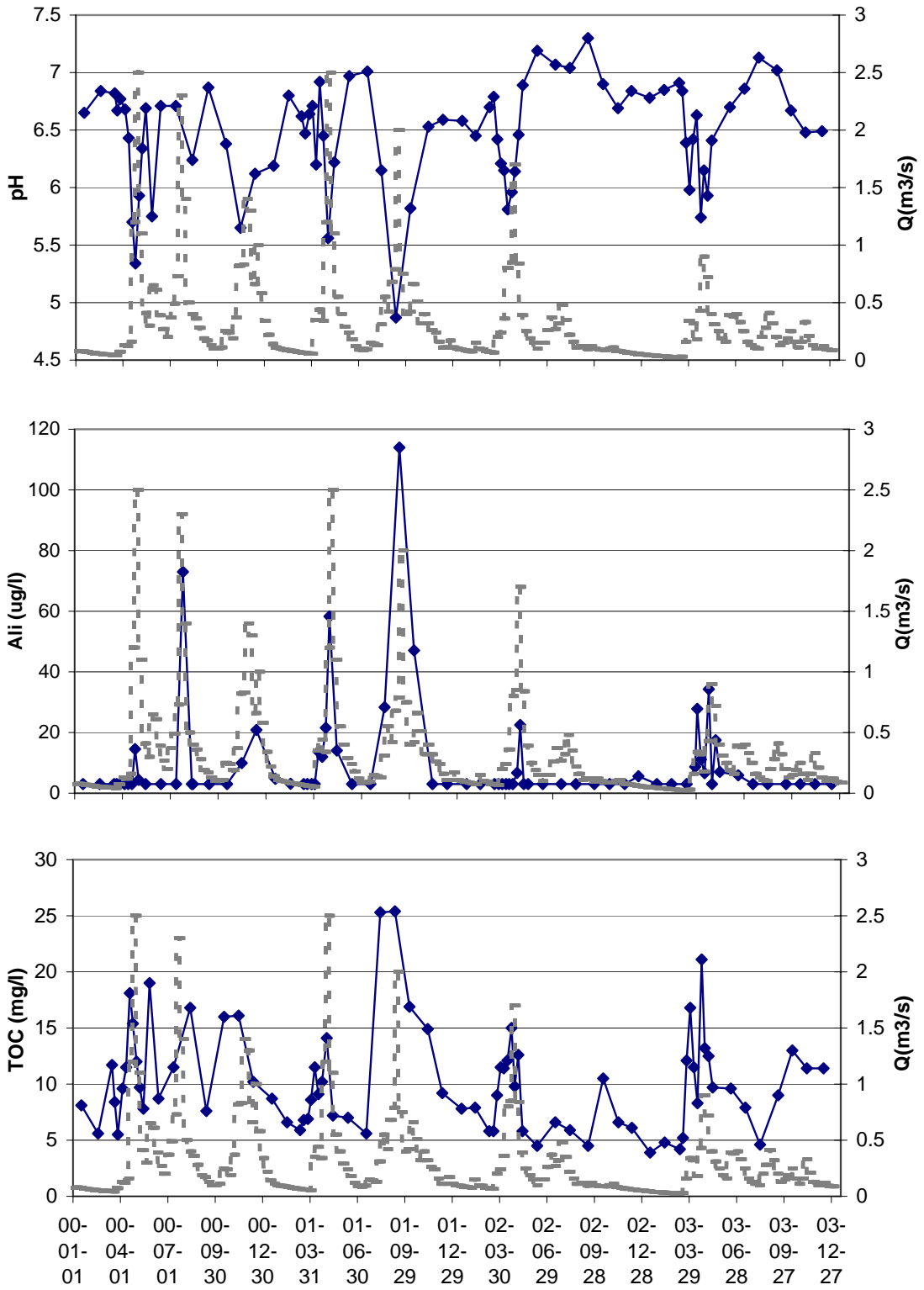
Med både bottenfauna och fiskresultaten visas i denna studie att de är påverkade av sura episoder. För bägge dessa organismgrupper kan man signifikant särskilja vattendrag med kraftiga episoder (pH 5-5.5) från dem som antingen är sura (<pH 5) eller de mer neutrala vattendragen (>pH 6).

Biologin i vattendragen påverkas starkt av sub-optimal vattenkvalitet under högvatten. Då vattendrag skall övervakas är det därför viktigt att i möjligaste mån även samla in prover från extrem-situationer. Den förtätade provtagningen (veckovis) i denna studie har gett en ökad förståelse för effekten av episoder jämfört med den ordinarie månatliga provtagningen. Att kombinera en förtätad provtagning under perioder med höga flöden med en glesare under resten av året är troligen ett optimalt sätt att övervaka vattendrag.

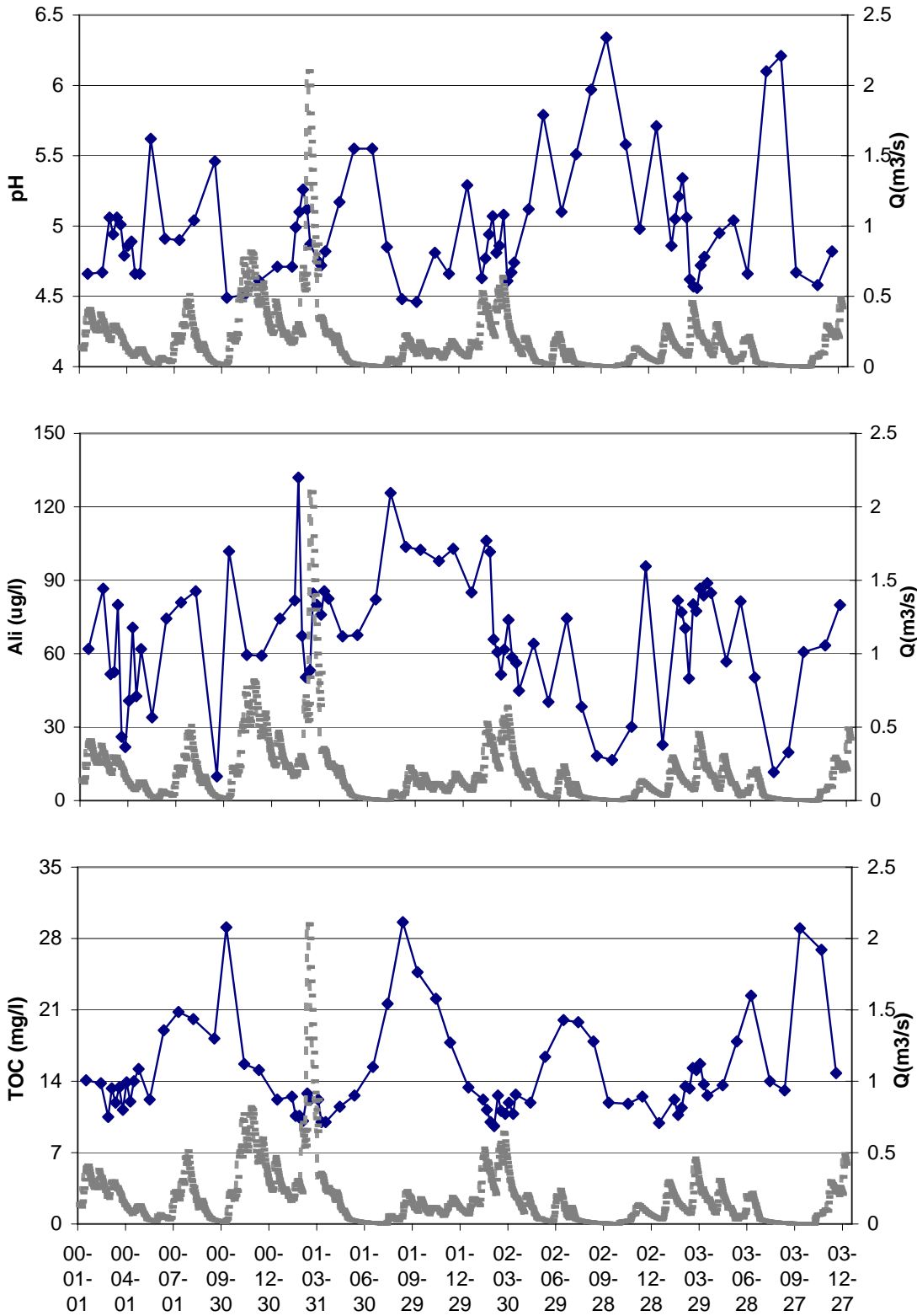
Referenser

- Andrén, Cecilia, Kroglund, Frode och Teien, Hans-Christian. (2005) Controlled exposure of brown trout to a limed acid and aluminium-rich humic water. *Verh. Internat. Verein. Limnol.* (accepterat).
- Laudon, Hjalmar, Westling, Olle, Poléo, Antonio B.S. och Vøllestad, Leif Asbjørn. (2001) Naturligt sura och försurade vatten i Norrland. Rapport 5144 Naturvårdsverket.
- Köhler, Stephan, Laudon, Hjalmar, Wilander, Anders och Bishop, Kevin (2000) Estimating Organic Acid Dissociation in Natural Surface Waters using Total Alkalinity and TOC. *Wat. Res.* **34**, 1425-1434.
- Kroglund, Frode, Berger, Hans Mack, Lande, Arne, Kaste, Øyvind, Johansen, May-Britt och Håvardstun, Jarle. Status för vann- og smoltkvaliteter i Otra, Vest-Agder våren 1999. Manus till NIVA-rapport.
- Naturvårdsverket (1999) Bedömningsgrunder för miljö kvalitet, Sjöar och vattendrag. Rapport 4913.
- Naturvårdsverket (1999) Bedömningsgrunder för miljö kvalitet, Sjöar och vattendrag. Bakgrundsrapport 2 – Biologiska parametrar. Rapport 4921.
- SS 028210-1 (1992) Vattenundersökningar - Bestämning av syralösigt aluminium i vatten - Fotometrisk metod. Utgåva 1.
- SS-EN ISO 17294-2 (2005) Vattenundersökningar - Bestämning med induktivt kopplad plasma och masspektrometri (ICP-MS) - Del 2: Bestämning av 62 grundelement (ISO 17294-2:2003)
- SS 028175-1(1989) Vattenundersökningar - Metallhalt i vatten, slam och sediment - Bestämning med flamlös atomabsorptionsspektrometri - Speciella anvisningar för kvicksilver. Utgåva 1.
- Undersökningstyp Bottenfauna i sjöars littoral och vattendrag – inventering. (1996) Programområde Sötvatten. Handbok för miljöövervakning. www.naturvardsverket.se

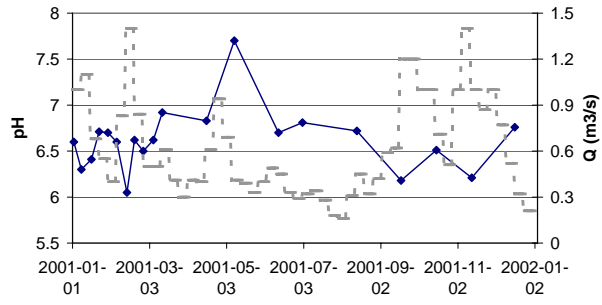
A1: Härån 2000-2003



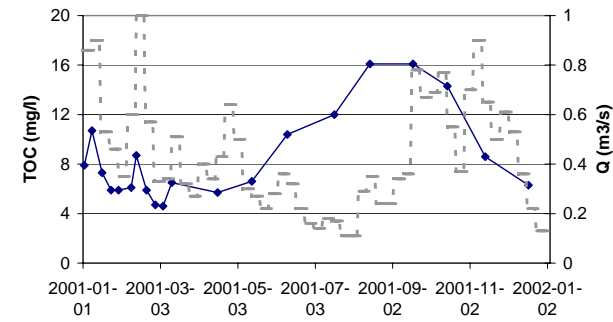
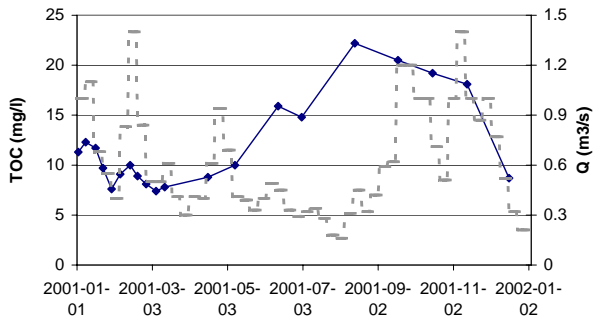
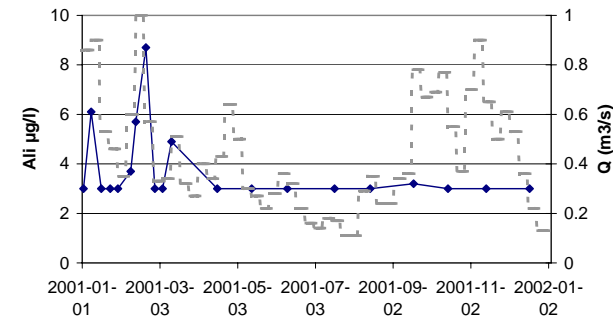
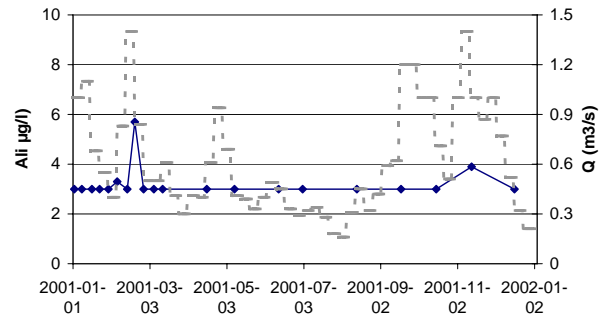
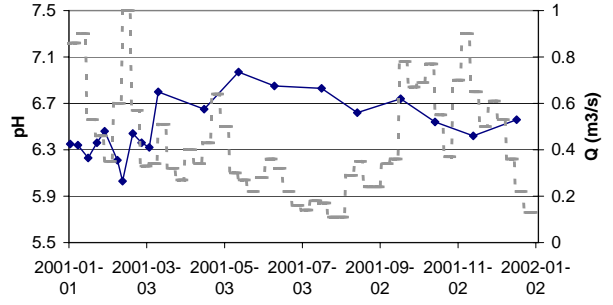
A2: Laxbäcken 2000-2003



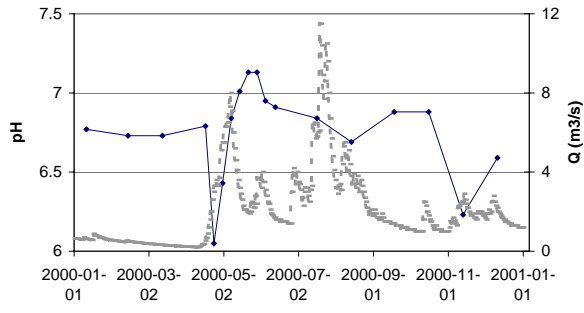
A3: Blankan 2001



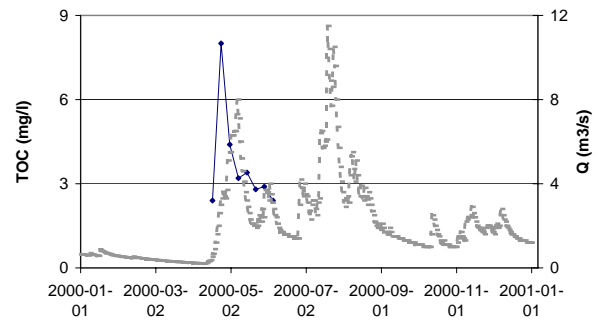
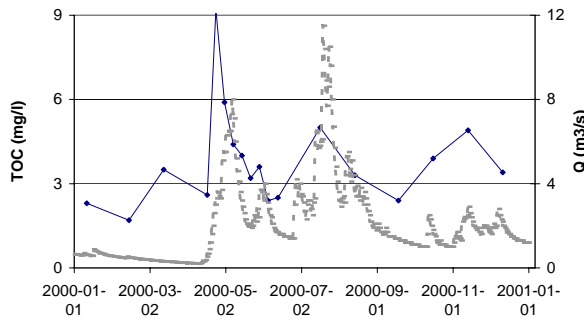
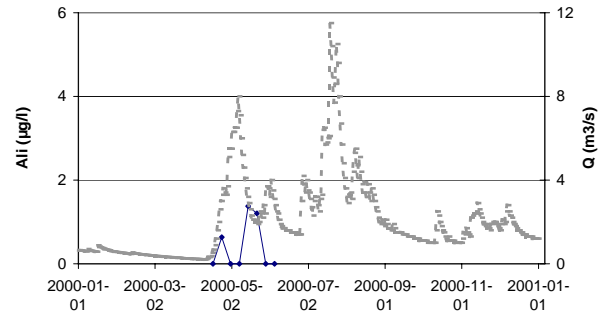
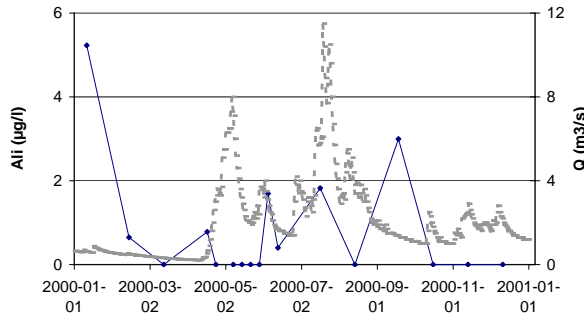
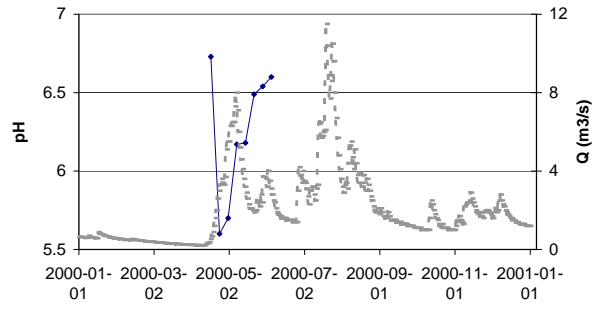
Lillån 2001



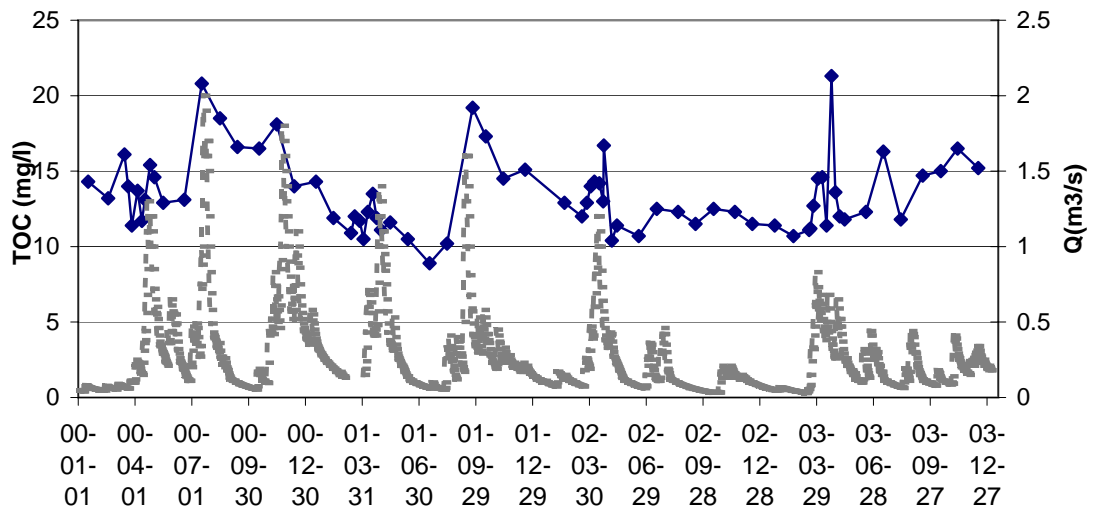
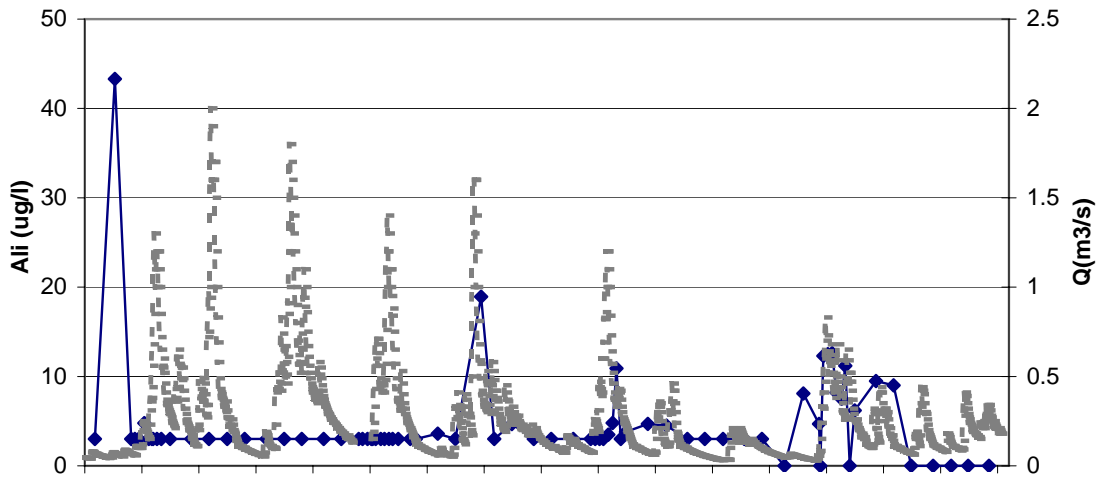
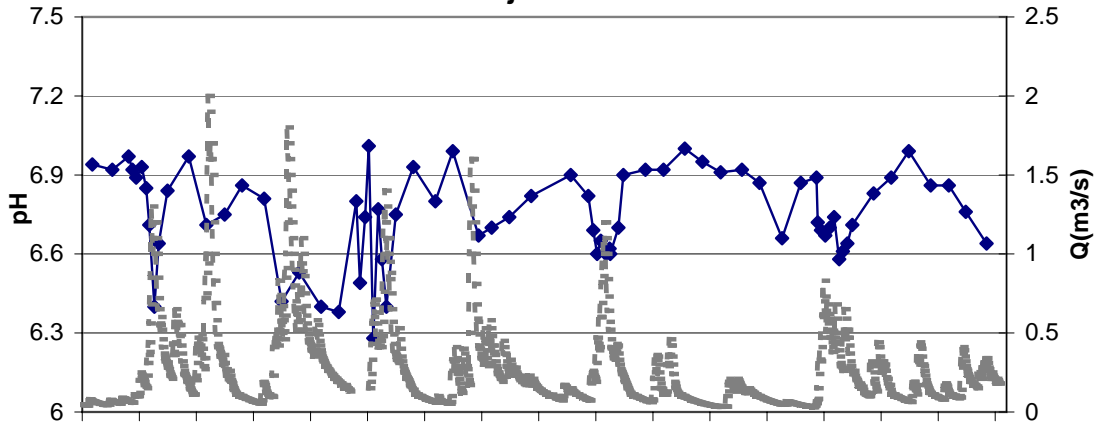
A4: Arån 2000



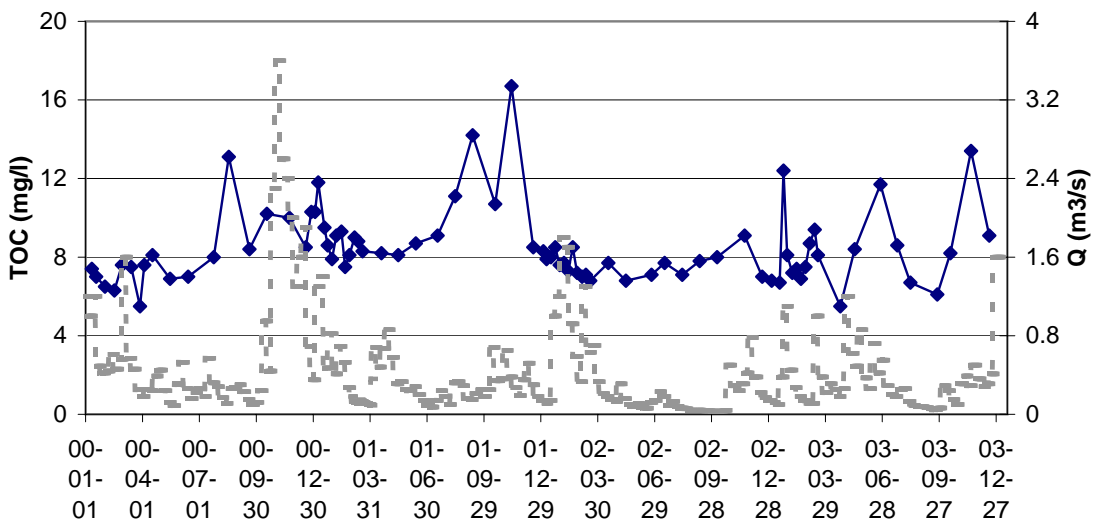
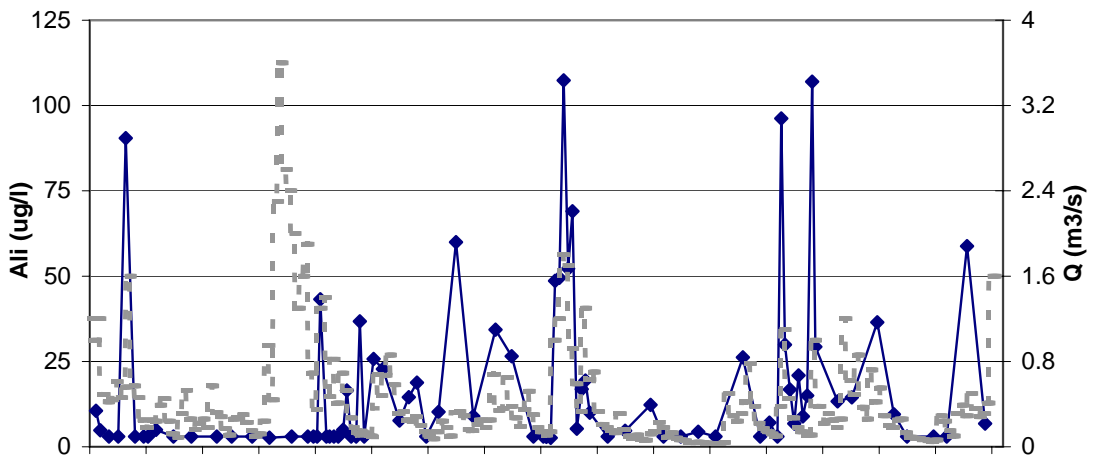
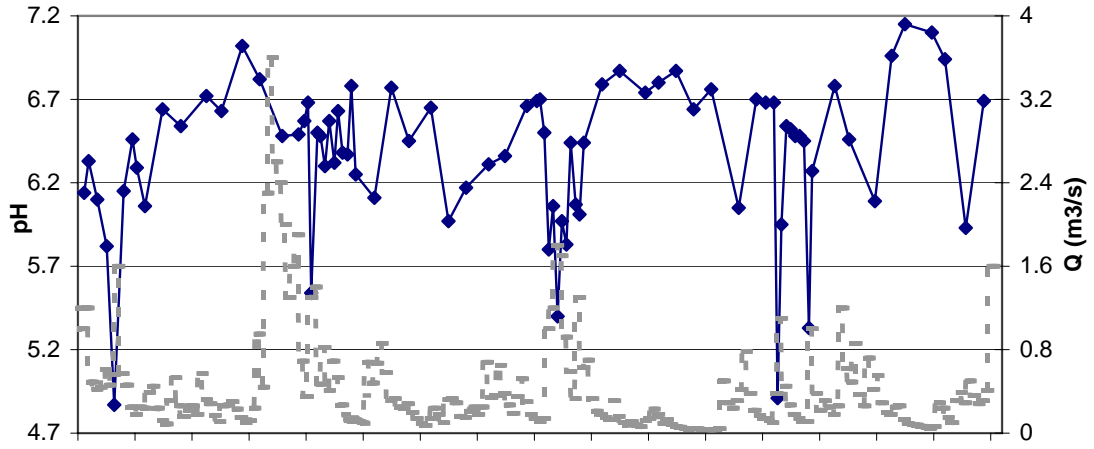
Arån ovan doserare 2000



A5: Källsjöån 2000-2003

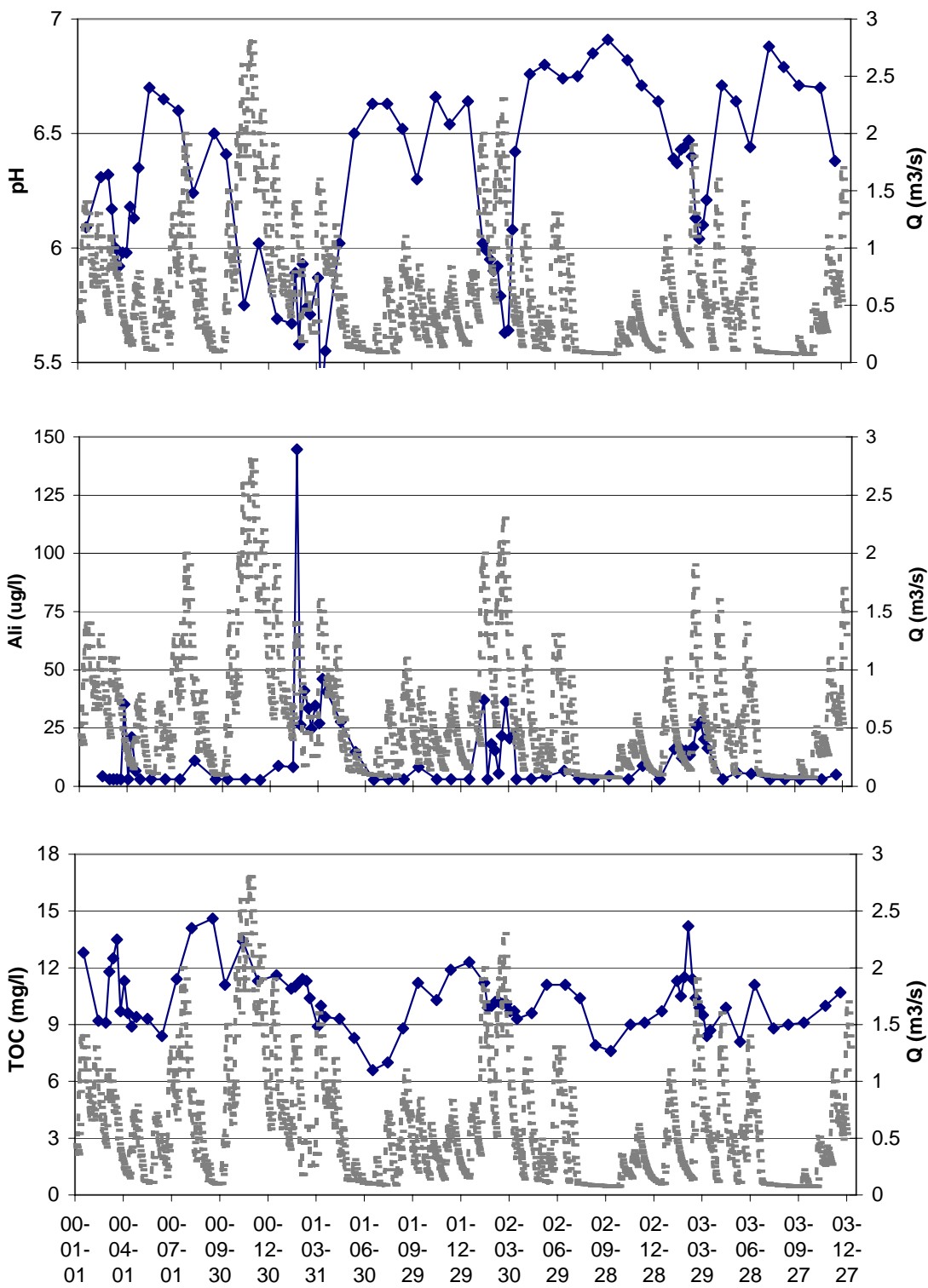


A6: Skuggälven 2000-2003



00- 00- 00- 00- 00- 01- 01- 01- 01- 02- 02- 02- 02- 02- 03- 03- 03- 03-
 01- 04- 07- 09- 12- 03- 06- 09- 12- 03- 06- 09- 12- 03- 06- 09- 12-
 01 01 01 30 30 31 30 29 29 30 29 28 28 28 29 28 27 27

A7: Haraldssjöån 2000-2003



A8. Tabell Kemivariablet och index för IFEU- och Intensiv-vattendrag år 1997-2003 indelat i olika vattendragstyper.

Vattendrag	referenser	referenser	referenser	referenser	referenser	referenser	referenser	referenser	referenser	referenser
Typ	Sur	Kraftiga episoder	Svaga episoder	Svaga episoder	Svaga episoder	Neutrala	Neutrala	Neutrala	Neutrala	Neutrala
Typ	Sur	Kraftiga episoder	Svaga episoder	Svaga episoder	Svaga episoder	Neutrala	Neutrala	Neutrala	Neutrala	Neutrala
ALLmaximum	5 ± 0	6 ± 0	6 ± 0	6 ± 0	6 ± 0	7 ± 0	7 ± 0	7 ± 0	7 ± 0	7 ± 0
ALIMEAN	122 ± 48	32 ± 29	67 ± 52	16 ± 16	19 ± 12	9 ± 8	9 ± 8	9 ± 8	9 ± 9	8 ± 9
alkacid_min	-0,08 ± 0,03	0,04 ± 0,1	0,02 ± 0,05	0,03 ± 0,03	0,02 ± 0,03	0,22 ± 0,19	0,33 ± 0,19	0,22 ± 0,19	0,11 ± 0,05	0,11 ± 0,05
ANC_MIN	0,03 ± 0,03	0,14 ± 0,09	0,1 ± 0,05	0,12 ± 0,07	0,09 ± 0,03	4 ± 5	4 ± 5	4 ± 5	1 ± 1	1 ± 1
HAL_MAX	42 ± 12	6 ± 7	10 ± 9	3 ± 2	1,3 ± 0,1	2,5 ± 1,7	2,5 ± 1,7	2,5 ± 1,7	2,8 ± 1,3	2,8 ± 1,3
bc_saa_q_min	1,2 ± 0,2	2,6 ± 0,8	1,6 ± 0,5	1,8 ± 0,6	1,3 ± 0,1	843300 ± 682900	4312 ± 6605	226,1 ± 156,2	116,9 ± 118,4	0,9 ± 0,9
anc_h_q_min	1900 ± 2000	345600 ± 641900	156800 ± 313400	158800 ± 186400	127400 ± 118100	3152600 ± 5788100	5506 ± 9020	290,8 ± 192,6	226,1 ± 156,2	116,9 ± 118,4
ca_all_q_min	19 ± 14	1082 ± 3027	174 ± 229	2036 ± 5194	407 ± 275	5506 ± 9020	5506 ± 9020	290,8 ± 192,6	4312 ± 6605	4312 ± 6605
c_h_q_min	3,7 ± 1,8	81,8 ± 113,2	56,8 ± 73,1	70,5 ± 39,3	69,3 ± 45,5	92,4 ± 113,5	92,4 ± 113,5	92,4 ± 113,5	116,9 ± 118,4	116,9 ± 118,4
bc_c_hal_min	2,4 ± 1	45,7 ± 80	14,9 ± 13,7	33,9 ± 23,8	30,8 ± 20,6	92,4 ± 113,5	92,4 ± 113,5	92,4 ± 113,5	116,9 ± 118,4	116,9 ± 118,4
all_toc_max	9 ± 3,6	1,7 ± 1,3	6,3 ± 5,4	1,7 ± 1,4	1,5 ± 0,9	1,2 ± 0,9	1,2 ± 0,9	1,2 ± 0,9	0,9 ± 0,9	0,9 ± 0,9
TOC_MEAN	16,1 ± 2,3	11,8 ± 2,9	9,2 ± 1,1	13,3 ± 10,3	15,6 ± 3,7	9,5 ± 3,9	9,5 ± 3,9	9,5 ± 3,9	11 ± 5,4	11 ± 5,4

A9. Tabell Kemi variabler och index sammanslagna i tre typer (medelstd)

Typ	Sur	Kraftiga	Neutrala & Svaga
pH_min	4,5 ± 0,1	5,6 ± 0,5	6,4 ± 0,3
PHMEAN	5 ± 0,2	6,4 ± 0,2	6,8 ± 0,2
ALLmaximum	122 ± 48	51 ± 46	9 ± 11
ALIMEAN	66 ± 16	7 ± 9	-2 ± 5
alkacid_min	-0,08 ± 0,03	0,03 ± 0,07	0,12 ± 0,12
ANC_MIN	0,03 ± 0,03	0,11 ± 0,08	0,22 ± 0,13
HAL_MAX	42,3 ± 11,6	8,1 ± 8,2	1,5 ± 1,8
bc_saa_q_min	1,22 ± 0,17	2,06 ± 0,81	2,51 ± 1,4
anc_h_q_min	1900 ± 2000	244500 ± 493200	1239500 ± 2909400
ca_all_q_min	19 ± 14	596 ± 2076	4131 ± 6970
c_h_q_min	3,7 ± 1,8	68,4 ± 92,9	216,3 ± 167,2
bc_c_hal_min	2,4 ± 1	29,2 ± 56,4	98,7 ± 111,6
all_toc_max	9 ± 3,6	4,1 ± 4,6	1,1 ± 1
TOC_MEAN	16,1 ± 2,3	10,4 ± 2,5	11,2 ± 5,8

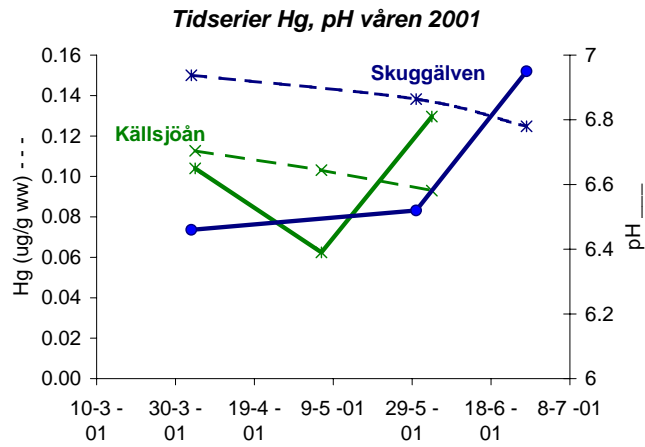
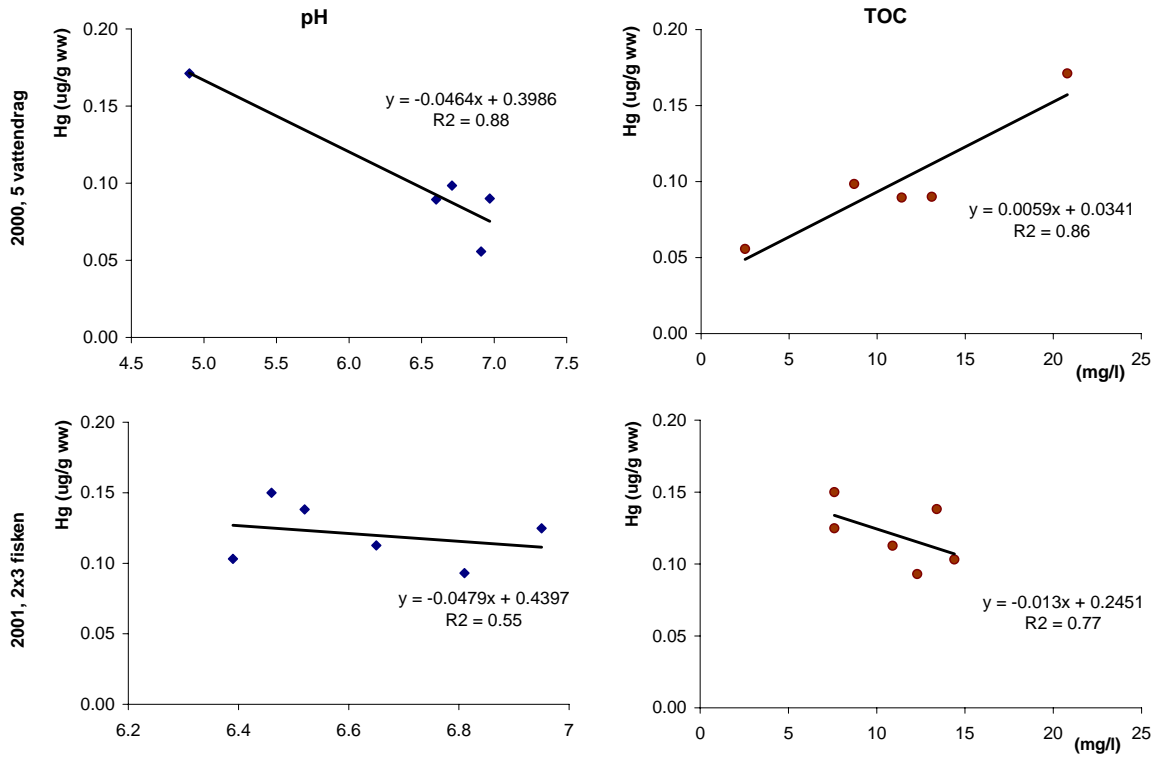
A10: Tabell korrelation mellan vattenföring (veckomedel) och vattenkemi.

Sydvästra Sverige	Bergslagen	Södra Norrland & Fjällen
Blankan Ryerna	Haraldsjöån Sandån övre	Källsjöån
pH	pH	pH
Alk Acid mekvL	ALS_NAJ	AL_NAS
Ca mekvL	Alk Acid mekvL	AL_NAD
Na mekvL	AL_NAD	ALS_NAJ
ANC mekvL	ANC mekvL	Na mekvL
AL_NAD	AL_NAS	Fluorid mgL
Kond_25	Ca mekvL	Mg mekvL
	Mg mekvL	Alk Acid mekvL
	Fluorid mgL	Kond_25
Lillån G:a Järnvägsbron	Kond_25	ANC mekvL
AL_NAD	Si mgL	NO23N µgL
Ca mekvL	AbsOF	AbsOF
ANC mekvL	NO23N µgL	Cl mekvL
AL_NAS	TOC mgL	TOC mgL
Cl mekvL		TotN_ps µgL
Mg mekvL		AbsF
K mekvL	Laxbäcken	
ALS_NAJ	NO23N µgL	
pH	Na mekvL	Härån
Fluorid mgL	Mg mekvL	Na mekvL
Ali	ANC mekvL	pH
Kond_25	Fluorid mgL	Mg mekvL
	K mekvL	ANC mekvL
	PO4P µgL	Alk Acid mekvL
Skuggälven Ängarna	AbsDiff	Ca mekvL
pH	AbsOF	Fluorid mgL
AL_NAD	pH	Kond_25
AL_NAS	NH4N µgL	AL_NAS
Ali	Cl mekvL	TotP µgL
ALS_NAJ	Ca mekvL	AL_NAD
Alk Acid mekvL		TOC mgL
Ca mekvL		Ali
Fluorid mgL		Si mgL
Na mekvL		ALS_NAJ
ANC mekvL		AbsOF
AbsDiff		AbsF
Kond_25		Cl mekvL
AbsOF		TotN_ps µgL
TotP µgL		SO4_IC mekvL
PO4P µgL		K mekvL
Si mgL		PO4P µgL
TotN_ps µgL		
Cl mekvL		Arån
AbsF		SO4_IC mekvL
NO23N µgL		Mg mekvL
		TotP µgL
		Si mgL
		AbsOF
		AbsF
		Na mekvL
		NO23N µgL
		TOC mgL
		Kond_25
		Alk Acid mekvL

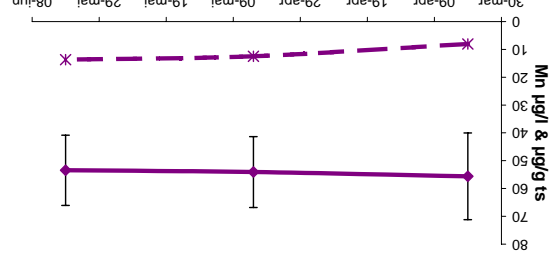
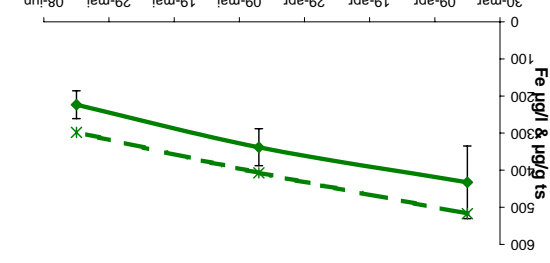
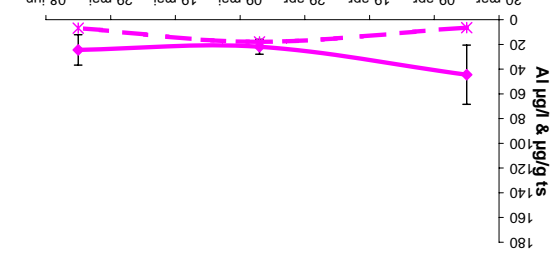
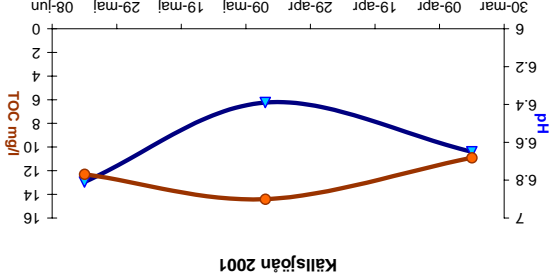
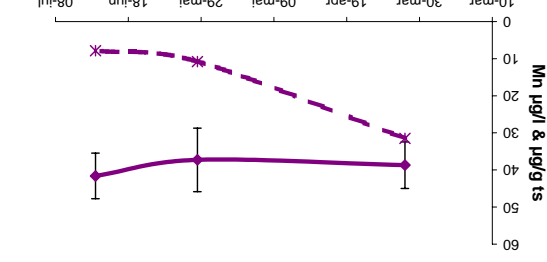
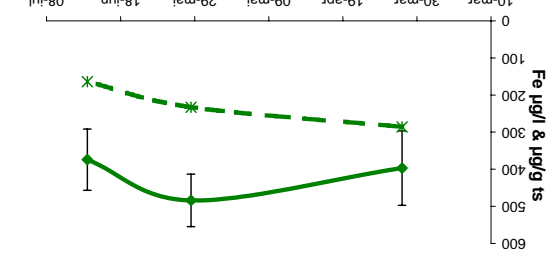
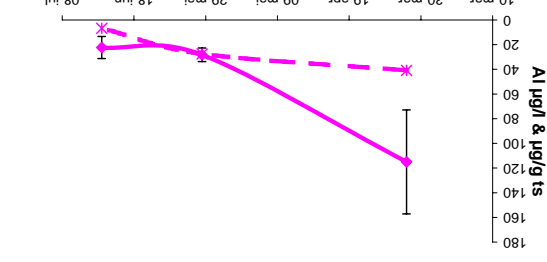
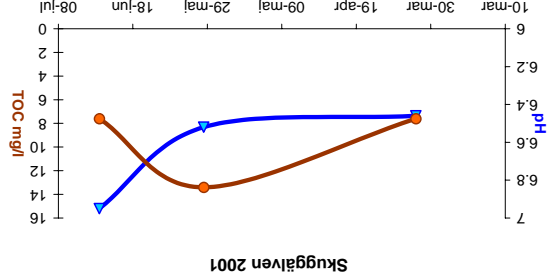
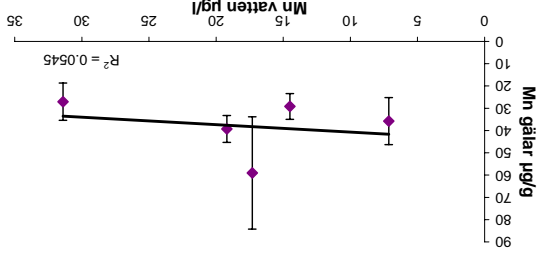
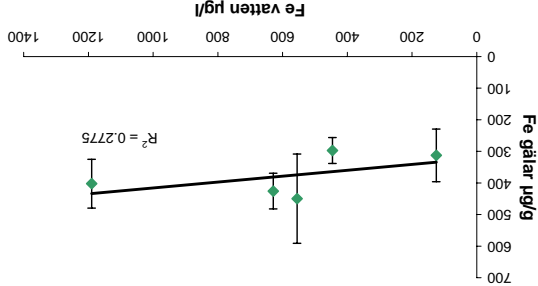
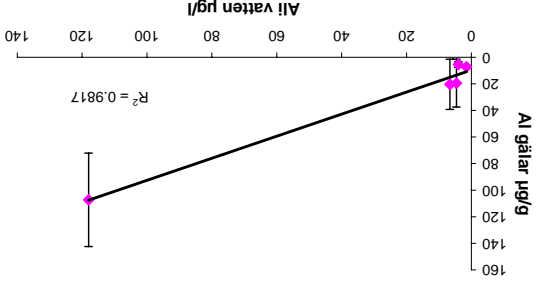
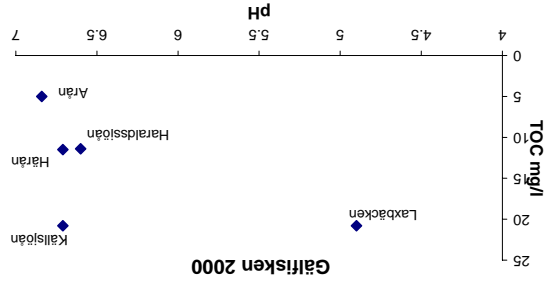
* korrelation med Q signifikant på 0.05-nivån

** korrelation med Q signifikant på 0.01-nivån

A13. Samband kvicksilver, pH och TOC från 2000 och 2001 och tid.



A14. Gällmetaller (Al, Fe och Mn) samt pH och TOC år 2000-2001.



A15. Tabell Öringindex från elfisken i IKEU- och Intensiv-vattendrag år 1997-2003 indelat i olika vattendragstyper.

Typer vattendrag	Sura	Kraftiga episoder	Kraftiga episoder	Svaga episoder	Svaga episoder	Neutrala	Neutrala
	referenser	referenser	kalkade	referenser	kalkade	referenser	kalkade
Öringtätthet	0.2 ± 0.8	4.4 ± 4.6	10.8 ± 10.1	30.5 ± 35.4	4.2 ± 2.4	20.5 ± 21.2	11.5 ± 11.1
Öringbiomassa	8.6 ± 21.9	7.6 ± 8.5	41.5 ± 36.9	24.8 ± 29.9	19 ± 13.8	70.6 ± 93.3	28.5 ± 31.2
Stor öringtätthet	2.4 ± 2.1	6.6 ± 4.8	10.8 ± 3.9	19.7 ± 21.5	5.8 ± 1.8	11 ± 4.7	9.5 ± 6.8
Stor öringbiomassa	124 ± 133	165 ± 132	287 ± 88	209 ± 144	179 ± 98	333 ± 255	217 ± 126
Andel 0 (rekrytering) t	0.26 ± 0.78	0.95 ± 1.49	1.14 ± 1.06	1.29 ± 0.82	0.87 ± 0.7	1.97 ± 1.93	2.23 ± 6.52
Andel 0 (rekrytering) b	0.75 ± 2.54	0.16 ± 0.46	0.17 ± 0.19	0.18 ± 0.19	0.15 ± 0.18	0.39 ± 1.08	0.26 ± 0.92
Relativ täthet 0-öring	0.02 ± 0.08	0.5 ± 0.52	0.42 ± 0.42	3.04 ± 3.62	0.3 ± 0.17	1.61 ± 1.56	1.13 ± 1.12
Relativ täthet stor öring	0.23 ± 0.21	0.67 ± 0.48	0.88 ± 0.34	1.67 ± 1.83	0.49 ± 0.15	1.03 ± 0.8	0.87 ± 0.63
Antal vattendrag&år	13	13	15	15	7	28	77

A16. Tabell Öringindexen sammanslagna i tre typer (medel±sd)

Typer	SURA	KRAFTIGA	NEUTRALA & SVAGA
Öringtätthet	0.2 ± 0.8	7.5 ± 8.3	15.3 ± 18.9
Öringbiomassa	8.6 ± 21.9	24 ± 31	36.8 ± 53.8
Stor öringtätthet	2.4 ± 2.1	8.6 ± 4.8	10.8 ± 9.8
Stor öringbiomassa	124.5 ± 132.6	223.8 ± 127	239.1 ± 169.9
Andel 0 (rekrytering) t	0.26 ± 0.78	1.04 ± 1.28	1.98 ± 5.17
Andel 0 (rekrytering) b	0.75 ± 2.54	0.17 ± 0.35	0.28 ± 0.88
Relativ täthet 0-öring	0.02 ± 0.08	0.46 ± 0.47	1.41 ± 1.79
Relativ täthet stor öring	0.23 ± 0.21	0.77 ± 0.43	0.98 ± 0.91