

# Kvicksilver i svensk insjöfisk – variationer i tid och rum

av

Staffan Åkerblom och Kjell Johansson



Kvicksilver i svensk insjöfisk –  
variationer i tid och rum

av

Staffan Åkerblom och Kjell Johansson

Institutionen för miljöanalys, SLU  
Box 7050  
750 07 Uppsala  
[www.ma.slu.se](http://www.ma.slu.se)

*Tryck:* 50 exemplar, Institutionen för miljöanalys, SLU, 2008

ISSN 1403-977X

## Innehållsförteckning:

|   |           |
|---|-----------|
| <b>Sammanfattning</b>                                 | <b>2</b>  |
| <b>Inledning och bakgrund</b>                         | <b>2</b>  |
| <b>Insamling av data</b>                              | <b>4</b>  |
| <b>Resultat och diskussion</b>                        | <b>5</b>  |
| <i>Dataunderlag för gädda</i>                         | <b>6</b>  |
| <i>Dataunderlag för abborre</i>                       | <b>8</b>  |
| <i>Regionala fördelningen för kvicksilver i gädda</i> | <b>11</b> |
| <i>Tidstrender för kvicksilver i gädda</i>            | <b>13</b> |
| <b>Slutsatser</b>                                     | <b>15</b> |
| <b>Referenser</b>                                     | <b>16</b> |

## Sammanfattning

Data på kvicksilver i fisk har samlats in från den nationella, regionala, lokala databaser och andra tillgängliga databaser för att studera geografiska mönster och analysera förändringar i kvicksilverkoncentrationen i fisk över tid. En kvalitetskontroll av data har också genomförts. Sammanlagt ingår data från 2223 sjöar i undersökningen.

Den regionala fördelningen av kvicksilver i fisk visar en tydlig gradient där halterna minskar från södra delarna av Sverige mot norr och nordväst. I södra delarna av landet varierar de regionala medelvärdena mellan 0.5 och 1.0 mg/kg våtvikt medan halterna i den nordligaste delen av landet i allmänhet ligger lägre än 0.25 mg/kg. Jämförelsevis höga halter av kvicksilver i fisk finns i en region längs södra norrlandskusten. Den syd-nordliga gradienten följer i stora drag mönstret för luftnedfallet av kvicksilver. Endast i den nordligaste delen är halterna kvicksilver i fisk fortfarande nära de som kan bedömas ha varit de ursprungliga, naturliga halterna.

Under det senaste decenniet finns en tendens att kvicksilverhalterna i fisk fortsätter att öka. I genomsnitt har kvicksilverkoncentrationen i fisk ökat med några procent per år under denna period. En bidragande orsak till de ökande kvicksilverhalterna i fisk är det förhöjda luftnedfallet av kvicksilver som innebär att kvicksilver fortsätter att sakta öka i markens översta skikt och att belastningen av kvicksilver på sjöar och vattendrag ökar. Andra faktorer som den pågående klimatförändringen kan dock även bidra till de ökande kvicksilverhalterna i fisk.

## Inledning och bakgrund

Koncentrationen av kvicksilver i insjöfisk i tusentals sjöar överstiger rekommenderade nivåer från livsmedelsverket som baseras på risker för människors hälsa vid konsumtion. Tillförseln av kvicksilver till sjöar i Sverige har generellt ökat under det senaste århundradet enligt studier av sediment till följd av ett ökat luftnedfall av kvicksilver (Johansson 1985, Bindler et al. 2001). Från 1990 finns dock tecken på en minskad belastning till följd av minskade utsläpp (Bindler et al. 2001).. En stor del av det antropogena kvicksilver som deponeras från luften i Sverige har sitt ursprung från andra länder genom att kvicksilvret är en global förorening som transporteras i atmosfären över långa sträckor.

När miljöproblemet med de generellt förhöjda halterna av kvicksilver i inlandsvatten upptäcktes för ca tre decennier sedan, medförde det att provtagningarna i fisk från sjöar och vattendrag ökade markant. Undersökningarna drevs framför allt av centrala och regionala myndigheter och började generera stora mängder data. För att få data bättre tillgängliga inrättade Naturvårdsverket ett datasystem som på ett enkelt sätt skulle lagra och presentera data för metaller och andra miljögifter i biologiskt material. Nuvarande datavärd för insamlade data är IVL Svenska Miljöinstitutet AB och de tillhandahåller databasen på [www.ivl.se](http://www.ivl.se). Här finns nu data från några tusen sjöar, men en betydande del ligger fortfarande kvar i regionala och lokala databaser.

En genomgång av den nationella databasen genomfördes 2003 för att beskriva och utvärdera nationella och regionala övervakningsdata för metaller i biota (Sonesten, 2003). En slutsats i detta arbete var att det krävs bättre rapporteringsrutiner och möjligheter att kvalitetssäkra övervakningsdata från kvicksilverhalter i fisk för att kunna utnyttja innehållet i databasen. Det

framkom också att databasen innehöll felaktigheter framförallt i uppgifterna på fiskarnas längd och/eller vikt. För en detaljerad beskrivning av databasen och miljöövervakningen av metaller i insjöfisk hänvisar vi till denna rapport.

En liknande sammanställning av förekomsten av kvicksilver i Norden med avseende på deposition, sediment och spatial variation av kvicksilver i fisk har nyligen genomförts på uppdrag av Nordiska Forskningsrådet (Munthe et al. 2007). I denna rapport genomfördes ingen utvärdering av förändringar i kvicksilverkoncentration i insjöfisk över tiden.

Syftet med föreliggande rapport är att samla, sammanställa och utvärdera data för kvicksilver i svensk insjöfisk som finns tillgänglig hos datavärden IVL, i myndigheters databaser och i andra tillgängliga datakällor. Rapporten är begränsad till data för abborre och gädda. I utvärderingen ska vi undersöka geografiska mönster i kvicksilverkoncentrationer för gädda över Sverige. Ytterligare en del i utvärderingen är att undersöka förändringar i kvicksilverkoncentrationen i fisk över tid.

## Insamling av data

Data på kvicksilver i fisk har erhållits från IVLs databas. En genomgång av dessa data låg sedan till grund för en kompletterande insamling av data för att täcka geografiska luckor i materialet från IVL, men också för att samla in mer analysdata från perioden efter 2000.

Dessa data samlades in genom kontakter direkt med utförare hos kommuner, länsstyrelser och andra datakällor (tabell 1).

Tabell 1. Källor som har bidragit med dataunderlag med antalet tillgängliga fiskdata.

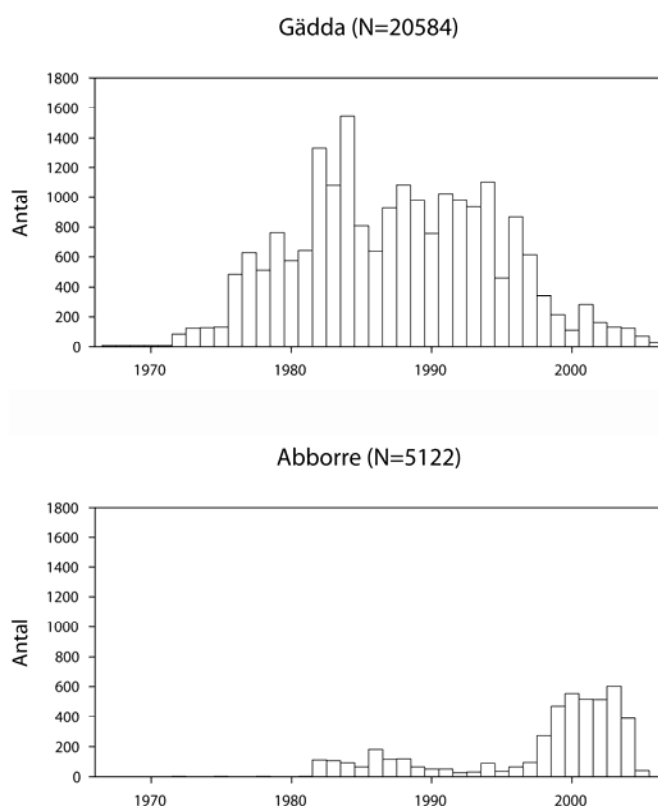
| <b>Källa</b>                   | <b>Antal analyserade gäddor</b> | <b>Antal analyserade abborrar</b> |
|--------------------------------|---------------------------------|-----------------------------------|
| IVL                            | 15773                           | 4244                              |
| Stockholms län                 |                                 | 398                               |
| Västernorrlands län            | 2760                            | 245                               |
| Kalmar län                     | 1062                            |                                   |
| Västerbottens län              |                                 | 100                               |
| Östergötlands län              |                                 | 51                                |
| Dalarnas län                   | 1003                            | 30                                |
| Livsmedelsverket               | 54                              |                                   |
| Nyköping vattenvårdsförbund    | 49                              | 2                                 |
| Mälarens vattenvårdsförbund    | 40                              | 30                                |
| Jämtlands län                  |                                 | 11                                |
| SLU                            |                                 | 11                                |
| Kiruna kommun                  | 34                              |                                   |
| Västerbotten, Umeå Universitet | 27                              |                                   |
| <b>Totalt</b>                  | <b>20802</b>                    | <b>5122</b>                       |

En kvalitetsgranskning av materialet utfördes där analyser av fiskdata med stora avvikelser från det linjära sambandet mellan vikt och kvicksilverkoncentration respektive vikt och längd samt andra orimligheter uteslöts från vidare analys.



## Resultat och diskussion

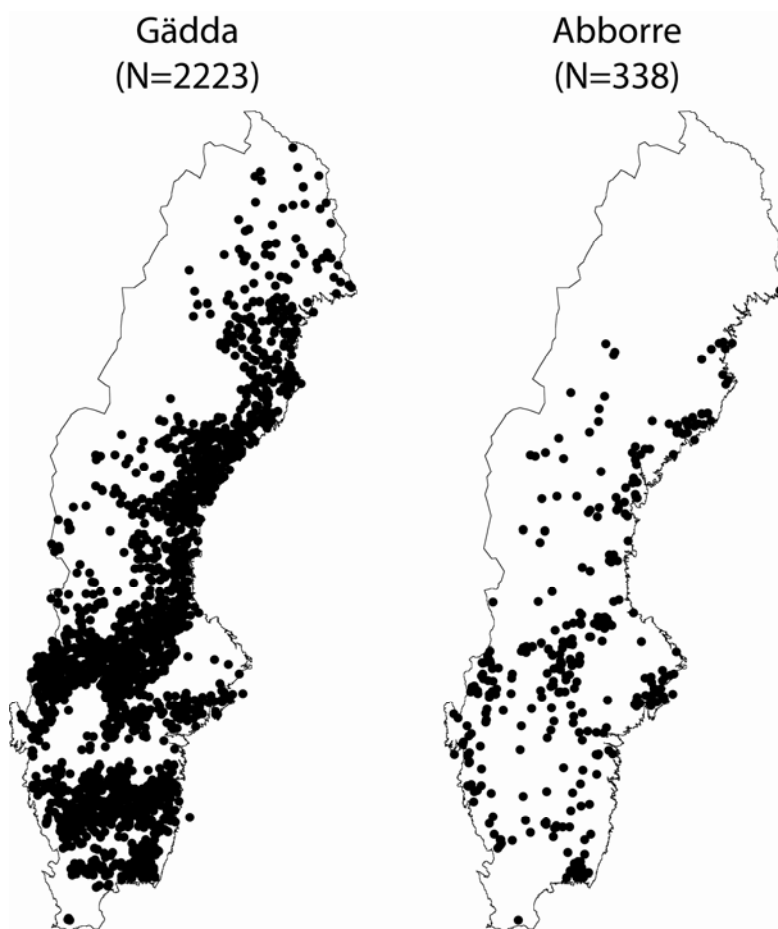
Provfisken av gädda ökade markant i Sverige under första halvan av 80-talet (figur 1). Under den tiden upptäcktes att kvicksilverhalten i fisk även långt ifrån påverkansområdet från lokala källor var markant förhöjd över stora delar av landet (Björklund et al. 1984, Håkansson et al. 1988) och det uppkom ett behov av att kartlägga halterna av kvicksilver i fisk i opåverkade vattenområden. Under senare delen av 90-talet har provfiske av gädda minskat och till del ersatts av abborre (figur 2). En orsak till denna förändring av miljöövervakningsstrategin är att tidigare inriktades undersökningarna på att analysera risken för människans exponering av Hg via konsumtionsfisk (gädda), medan övervakningen under senare år mer fokuserat på provfisken på abborre. Det är enklare att få en större mängd fisk under ett provfiske, samt abborre svarar sannolikt snabbare på miljöförändringar (Naturvårdsverket, 2002; Muntlig ref. Anders Bignert, Naturhistoriska Riksmuseet). När miljöövervakningen av kvicksilver i fisk startade under 1970-talet undersöktes en förhållandevis större andel sjöar som hade påverkan från lokala källor, medan från mitten av 80-talet gick intresset över till sjöar som är belastade av kvicksilver som härstammar från luftutsläpp och som är långdistanstransporterat i atmosfären.



Figur 1. Fördelningen över tiden av gäddor och abborrar som ingår i utvärderingen.

Den rumsliga fördelningen av provfisken i Sverige speglar ambitionen hos de enskilda kommunerna och länen för provfisken under perioden 1967-2006 (figur 2). Data på kvicksilver i gädda och abborre i datamaterialet finns från 2223 respektive 338 sjöar. Det är främst sjöar i skogslandskapet som har provfiskats (figur 2). Dessa är betydligt känsligare för belastning av kvicksilver jämfört med mer näringsrika slättlandssjöar. Skogssjöar är också en betydligt vanligare sjötyp i Sverige jämfört med slättlandssjöar. Figur 2 visar också att

provfiskade abborrsjöar är betydligt färre jämfört med gäddsjöar men att medelvärdena i abborrsjöarna är baserade på fler analyserade fiskar jämfört med gäddsjöarna. Antal analyserade fiskar per sjö är i genomsnitt för gädda 9.3 fiskar per sjö och för abborre 13.2.

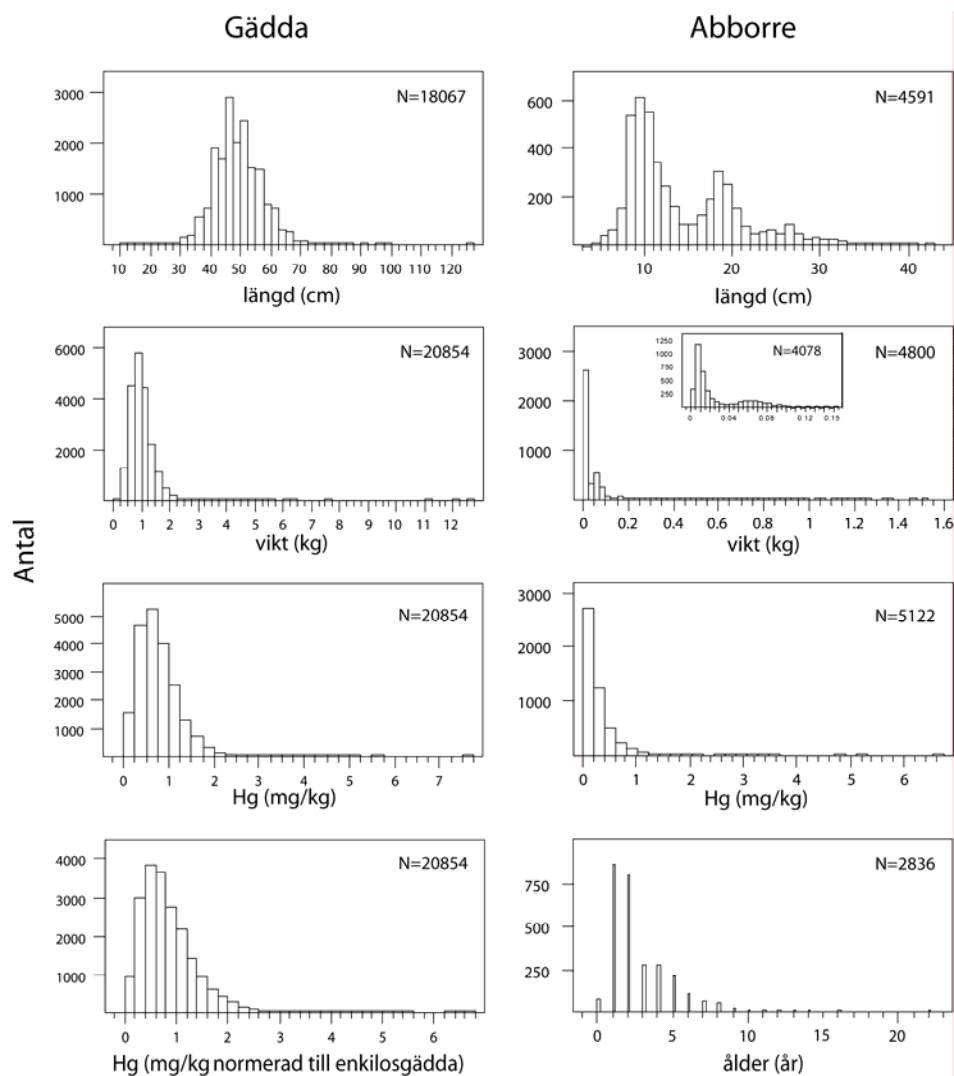


Figur 2. Geografisk fördelning och antal (N) av provfiskade sjöar för gädda (vänster) och abborre i Sverige.

### **Dataunderlag för gädda**

Storleken på gädda i databasen har en tämligen jämn fördelning där en stor del av fiskarna har vikter runt ett kilo (figur 3), vilket beror på att Livsmedelsverket gav ut riktlinjer för provtagning av fisk på 70-talet där man rekommenderade insamling av fisk i intervallet runt ett kilo och omräkning till enkilosgädda för att få jämförbara värden. Vid den fortsatta analysen av gädddata i detta arbete normerades kvicksilverkoncentrationen i gädda till enkilosgädda om inte annat anges. Normeringen utfördes genom att förutsätta ett linjärt samband mellan vikt och kvicksilverkoncentration för varje sjö. Kvicksilverkoncentrationen i gädda dividerades med vikten för den analyserade gäddan. För undersökningen av förändringar av kvicksilverkoncentration över tiden beräknades ett medelvärde för varje period och sjö. Enbart sjöar där data från minst 3 fiskar fanns tillgängliga under varje undersökt tidsperiod var med i undersökningen av tidsmässiga förändringar.

Halten kvicksilver i enkilosgädda varierar i stort i detta material mellan 0.2 till 2 mg/kg våtvikt med enstaka fiskar över 6 mg/kg. De högsta halterna i enstaka fiskar observerades i Stora Delsjön i Västra Götalands län (6.7 mg/kg) och Kärmen i Örebro län (6.3 mg/kg) (icke normerade kvicksilverkoncentrationer). Halten ett mg/kg tillämpades tidigare som svartlistningsgräns i Sverige. I dag rekommenderar EU och WHO/FAO ett gränsvärde på 0.5 med tanke på människans konsumtion av fisk. Omkring hälften av landets sjöar har beräknats ha fisk (enkilosgäddor) som överskrider denna gräns (Håkansson et al. 1988). EU har nu föreslagit ett betydligt lägre gränsvärde (0.02 mg/kg) för att skydda även fiskätande däggdjur och fåglar. Som framgår av figur 3 skulle ytterst få fiskar klara ett sådant gränsvärde.



Figur 3. Antal (N) och fördelning av längd (cm), vikt (kg), kvicksilver (mg/kg), kvicksilver normerat till enkilosgädda (mg/kg, endast för gädda) och ålder (år, endast för abborre) för gädda och abborre.

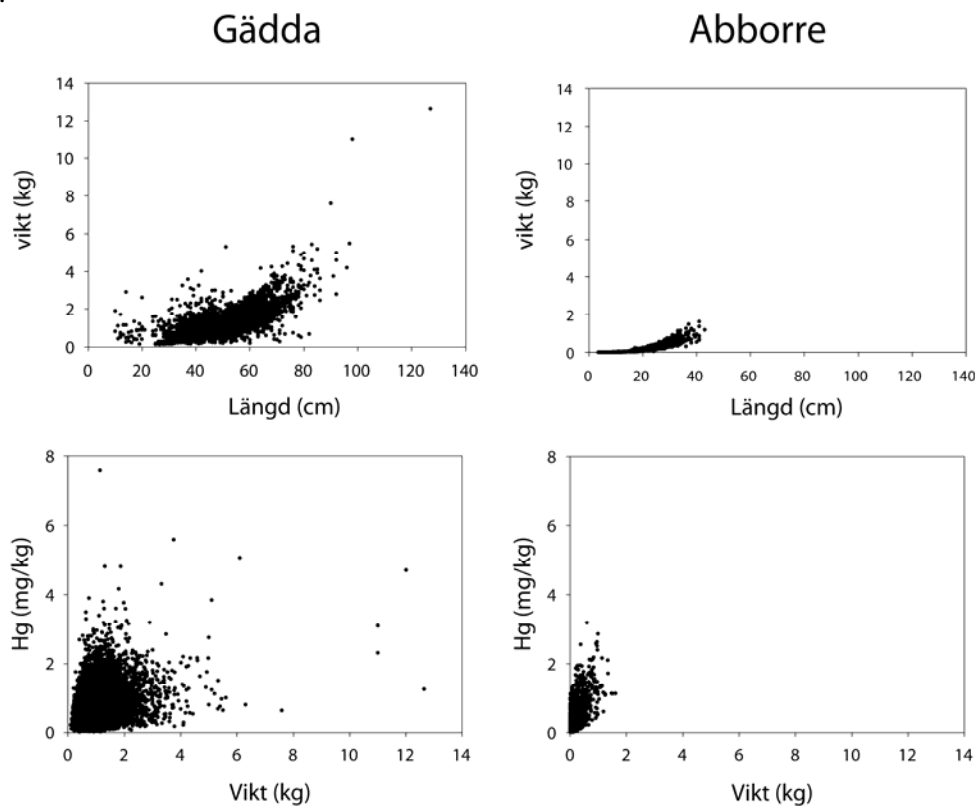
Ett tydligt samband finns mellan vikt och längd för både gädda och abborre (figur 4). Ett samband finns också mellan storleken på fisken och halten kvicksilver, Här finns dock en mycket stor variation som är beroende på skillnader mella olika sjöar och regionala skillnader ( figur 7), vilket förutom Hg-belastningen även beror på bland annat tillrinningsområdets karaktär och vattnets kvalitet. En viktig faktor är i vilken omfattning metyl-kvicksilver bildas

och transporteras fram till ytvattnen och fisken. Högre halter återfinns i allmänhet i fisk från skogssjöar med näringfattigt och humusrikt vatten jämfört med fiskar från näringsrika slättlandssjöar (Meili et al. 2003).

### **Dataunderlag för abborre**

Datamaterialet för abborre har en annan fördelning än för gädda (fig. 3). Längdfördelningen visar på en tydlig uppdelning i 2 grupper med en stor del av abborrarna runt 10 cm och en mindre del av abborrarna som är runt 20 cm. Ett fåtal abborrar är stora med längder upp till 40 cm och vikter upp till omkring ett kilo. Storleksfördelningen för abborre beror på att två olika typer av insamlingsmetoder/strategier har använts. I omkring hälften av dataunderlaget för abborre fanns fiskar där ålder hade angetts. De flesta abborrarna hade en angiven ålder på mellan ett och fem år, medan enstaka individer uppgavs vara upp till 20 år gamla.

Halterna kvicksilver i abborre är betydligt lägre än i gädda. Jämför man halter i fiskar vid samma vikt är dock inte skillnaden så stor. Halten i abborre är då snarast något högre (fig. 3 och 6).

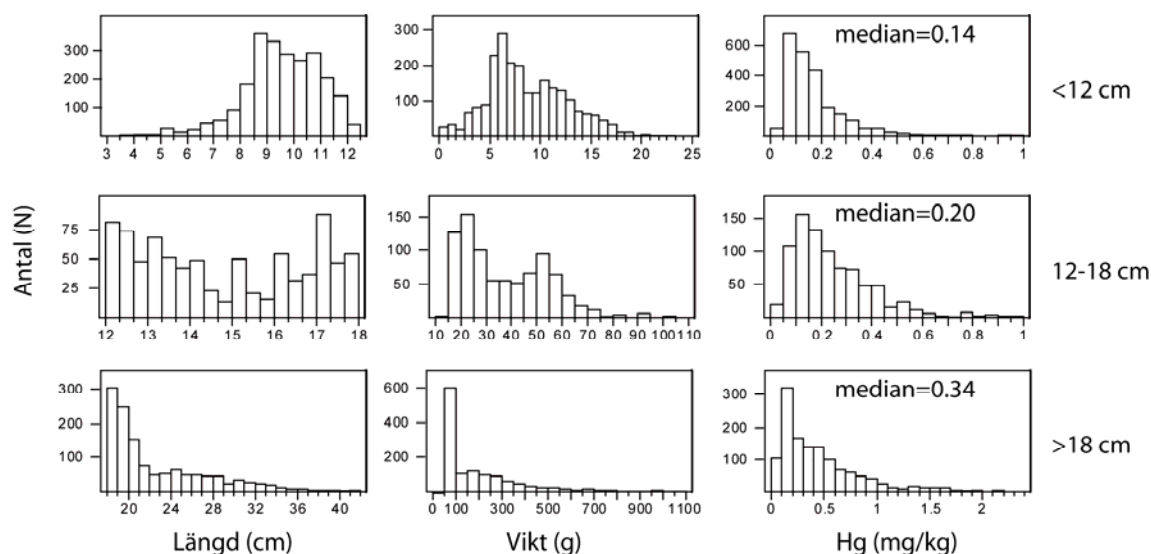


Figur 4. Förhållandet mellan längd/vikt och vikt/Hg för gädda och abborre.

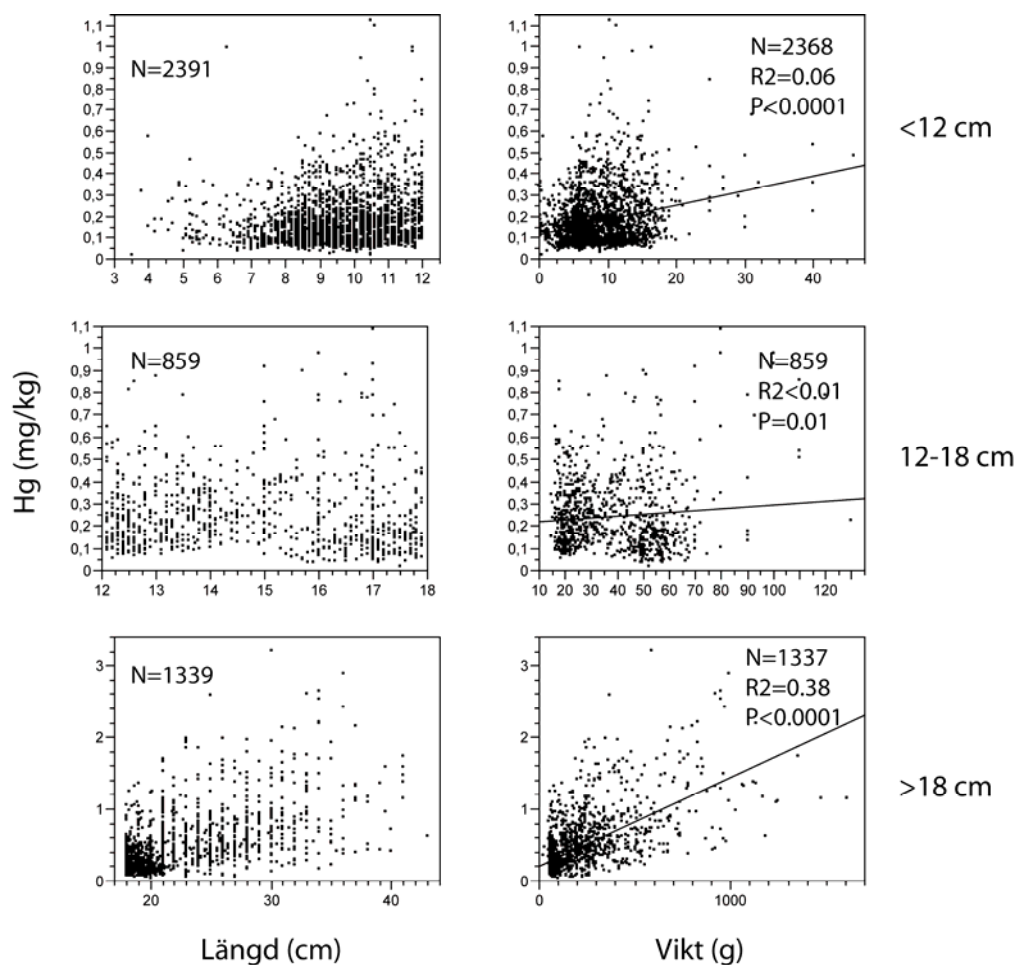
Eftersom kvicksilverintaget sker till allra största delen via födan, har födovalen en stor betydelse för hur mycket kvicksilver som fisken exponeras för. För abborre i de storlekar som finns i det här materialet varierar födovalen markant. Abborrar som är kortare än 12 cm lever till stor del på djurplankton, medan individer som är större än 18 cm kan klassas som rovfiskar. Däremellan har de en blandad föda av plankton, bottendjur och andra högre organismer (Galarowicz. 2006, Craig. 1987, Person et al. 1992).

I figur 5 och 6 har en uppdelning gjorts för abborre i tre olika storleksklasser; mindre än 12 cm, 12-18 cm och större än 18 cm. Här framgår att medianhalterna av kvicksilver mellan grupperna ökar med fiskgruppernas storlek och vikt. Ett starkt signifikant samband finns också mellan storlek och halt av kvicksilver inom storleksklasserna mindre än 12 cm respektive större än 18 cm (figur 6). Observera dock att sambandet inte är detsamma mellan dessa bägge grupper. I storleksklassen 12-18 cm är sambandet mellan storlek och halt av kvicksilver betydligt svagare. Abborrarna befinner sig här i ett övergångsstadium där födoalet varierar starkt mellan olika individer.

För att utvärdera data från abborre på ett meningsfullt sätt bör man alltså välja att antingen använda fiskar som är mindre än 12 cm eller fiskar som är större än 18 cm och normera halterna till en viss storlek. Denna uppdelning av fiskar orsakar olika exponering av kvicksilver för fisken och påverkar sambandet mellan kvicksilverkoncentrationen och storleken (figur 6). Detta är viktigt att ta hänsyn till då t ex miljöövervakningsprogram läggs upp.



Figur 5. Antal och fördelning av längd (cm), vikt (g) och Hg (mg kg<sup>-1</sup>) för abborrar i 3 storleksklasser (<12 cm, 12-18 cm och >18 cm).

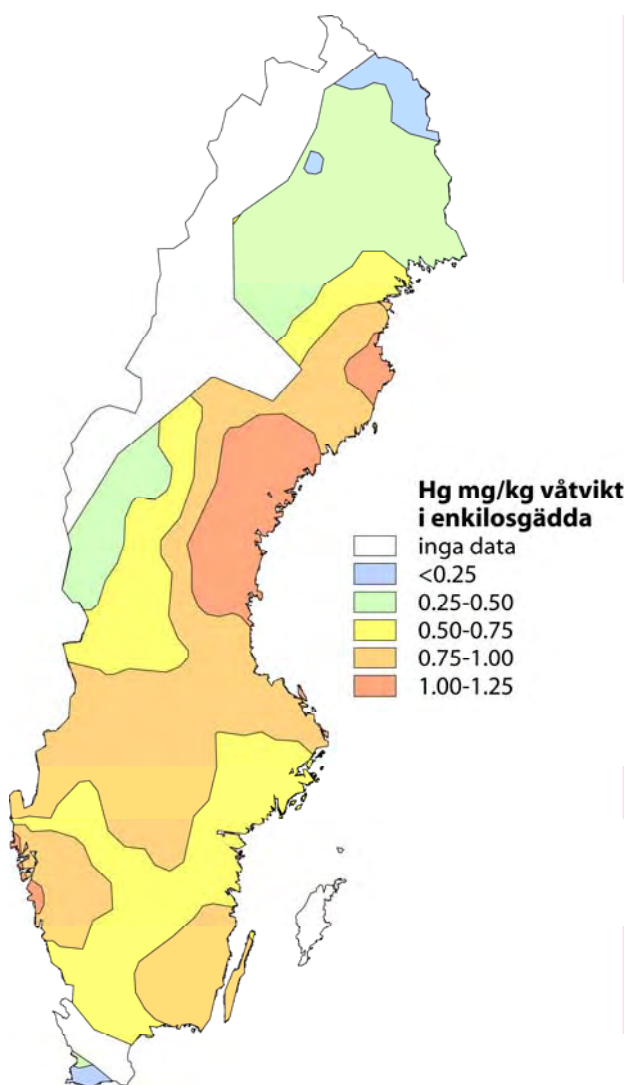


Figur 6. Antal (N) och regressionssamband mellan längd/vikt och vikt/Hg för abborrar i 3 storleksklasser (kortare än 12 cm, mellan 12 och 18 cm och längre än 18 cm).

Antalet sjöar i databasen med analyser av abborre är alltför litet för att beskriva tidstrender och regional fördelning av kvicksilver. Utvärderingen fokuserar i det följande i stället på analyser av gädda.

## Regionala fördelningen för kvicksilver i gädda

Den regionala fördelningen av halter kvicksilver i gädda normerat till ett kilo visar på en tydlig gradient där halterna minskar från södra delarna av Sverige mot norr och nordväst (figur 7). Kartbilden är baserad på mätningar på 20802 analyserade fiskar från 2223 sjöar (tabell 1 och figur 2). Detta storskaliga mönster liknar det som presenterats från tidigare sammanställningar (Nilsson et al. 1989, Andersson och Lundberg 1995). I södra delarna av landet varierar de regionala medelvärdena mellan 0.5 och 1.0 mg/kg våtvikt, medan halterna i den nordligaste delen av landet i allmänhet ligger lägre än 0.25 mg/kg. Endast i denna nordligaste delen är halterna kvicksilver i fisk fortfarande nära de som kan bedömas ha varit de ursprungliga, naturliga halterna på omkring 0.2 mg/kg (Nilsson et al 1989, Johansson et al. 1991, Meili et al 2003). Över stora delar av Sverige är således halten kvicksilver i fisk tre till fem gånger högre än de uppskattade naturliga halterna. Den regionala fördelningen av kvicksilver i fisk följer i stora drag mönstret för luftnedfallet av kvicksilver (Wängberg et al. 2007).



Figur 7. Kvicksilverkoncentration i gädda, normerat till enkilosgädda, i Sverige.

Förhållandevis höga regional halter av kvicksilver i fisk finns vid södra delarna av Norrlandskusten. Här har utsläpp av kvicksilver från lokala källor (främst metallsmältverket i Rönnskär och några kloralkaliindustrier) bidragit till att förhöja kvicksilverhalten i fisk utöver den redan förhöjda regionala bakgrundsnivån (Nilsson et al 1989, Johansson et al 1993). Naturliga förutsättningar kan också bidra till det förhöjda upptaget av Hg i fisk i denna region. Halten selen är t ex jämförelsevis låg i mineraljorden längs norrlandskusten (Eriksson et al 1997) och lägre selenhalter i vatten innebär större risker för upptag av kvicksilver i fisk (Håkansson et al 1990, Hultberg 2002)

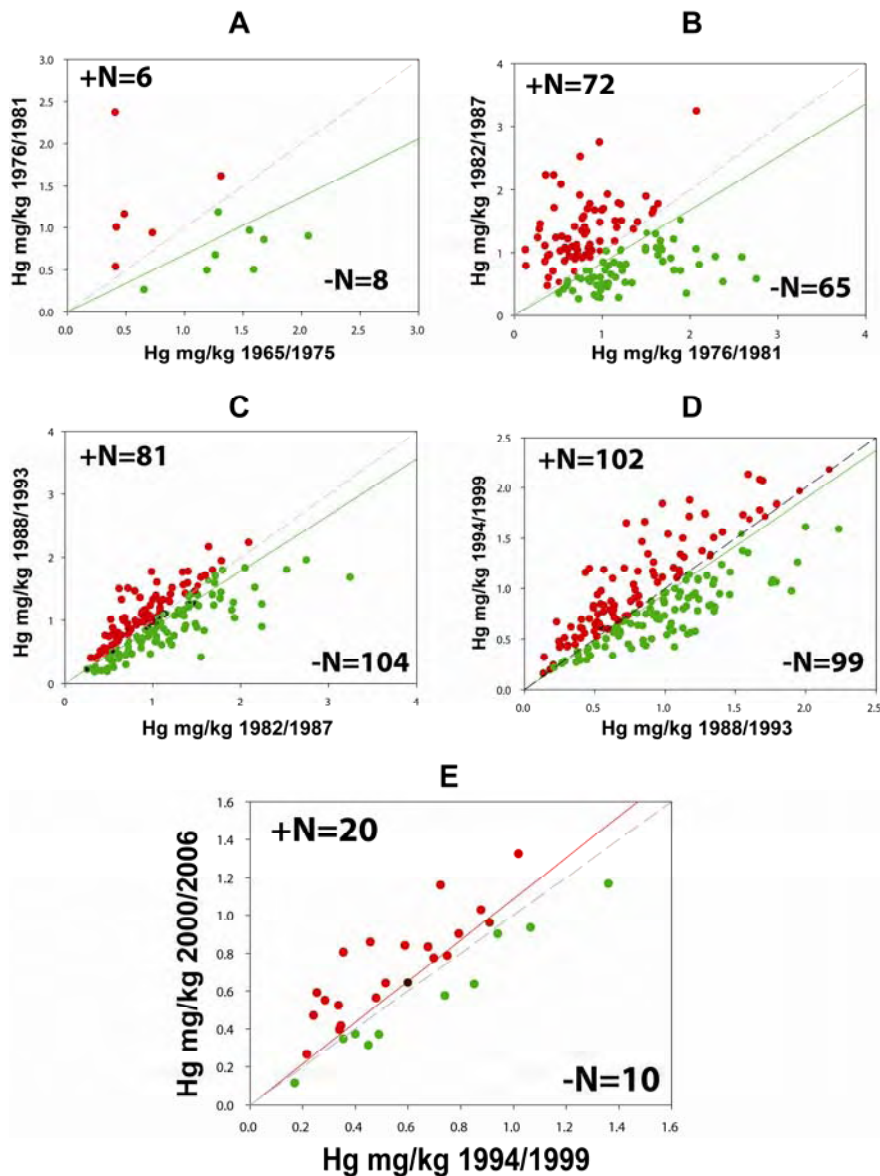
Det mer lokala mönstret bör tolkas med försiktighet. Urvalet av sjöar i materialet har inte gjorts utifrån en enhetlig strategi. Den största mängden av datamaterialet härrör från undersökningar som har varit begränsade i tid och har syftat till att kartlägga kvicksilver koncentrationer i fisk inom begränsade områden, i vissa fall där man har trott att man har problem med höga halter i fisken. Skilda syften med lokala undersökningar kan därför påverka haltnivåerna i enskilda områden. Skillnader i halter som beror på skilda provtagningsperioder har troligtvis mindre betydelse. Förändringarna i halter över den tidsperiod som provtagningarna representerar har varit jämförelsevis små som framgår av nästa avsnitt.

EU liksom WHO/FAO rekommenderar att halterna i fisk bör vara lägre än 0.5 mg/kg med tanke på människans konsumtion av fisk. I ungefär hälften av landets ca 100 000 sjöar överskrids denna gräns. Livsmedelsverket rekommenderar därför att gravida och ammande kvinnor inte bör äta de vanligaste fiskarterna i inlandsvatten på grund av de förhöjda halterna av kvicksilver.



## Tidstrend för kvicksilver i gädda

I figur 8 jämförs utvecklingen av Hg-halterna i fisk från sjöar som provtagits under olika tidsperioder. Fram till början av 1980-talet varierade trenderna i kvicksilverkoncentration starkt mellan olika sjöar (figur 8A och 8B). I vissa sjöar minskade eller ökade Hg halten i fisk kraftigt. Detta beror sannolikt på att många av de sjöar som då undersöktes var utsatt för lokal påverkan och att effekten av denna påverkan varierade starkt från plats till plats. Vid slutet av 1970-talet fanns ett 50-tal vattenområden som var "svartlistade" på grund av lokala utsläpp av kvicksilver (Naturvårdsverket 1993).



Figur 8. Förändring av kvicksilverkoncentrationen i enkilosgädda i sjöar mellan olika årsperioder (A: mellan 1965-1975 och 1976-1981; B: mellan 1976-1981 och 1982-1987; C: mellan 1982-1987 och 1988-1993; D: mellan 1988-1993 och 1994-1999; E: mellan 1994-1999 och 2000-2006). Den streckade linjen representerar 1/1-linjen och sjöar som ligger ovanför denna linje (rödmarkerade) ökar sin kvicksilverkoncentration jämfört med föregående tidsperiod. Sjöar som ligger under 1/1-linjen minskar sin kvicksilverkoncentration jämfört med föregående tidsperiod.

Från 1980-talets början och framöver inriktas undersökningarna av kvicksilver i fisk mer mot regional och diffus påverkan vilket innebär att fler sjöar som nu ingår i provtagningsprogrammen är av typen skogssjöar utan lokal påverkan av kvicksilver. Tidstrenden i halter av kvicksilver i fisk blir från mitten av 1980-talet därför också mer homogena.

Mot slutet av 1980-talet finns en tendens att halterna kvicksilver i fisk minskar något. Detta har visats även i andra undersökningar och har tolkats som en trolig effekt av ett minskat luftnedfall av kvicksilver (Andersson och Lundberg 1996, Johansson et al 2001). Under denna period stängdes många utsläppskällor i östeuropa och nedfallet över Sverige minskade till hälften. Provtagning av sediment från olika delar av Sverige visar på en generell nedåtgående trend i belastningen av kvicksilver på sjöarna under något decennium fram till mitten av 1990-talet som härleds till minskade utsläpp av kvicksilver (Bindler et al. 2001).

Under 1990-talet (figur 8D) var halterna kvicksilver i fisk tämligen stabila, medan halterna under det senaste decenniet har ökat i majoriteten av de undersökta sjöarna (figur 8E). I genomsnitt har kvicksilverkoncentrationen i fisk ökat med några procent per år under denna period.

En bidragande orsak till de ökande kvicksilverhalterna i fisk under det senaste decenniet är det fortsatta höga luftnedfallet av kvicksilver och den därmed fortsatta ackumuleringen av kvicksilver i mark. Trots att nedfallet av kvicksilver har minskat tillförs marken ändå mer kvicksilver än vad som avgår med markvattnet och detta får till följd att halten i skogsmarkens översta skikt ökar med någon procent per år (Johansson et al. 2001). Därmed ökar även transporten från mark till vatten. Metyleringen av kvicksilver är starkt styrande av halterna metylkvicksilver i vattendrag och sjöar. Metyleringen är en biologisk process och styrs bland annat av tillgängligheten av svavel i marken (Canario et al. 2008). Mängden svavel i markvattnet har dock visat en vikande trend där halterna i marken har minskat (Fölster et al. 2003) och skulle därmed inte vara en avgörande faktorn för ökande koncentrationer av kvicksilver i fisk

En annan viktig faktor för att tolka tidstrender av kvicksilver är den förändring av klimatet som inträffat under de senaste decennierna och särskilt hur det har påverkat uttransporten av humus från marken till vatten (Meili, 1997). En ökad transport av humusämnen skulle innebära en ökad belastning av kvicksilver och metyl-kvicksilver på sjöar och vattendrag. Trenden för halterna av humus i vattendrag i Sverige har inte varit entydiga under den senaste 10-årsperioden. Under andra halvan av 1990-talet fram till år 2001 ökade halterna för att därefter ha minskat (Erlandsson et al. 2008, Temnerud och Weyenmeyer, in press). Klimatförändringen kan också ha påverkat bildningen av metylkvicksilver och andra processer som är viktiga för upptaget av kvicksilver i fisk.

Skogsbruket påverkar även belastningen av kvicksilver på sjöar och vattendrag. Vid skogsavverkningar då körsador uppstår på marken ökar risken att kvicksilver och metyl-kvicksilver transporteras ut från marken (Porvari et al. 2003, Munthe och Hultberg, 2004). Skogsbruksmetoderna har dock inte förändrats i någon högre grad under de senaste decennierna och borde därför inte bidra till de ökande halterna kvicksilver i fisk under den senaste perioden. Möjligen kan den igenväxning av skogsdiken som nu pågår orsaka en

förhöjning av grundvattennivån i vissa skogsområden och därmed ett ökat utflöde av humus och kvicksilver.

Orsakerna till den pågående ökningen av kvicksilver i fisk kommer att närmare studeras i en fortsatt utvärdering av datamaterialet.

## Slutsatser

- Tillgänglig data över kvicksilver i insjöfisk från början av 1960 till idag finns från mer än 2 000 sjöar med en stor mängd data från 1980- och 1990-talen från framförallt gädda.
- Under 2000-talet har tillgängliga data över kvicksilver för abborre ökat kraftigt medan mängden data för gädda har minskat.
- Den geografiska fördelningen av kvicksilver i gädda återspeglar i stora drag den nutidiga och tidigare depositionen av kvicksilver. Olika naturliga förutsättningar gör dock att halterna i även närbelägna sjöar kan variera kraftigt.
- Kviksilverkoncentrationen i fisk har generellt ökat i svenska inlandsvatten. Halterna i stora delar av landet är för närvarande cirka tre till fem gånger högre jämfört med de uppskattade naturliga halterna. Förändringarna av kvicksilverkoncentrationen i 1-kilos gädda verkar ha minskat något omkring år 1990 men därefter har halterna stabiliserats och under den sista 10-årsperioden finns en tendens att koncentrationerna kvicksilver fisk återigen ökar.

Detta arbete är finansierat via Sveriges Lantbruksuniversitet, Fortlöpande Miljöanalys för organiska risksubstanser och metaller.

## Referenser

- Andersson, T. och Lundberg, P. 1995. Geografisk bild av kvicksilverhalten i gädda 1984-1993. Naturvårdsverkets rapport 4397.
- Andersson, T. och Lundberg, P. 1996. Orsaker till förändrade kvicksilverhalter i gädda i svenska sjöar mellan perioderna 1981-87 och 1988-95. Umeå Universitet, Naturgeografiska Institutionen, arbetsrapport 96-10.
- Bindler, R., Olofsson, C., Renberg, I. och Frech, W. 2001. Temporal trends in mercury accumulation in lake sediment in Sweden. *Water, Air and Soil Pollution: Focus* 1: 342-355.
- Björklund, I., Borg, H., och Johansson, K. (1984) Mercury in Swedish lakes - its regional distribution and causes. *Ambio* 13: 118-121
- Canario, J., Poissant, L., O'Driscoll, N., Pilote, M., Constant, P., Blais, J. och Lean, D. 2008. Mercury partitioning in surface sediments of the upper st. Lawrence river (Canada): Evidence of the importance of the sulphur chemistry, *Water Air Soil Pollution*. 187(1-4): 219-231.
- Craig, J. 1987. The biology of perch and related fish. Portland, Oregon: Croom Helm Ltd: 333 sidor.
- Erlandsson, M., Bishop, K., Fölster, J., Guhren, M., Korsman, T., Kronnås, V. och Moldan, F. 2008. A comparison of MAGIC and paleolimnological predictions of preindustrial pH for 55 Swedish lakes. *Environmental Science and Technology*. 42(1): 43-48.
- Fölster, J., Bringmark, L. and Lundin, L. 2003. Temporal and spatial variations in soilwater chemistry at three acid forest sites, *Water Air and Soil Pollution*. 146(1-4): 171-195.
- Galarowicz, T, Adams, J och Wahl, D. 2006. The influence of prey availability on ontogenetic diet shifts of a juvenile piscivore. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 63: 1722-1733
- Hultberg, H. 2002. Behandling med låg-låg dos av selen i sjöar och regleringsmagasin för att minska halten metylkvicksilver i fisk. IVL Rapport B1487.
- Håkanson, L., Nilsson, Å., and Andersson, T. 1988. Mercury in fish in Swedish lakes. *Environmental Pollution*. 49:145-162.
- Håkanson L., Andersson P., Andersson T., Bengtsson Å., Grahn P., Johansson J\_Å., Jönsson C\_P., Kvarnäs H., Lindgren G. och Nilsson Å. 1990. Åtgärder mot höga kvicksilverhalter i insjöfisk. Naturvårdsverket Rapport 3818.
- Johansson K. 1985. Mercury in sediment in Swedish forest lakes, *Verhandlungen der Internationalen Vereinigung der Limnologie*. 22: 2359-2363.
- Johansson K., Aastrup M. Andersson A. Bringmark L. and Iverfeldt Å. 1991. Mercury in Swedish forest soils. Assessement of critical load .*Water Air and Soil Pollution* 56:267-281.
- Johansson K., Bergbäck B och Tyler G. 2001. Impact of atmospheric long-range transport of lead, mercury and cadmium on the Swedish forest environment. *Water, Air, and Soil Pollution: Focus* 1: 279-297.
- Meili, M. 1997. Mercury in lakes and rivers. *Metal ions in Biological Systems*. 34: 21-51
- Meili, M., Bishop, K., Bringmark, L., Johansson, K., Munthe, J., Sverdrup, H. och De Vries, W. 2003. Critical Levels of atmospheric pollution: criteria and concepts for operational modelling of mercury in forest and lake ecosystems. *Science of the Total Environment*. 304: 83-106.
- Munthe, J. och H. Hultberg. 2004. Mercury and methylmercury in runoff from a forested catchment – concentrations, fluxes, and their response to manipulations. *Water Air and Soil Pollution: Focus* 4: 607-618.
- Munthe, J., Wängberg, I., Rognerud, S., Fjeld, E., Verta, M., Porvari, P. och Meili, M. 2007. Mercury in Nordic ecosystems. IVL Rapport B1761.
- Naturvårdsverket. 1993. Metallerna och miljön. Tillstånd, Trend, Prognos 1992. Naturvårdsverket, Rapport 4135.
- Naturvårdsverket. 2002. Nationell övervakning av metaller och organiska ämnen – Naturvårdsverket, Stockholm.
- Nilsson Å., Andersson T., Håkanson L. och Andersson A. 1989. Kviksilver i insjöfisk, koppling till kvicksilver och selen i mår och historiska utsläpp. Naturvårdsverket rapport 3593.
- Persson, L., Diehl, S., Johansson, L., Andersson, G. och Hamrin, S. F. 1992. Trophic interactions in temperate lake ecosystems: A test of food chain theory. *The American Naturalist* 140(1): 59-84.
- Porvari, P., Verta M., Munthe J. och Haapanen M. 2003. Forestry practices increase mercury and methyl mercury output from boreal forest catchments. *Environmental Science & Technology* 37(11): 2389-2393.
- Sonesten, L. 2003. Metaller I akvatisk biota, en genomgång av den nationella databasen, samt de nationella och

- regionala övervakningsprogrammen. Institutionen för Miljöanalys, SLU. Rapport 2003:10.
- Temnerud, J. och Weyhenmeyer, G. A. in press. Abrupt changes in air temperature and precipitation – do they matter for water chemistry? *Global Biogeochemical Cycles*.
- Wängberg, I., Munthe, J., Berg, T., Ebinghaus, R., Kock, H. H., Temme, C., Bieberd E., Spaine, T. G. och Stolk, A. 2007. Trends in air concentration and deposition of mercury in the coastal environment of the North Sea Area. *Atmospheric Environment*, 41: 2612-2619.