

TRANSPORT AV KVICKSILVER OCH DIOXINER TILL, INOM OCH FRÅN BENGTSBROHÖLJEN

Rapport nr EKA 2002:20

Bengtsfors kommun

2003-10-03

Författad av

Per Östlund, Studsvik RadWaste AB¹

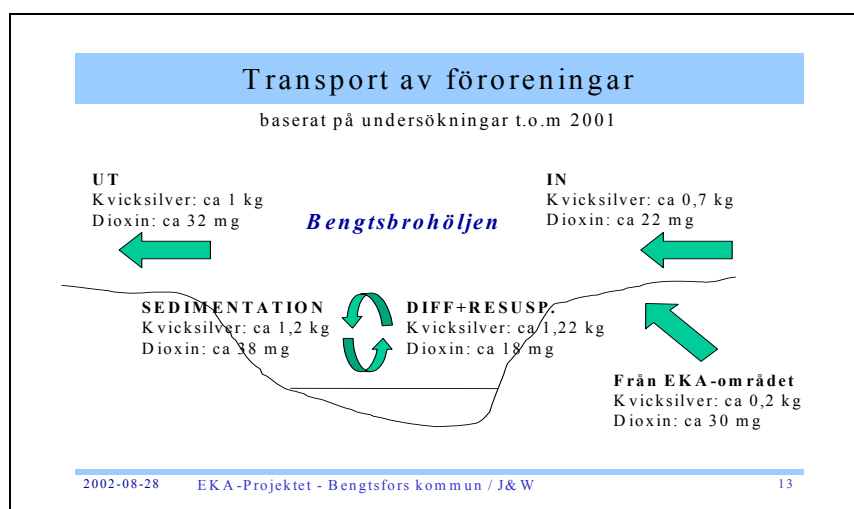
¹ Uppdragsledare tjänst B, Hydrologi och sedimentologi

INNEHÅLLSFÖRTECKNING

| | |
|--|-----------|
| INNEHÅLLSFÖRTECKNING | 2 |
| BAKGRUND | 3 |
| ÖVERGRIPANDE MÅL OCH SYFTE | 4 |
| PÅGÅENDE UNDERSÖKNINGAR | 4 |
| <i>FLÖDEN IN – FLÖDEN UT</i> | <i>4</i> |
| <i>Huvudelement och spårämnen</i> | <i>4</i> |
| <i>Dioxiner</i> | <i>8</i> |
| <i>TRANSPORTMEKANISMER</i> | <i>11</i> |
| PROVTAGNING AV BENGTSBROHÖLJENS VATTENMASSA | 14 |
| <i>MÅLSÄTTNING</i> | <i>14</i> |
| <i>GENOMFÖRANDE</i> | <i>14</i> |
| <i>RESULTAT BENGTSBROHÖLJENS VATTENMASSA</i> | <i>15</i> |
| <i>Kemiskt fysikaliska parametrar</i> | <i>15</i> |
| <i>Kvicksilver</i> | <i>16</i> |
| <i>Metylkvicksilver</i> | <i>16</i> |
| DISKUSSION OCH SLUTSATSER | 18 |
| REFERENSER | 19 |

BAKGRUND

Stora insatser har riktats mot att kartlägga föroreningssituationen på EKA-området och spridningen till sjön Bengtsbrohöljen. Situationen kompliceras kraftigt av att både kvicksilver (Hg) och dioxiner (dioxiner och furaner) förs in till sjön från uppströms belägna källor i Lelång, av samma storleksordning som EKA-området. Resultaten från tidigare undersökningar beträffande Hg- och dioxinflöden in och ut från Bengtsbrohöljen sammanfattas i Figur 1.



Figur 1: Sammanfattande transport av kvicksilver och dioxin genom Bengtsbrohöljen. Figur från Bengtsfors kommun/J&W, 2002.

Inom ramen för det pågående EKA-projektet har en studie med syftet att identifiera och kvantifiera källor till kvicksilver och dioxiner uppströms Bengtsbrohöljen genomförts under 2002-2003. En identifiering och kvantifiering bedömdes som viktig eftersom effekten av planerade åtgärder på land (på EKA-området), syftande till att minska spridningen ut i höljen, annars blir svår att verifiera. Eventuella åtgärder i Bengtsbrohöljens sediment bör även övervägas noga eftersom risken för återkontaminering från andra källor än EKA är uppenbar. I rapporten EKA 2002:6 har i sammanhanget nya källor till kvicksilver och dioxiner uppströms Bengtsbrohöljen, i sjön Lelång, identifierats. Dessa källor har föreslagits vara:

1. (Hg) Den nedlagda anläggningen för betning av utsäde i Blomsjösystemet, eller annan källa, identifierad genom vatten- och sedimentprovtagning utanför Blomma i Lelång
2. (Hg) EKA fabriken. Det finns ett samband mellan Hg i bäckvatten rinnande ner till södra Lelång och Bengtsbrohöljen, och avståndet till EKA. Fabriken förefaller därför att under sin driftsperiod ha bidragit med luftemissioner som deponerats uppströms Bengtsbrohöljen.
3. (dioxiner/furaner) Sedimenten utanför de nedlagda massafabrikerna i Lelång (Lennartsfors, Gustavsfors och Bengtsfors) innehåller förhöjda halter av vissa dioxinkongener, i vissa fall i samma storleksordning som halterna av motsvarande kongener i sedimenten utanför EKA-

området. En pågående spridning av dioxiner sker från sulfittmassafabriken i Bengtsfors (södra Lelång) vilket har påvisats genom ytvattenprovtagning.

ÖVERGRIPANDE MÅL OCH SYFTE

En central fråga inom det pågående EKA-projektet är i vilken omfattning de i markområdet upplagrade föroreningarna (Hg, dioxiner/furaner och övrigt) frigörs och transporteras ut i Bengtsbrohöljen. En spridning medför en miljöbelastning på sjön och vattenområdet nedströms, vilket i sin tur kan innebära en risk för exponerade ekologiska system.

Det övergripande målet för föreliggande rapport är att öka förståelsen av den pågående föroreningstransporten genom sjön samt att jämföra bidraget från olika källor och processer. Förståelsen syftar dels till att utgöra underlag för beslut om åtgärder riktade mot spridningen av föroreningar, samt att utgöra underlag för uppföljning av effekter efter genomförda åtgärder.

I rapporten sammanfattas resultaten från tidigare resultat genererade inom den pågående miljöövervakningen i området samt en kompletterande undersökning, vilken i sin tur har som målsättning att beskriva förekomsten av vattenburna föroreningar och andra komponenter till, genom och från Bengtsbrohöljen.

PÅGÅENDE UNDERSÖKNINGAR

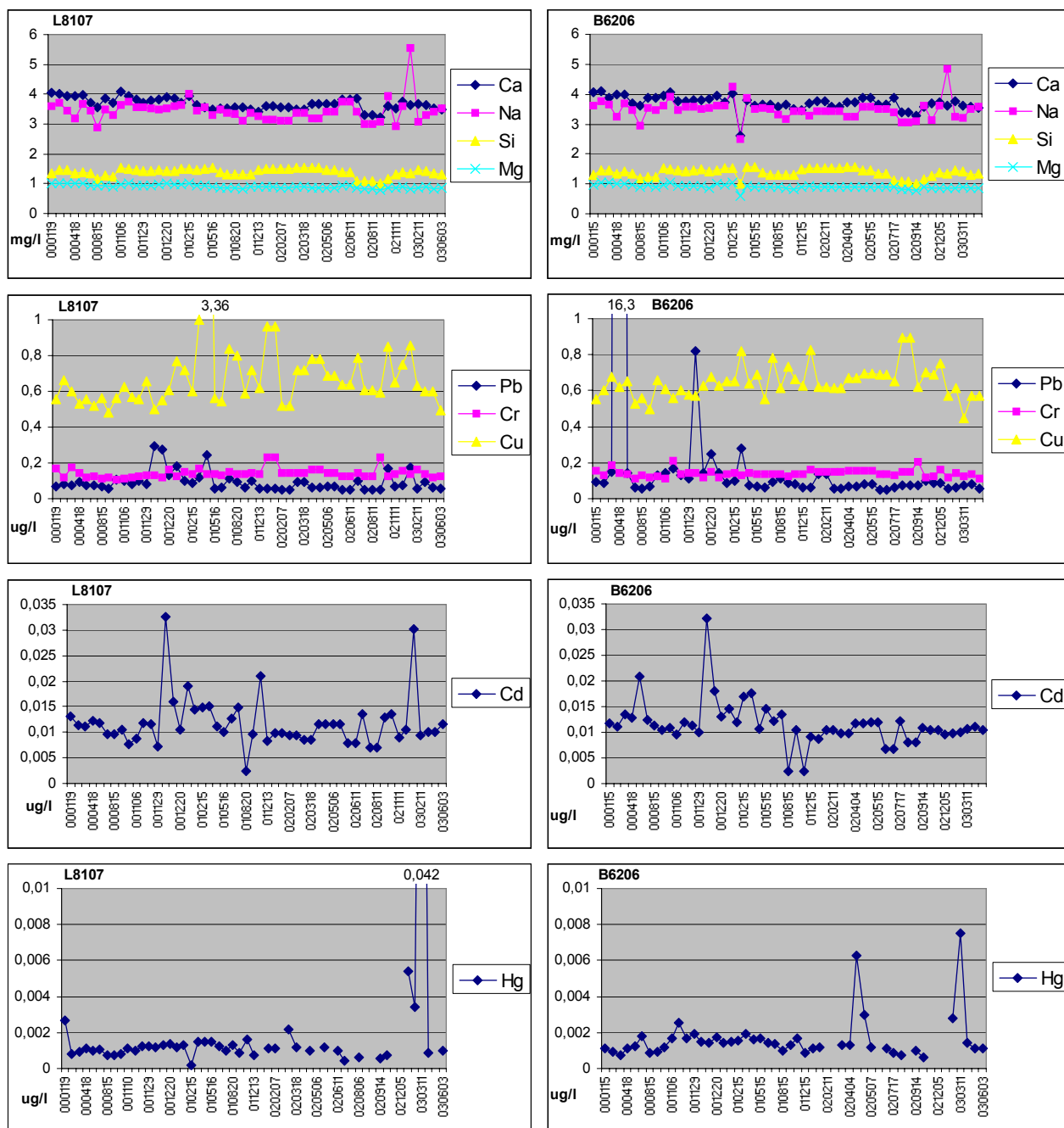
De flesta slutsatser i denna rapport bygger på resultaten från provtagning och analyser av vattenprover. Analyserna är ofta komplicerade och halterna av analyserade komponenter, tex. metaller och organiska ämnen, är generellt mycket låga och ligger ibland nära de anlitade laboratoriernas detektionsgränser och därmed rapporteringsgränser. Trots att de anlitade laboratorierna i stor utsträckning är ackrediterade enligt SWEDAC, och därmed kan förväntas leverera högkvalitativa resultat, så skiljer sig sannolikt analysresultaten beroende på vilket laboratorium som anlitas. En orsak till detta kan vara att olika laboratorier använder olika metoder för provberedning och slutbestämning. Till denna möjliga osäkerhet kommer osäkerheter kopplade till fältprovtagning och provhantering. Det bör därför generellt manas till en viss försiktighet när det gäller jämförelser mellan vattendata från olika provtagningar och analyser.

FLÖDEN IN – FLÖDEN UT

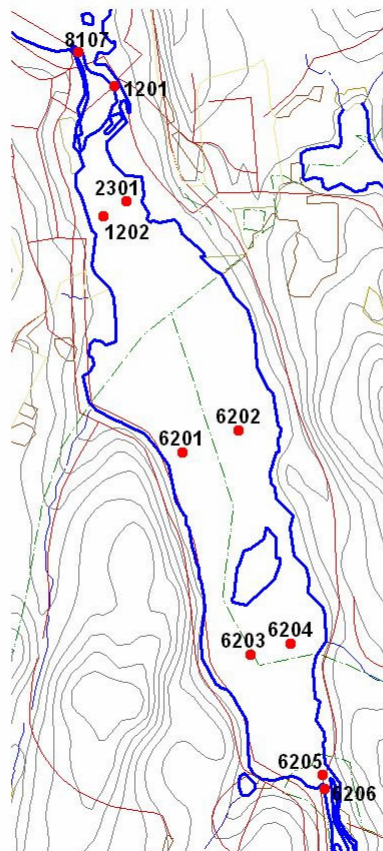
Huvudelement och spårämnen

Huvudelement, t ex. Ca, Na, Si och Mg, i vatten speglar resultatet av vittring av det geologiska materialet i området samt även i viss mån vattnets partikeltransporterande förmåga eftersom ofiltrerade prover analyserats. Även spårämnen, t ex. Pb, Cr, Cu, Cd och Hg, frisätts genom vittring, men är också typiska för olika typer av industriella verksamheter såsom impregnering (Cr, Cu), konservering (Hg), varv (Pb, Cu), ytbehandling (Cr, Cd) eller kloralkaliproduktion (Hg). Bly och Hg sprids från både punktkällor och via långväga atmosfärisk transport.

I Figur 2 jämförs uppmätta halter sedan provtagningarna påbörjades av ett antal huvudelement och spårämnen i utflödet från Lelång till Bengtsbrohöljen (station L8107) med halter i utflödet från Lelång (station B6206), se karta figur 3. Notera att kartan även visar provpunkter som diskuteras senare i rapporten.



Figur 2: Grundämnen i station 8107, utflödet från Lelång, samt i station 6206, utflödet från Bengtsbrohöljen, under perioden 000116 till 030603. En period av extremt högt vattenflöde inträffade under senhösten/vintern 2002. Avbrott på kurvan betyder att halten inte överstiger det aktuella halten laboratoriets rapporteringsgräns.



Figur 3: Karta över Bengtsbrohöljen med provpunkter. Notera att kartan även innehåller provpunkter som diskuteras senare i rapporten.

I flera fall överstiger inte den aktuella halten laboratoriets rapporteringsgräns och beträffande Hg har halter inte kunnat rapporteras vid 13 tillfällen. Avbrutna kurvor i figurena visar att rapporteringsgränserna ej överträffats.

Figuren visar att haltvariationerna över året är små för de flesta ämnena samt att haltskillnaderna i vatten ut från Lelång jämfört med vatten ut från Bengtsbrohöljen är mycket små. Två systematiska variationer, eller ”händelser” framkommer. Den första var i början av december –00 (001206), vilken i form av förhöjda halter av främst Na, Pb och Cd speglar den extrema vattenföringen som rådde vid tillfället. Den andra var i början av –03 (030109) i form av förhöjda halter av Na, Cd och Hg men kan inte förklaras av t ex. stor vattenföring.

I Tabell 1 jämförs medel- och medianhalter ut från Lelång med medel- och medianhalter ut från Bengtsbrohöljen under perioden. Möjliga ”outlayers”, t ex. för Pb i början av mätperioden eller för Hg i slutet av mätperioden är inte borttagna utan utgör delar av datamaterialet till grund för tabellen. Av detta skäl utgör medianvärdena en bättre grund för jämförelser än medelvärden. Trots detta kvarstår osäkerheter. För 7 av 9 ämnen förefaller Bengtsbrohöljen utgöra en källa av varierade omfattning, dvs. halten i utvattnet är något större än halten i invattnet. Halterna in till höljen är dock så lika halterna ut från höljen att en påverkan från EKA endast med viss tvekan kan påvisas. För Hg motsvarar skillnaden i medianhalter in till höljen och medianhalter ut från höljen ett bidrag om ca

130 g/år, beräknat på ett uppskattat medelvattenflöde om 20 000 l/s. Motsvarande tillskott för Pb blir ca 3,2 kg/år, etc. Vid en jämförelse med s k. jämförvärden kan en generell miljöpåverkan på systemet Lelång-Bengtsbrohöljen endast påvisas för Cu (Naturvårdsverket, 1999).

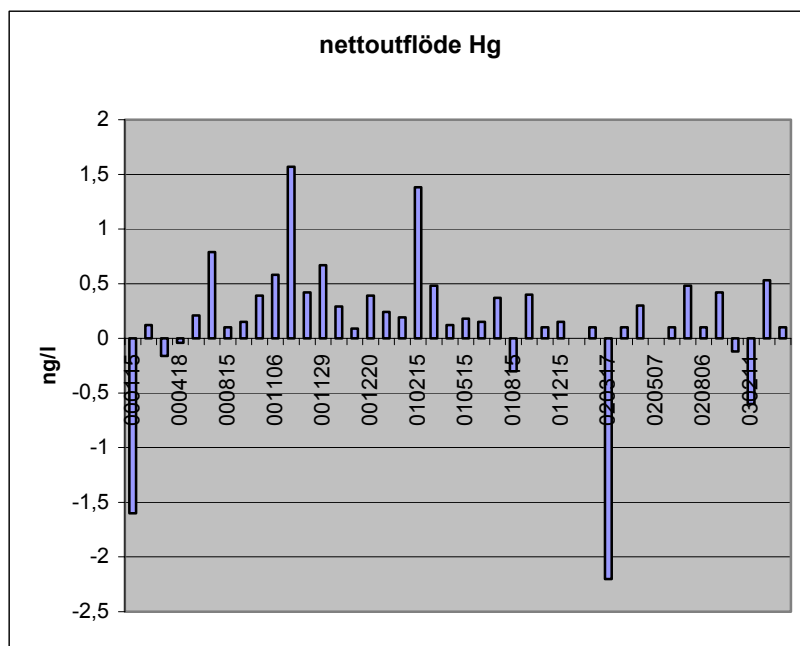
Tabell 1: Medelhalter av grundämnen ut från Lelång (L8107) samt ut från Bengtsbrohöljen (B6206) under perioden 020116 – 030311.

| Ämne | Enhet | L8107 medel | L8107 median | B6206 medel | B6206 median | Diff median | Jämförvärden* |
|------|-------|-------------|--------------|-------------|--------------|-------------|---------------|
| Ca | mg/l | 3,678077 | 3,67 | 3,711765 | 3,73 | -0,06 | - |
| Na | mg/l | 3,443654 | 3,42 | 3,47451 | 3,49 | -0,07 | - |
| Si | mg/l | 1,385577 | 1,42 | 1,377647 | 1,4 | 0,02 | - |
| Mg | mg/l | 0,911865 | 0,895 | 0,906098 | 0,9 | -0,005 | - |
| Pb | µg/l | 0,092194 | 0,0754 | 0,427849 | 0,0804 | -0,005 | 0,24 |
| Cr | µg/l | 0,142615 | 0,1385 | 0,140804 | 0,137 | 0,0015 | 0,2 |
| Cu | µg/l | 0,709096 | 0,622 | 0,647314 | 0,627 | -0,005 | 0,5 |
| Cd | µg/l | 0,011756 | 0,0108 | 0,011555 | 0,0109 | -0,0001 | 0,016 |
| Hg** | µg/l | 0,002187 | 0,001105 | 0,00163 | 0,0013 | -0,0002 | 0,004 |

* Jämförvärden för sjöar i södra Sverige, Naturvårdsverkets Bedömningsgrunder för Miljökvalitet, Sjöar och vattendrag (Naturvårdsverket, 1999).

** Vid 13 tillfällen rapporterades Hg-halter som < 0,002 µg/l. Dessa ingår inte i det undersökta datamaterialet.

I stycket ovan har medianhalter i vatten på väg in till höljen jämförts med medianhalter i vatten på väg ut från höljen. En alternativ och sannolikt något förfinad metod är att vid varje tidpunkt jämföra halten i in-vatten med halten i ut-vatten. Den stora toppen under våren 2003 i vatten på väg in till höljen har betraktats som en "out-lier" och uteslutits – liksom i tiden motsvarande prov i ut-vattnet. Metoden är dock behäftad med osäkerheter därför att det "vatten-paket" som provtas på väg in inte är det samma som provtas på väg ut, eftersom "paketet" har en viss uppehållstid i vattenmassan. Den teoretiska medelomsättningen för perioden 1961-2002 är ca 11 dygn medan medelomsättningstiden vid högflödesperioden hösten 2002 var ca 1,5 dygn. Provtagningarna vid station L8107 och B6202 görs varje månad, oftast samma dag men ibland med en fördröjning på upp till 4 dagar. I Figur 4 redovisas resultatet beträffande Hg från en sådan jämförelse. Endast halter över labbets rapporteringsgräns i prov som matchas i tiden vid båda stationerna har beaktats. Medelvärde av nettoflödet visar att 0,16 ng/l tillförs vattenmassan under transporten genom Bengtsbrohöljen, vilket kan betraktas som ett tillskott från EKA. Vid ett medelvattenflöde om 20 m³/s motsvarar detta ett tillskott av ca 0,1 kg Hg/år.



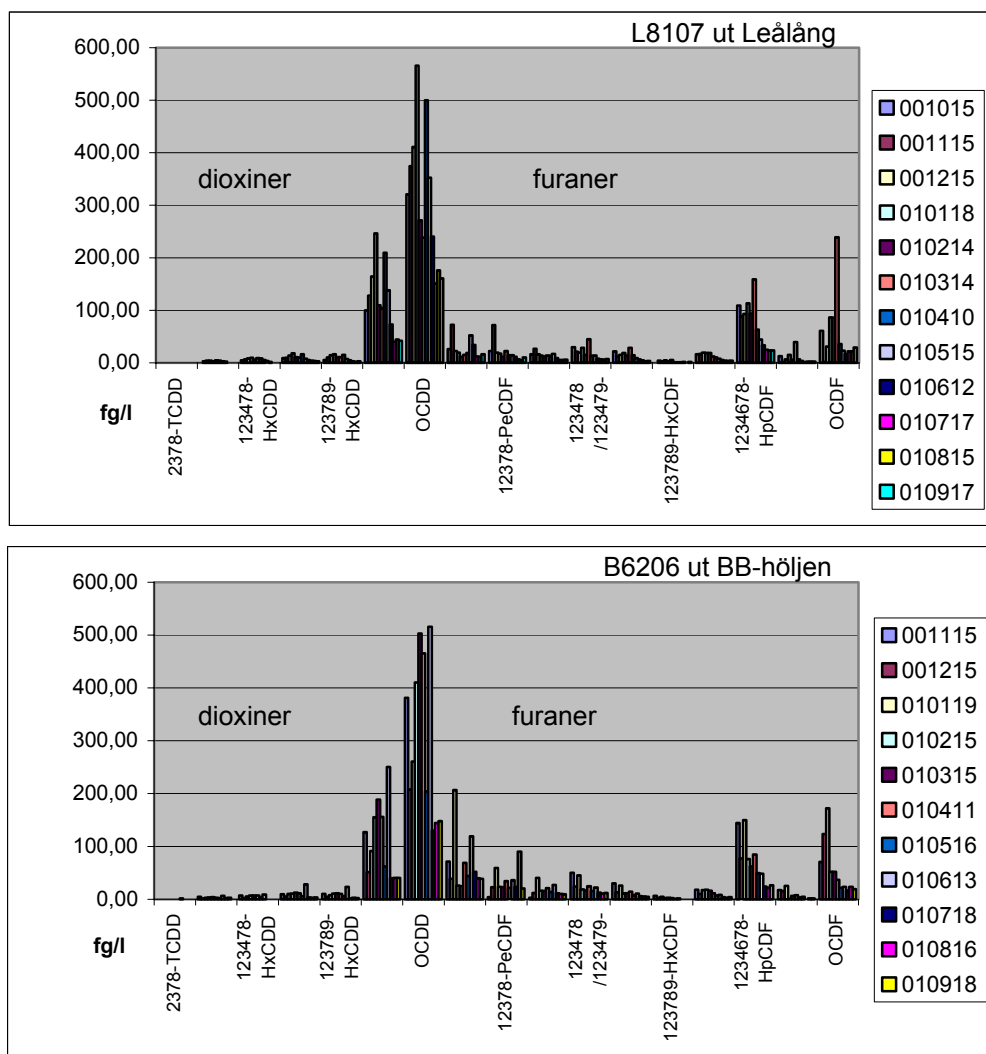
Figur 4: Nettoutflöde av Hg ut från Bengtsbrohöljen vid 42 provtagningstillfällen under perioden 2000 till våren 2003. Ett positivt netto kan tolkas som ett tillskott från EKA.

Dioxiner

Enligt tidigare rapporter och diskussion ovan så finns källor till dioxiner och furaner i vattensystemet uppströms Bengtsbrohöljen där EKA området ligger. Vissa har identifierats men huvuddelen av de dioxiner som följer med vattnet in till höljen kan sannolikt inte förklaras (EKA, 2002:6). Sjösystem i industrialiserade områden innehåller ofta betydande mängder diffust spridda dioxiner bildade i industriprocesser, vid förbränning av avfall, som föroreningar i industrikemikalier, etc. (t ex. Kjeller *et al.*, 1990; Rappe *et al.*, 1997).

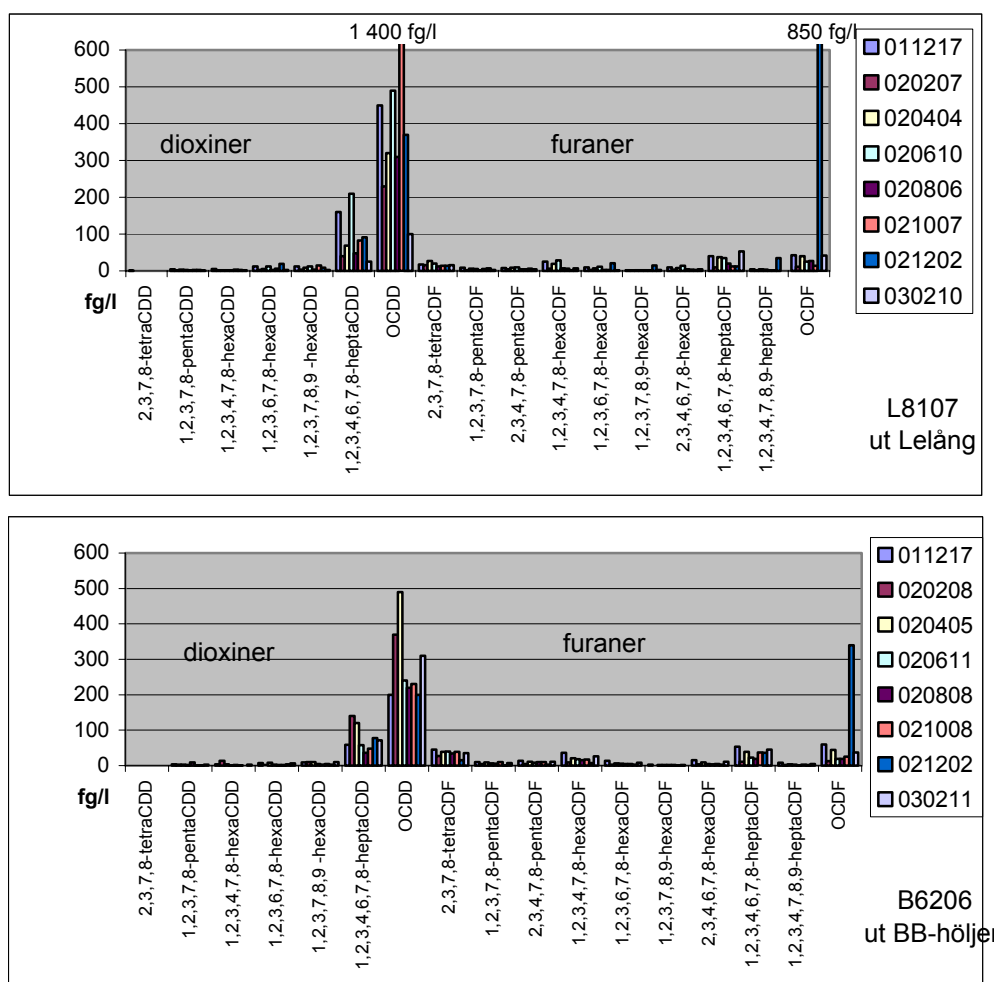
Dioxindata kan presenteras på många olika sätt, som totalhalter eller mängder, som kongenspecifika halter eller mängder, med hänsyn tillsammanräknad föreslagen toxicitet, etc. Vi har valt att presentera data så lite omräknad eller behandlad som möjligt – som halter av specifika kongener. Det valda presentationsformatet fyller också syftet att möjliggöra diskussioner av bidrag från olika källor.

Dioxiner har analyserats i vatten från utloppet av Lelång (station L8107) samt från utloppet av Bengtsbrohöljen (station B6206). Under perioden 001115 till 010918 gjordes analyserna av ITM och under perioden 011127 till 030211 gjordes analyserna av Umeå universitet. Resultaten presenteras i två delar, en för respektive dataset. Orsaken är, utöver komplexiteten med vattenanalyser diskuterad tidigare, även att de båda laboratorierna redovisar mätdata på något olika sätt. ITM rapporterar, till skillnad från Umeå universitet, inte 2,3,7,8-tetraCDF respektive 1,2,3,4,7,8-hexaCDF som enskilda kongener utan som blandningar mellan 2,3,7,8-tetraCDF och 2,3,4,8-tetraCDF och 2,3,7,8-tetraCDF respektive mellan 1,2,3,4,7,8-hexaCDF och mellan 1,2,3,4,7,9-hexaCDF. I Figur 5 sammanfattas mätdata från den första perioden framtagna av ITM. I Figur 6 sammanfattas mätdata från den senare delen av perioden framtagna av Umeå universitet.



Figur 5: Uppmätta halter av dioxin- och furan-kongener i vatten ut från Lelång (L8107) respektive Bengtsbrohöljen (BB-höljen, B6206) vid olika tidpunkter datum för provtagningarna. Analyser utförda av ITM.

Båda figurerna visar väsentligen samma sak, att vatten på väg in till Bengtsbrohöljen innehåller dioxiner och furaner i ungefär samma koncentrationer som det som rinner ut från höljen. Variationerna mellan olika provtagningstillfällen är stor, det skiljer mer än faktor två mellan olika tidpunkter för samtliga kongener. I mer detalj är koncentrationerna beträffande dioxiner generellt något högre i vattnet på väg in till höljen än i vattnet på väg ut från höljen. Båda dataserierna visar detta. Umeå universitet har dessutom ”prickat in” en OCDD-topp som är 6-7 gånger större än uppskattat medelvärde i vatten på väg in till höljen.

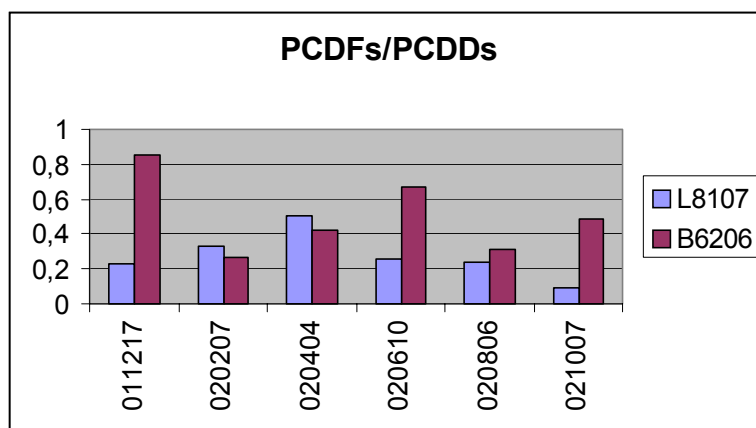


Figur 6: Uppmätta halter av dioxin- och furan-kongener i vatten ut från Lelång (L8107) respektive Bengtsbrohöljen (BB-höljen, B6206) vid olika tidpunkter datum för provtagningarna. Analyser utförda av Umeå universitet.

Beträffande furaner framkommer en systematisk skillnad mellan invatten och utvatten i båda dataserierna. Koncentrationerna av lågklorerade (tetra- och i viss mån penta-) furaner är högre i vatten på väg ut från Bengtsbrohöljen än i vatten på väg in, vilket kan tolkas som ett tillskott från EKA. Lågklorerade furaner är typiska produkter vid kloralkalianläggningar (Andersson, pers. kom.), men dock även vid produktion av klorblekt pappersmassa, vilket bör beaktas med hänsyn tagen till den sedan länge nedlagda sulfitmässfabriken i Bengtsfors (Kjeller *et al.*, 1990; Rappe *et al.*, 1997).

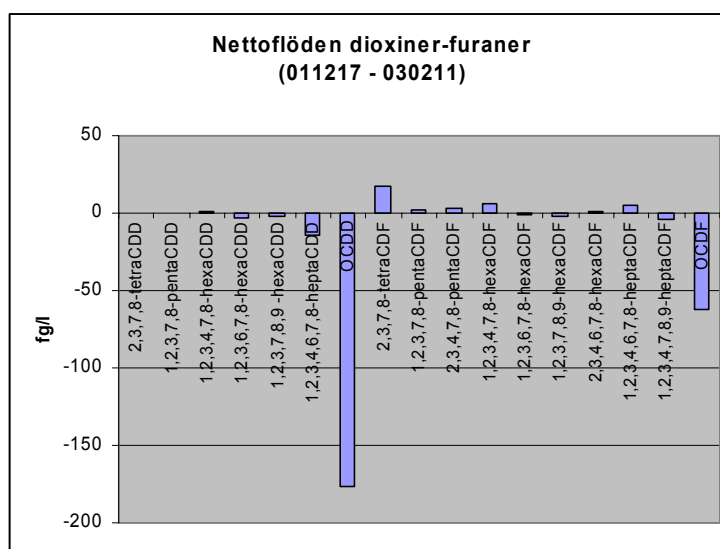
Förhållande mellan furaner och dioxiner, uttryckt som kvoten PCDFs/PCDDs kan vara användbar för identifiering av källor (Rappe, 1994). I Figur 7 visas kvoten mellan summan av alla detekterade kongener, dvs. även andra än de redovisade i Figur 4-5, vid 6 provtagningar.

Vid 4 av 6 tillfällen är kvoten större i vatten på väg ut från höljen än i vatten på väg in, vilket kan tolkas som ett stöd för bilden som framkommer i Figur 5 och 6, dvs. att EKA i viss mån bidrar med (lågklorerade) furaner.



Figur 7: Kvoten mellan PCDFs/PCDDs i vatten på väg in till Bengtsbrohöljen (L8107) samt i vatten på väg ut från höljen (B6206).

Liksom för Hg (Figur 4) har halter av respektive kongen i vatten på väg in till höljen jämförts med halter i vatten på väg ut från höljen parvis under perioden 011217 – 030211, med syftet att kvantifiera eventuellt bidrag från EKA. Inga värden har uteslutits som out-liers, endast värdepar där ena värdet understigit laboratoriets rapporteringsgräns. Medelvärdena av dessa redovisas i Figur 8.



Figur 8. Nettflöden av dioxiner och furaner. Kongenvisa jämförelser mellan utflödet från Lelång (station L8107) och utflöde från Bengtsbrohöljen (station B6206). Positivt värde kan tolkas som tillskott från EKA

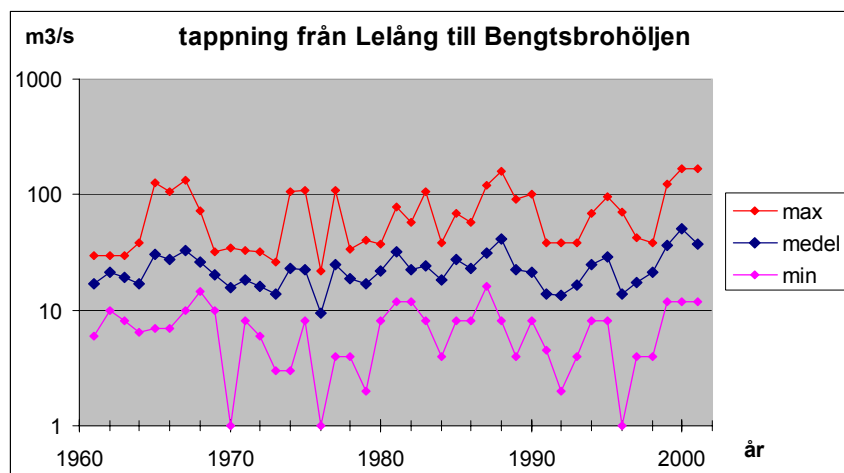
Av figuren framgår att flödet av penta- och octaklorerade dioxiner och furaner är större in till höljen än tufrån höljen, Bengtsbrohöljen fungerar som fälla för dessa. Av figuren framgår även att tetra- och pentaklorerade furaner tillförs vattnet, sannolikt från EKA. En beräkning baserad på ett vattenflöde om 20 000 l/s visar att vattenmassan under ett år tillförs ett tillskott om tex. 11 mg 2,3,7,8-tetraCDF samt undandras 111 mg OCDD.

TRANSPORTMEKANISMER

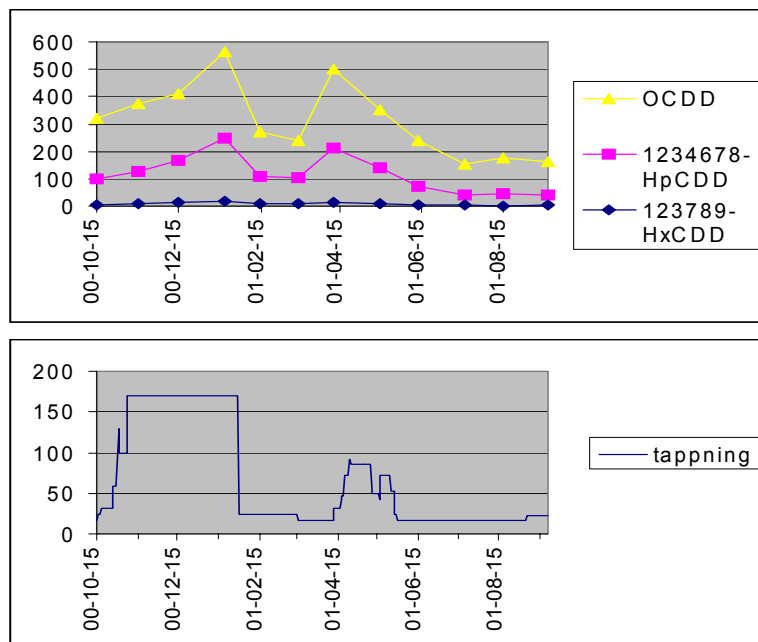
Många metaller, t ex. Hg, och dioxiner/furaner är partikelaffinitiva, dvs. binder till partiklar i vattenmassan. Dioxiner/furaner är dessutom i praktiken olösliga i vatten, vilket innebär att dessa ämnen inte förekommer i löst fas utan snarare associerade till finpartikulärt material (suspendat). Det finns därför skäl att förvänta ett samband mellan partikeltransport och förorenings-/ämnestransport.

Sedan 1961 registreras vattenstånd i Lelång och Bengtsbrohöljen, liksom tappning genom kraftverkets dammluckor mellan dessa sjöar, dagligen. I Figur 8 redovisas årsvisa medelvärden av tappningar liksom årsvisa max och min värden för tappningarna under perioden 1961 - 2001. Tappningen bedöms här spegla vattenföringen genom sjösystemet.

I Figur 9 redovisas uppmätta halter av de tre mängdmässigt mest betydande dioxinkongenerna (från Figur 5) samt tappningen från Lelång under samma period (samma grunddata som den för Figur 8). Notera att dioxinanalyserna är utförda på prover inhämtade en gång per månad medan tappningen registrerats dagligen. Kurvornas likhet ger stöd för det förväntade sambandet mellan partikeltransport och föroreningstransport då en större vattenföring generellt leder till en större partikeltransport. En följd av detta är att sedimentens erosionbenägenheten i respektive sjö, beroende på bl.a. vattendjup, form och vattenströmningshastighet, kommer att resultera i varierande föroreningstransport och därigenom påverka uppsatta föroreningsbudgetar.



Figur 8: Årsmedelvärden av tappning från Lelång till Bengtsbrohöljen under åren 1961-2001. I figuren visas även årsvisa max- och minvärden. Grunddata från Bengtsfors kommun, 2002.



Figur 9a och b: Uppmätta halter (fg/l) av de tre mängdmässigt mest betydande dioxinkongenerna i vattenprover från Lelångs utlopp (L8107) samt tappningen från Lelång (m³/s), under samma period. Grunddata från Lst. i Västra Götaland, 2002.

PROVTAGNING AV BENGTSBROHÖLJENS VATTENMASSA

Diskussionen ovan baseras på analyser av vatten ut från Lelång (dvs. in till Bengtsbrohöljen) samt ut från Bengtsbrohöljen. Resultaten från grundämnesanalyser (även Hg) visar på ingen eller liten påverkan på Bengtsbrohöljen från EKA - beroende på betraktelsesätt, medan analyser av specifika dioxin- och i synnerhet furan-kongener tyder på viss påverkan. Bengtsbrohöljen är en relativt stor sjö och eftersom jämförelser görs mellan inlopp och utlopp finns det en risk för att frisättning av t ex. Hg ändå sker men inte detekteras på grund av sedimentation. Det är tänkbart att Hg är bundet till andra typer av partiklar än de som dioxiner är associerade till, samt även att sedimentations-egenskaperna hos dessa partiklar avviker från de som transporterar dioxiner. Sedimenterande partiklar bör då ge upphov till gradienter i vattenmassan, både i form av partikeldensitet samt koncentration av föroreningar i en given volym vatten. Av detta skäl har en provtagning av Bengtsbrohöljens vattenmassa genomförts.

MÅLSÄTTNING

Syftet med undersökningen var att få en bild av vattenmassan och dess innehåll av partikulära och lösta komponenter. Gradienter i x-, y- och z-led, med avseende på föroreningar, naturliga ämnen, partiklar, syre, temperatur etc., föreslår att processer äger rum i och påverkar vattenmassan. I extremfallet kan dock en total avsaknad av gradienter tyda på att systemet påverkas av en överskuggande process, fullständig omblandning.

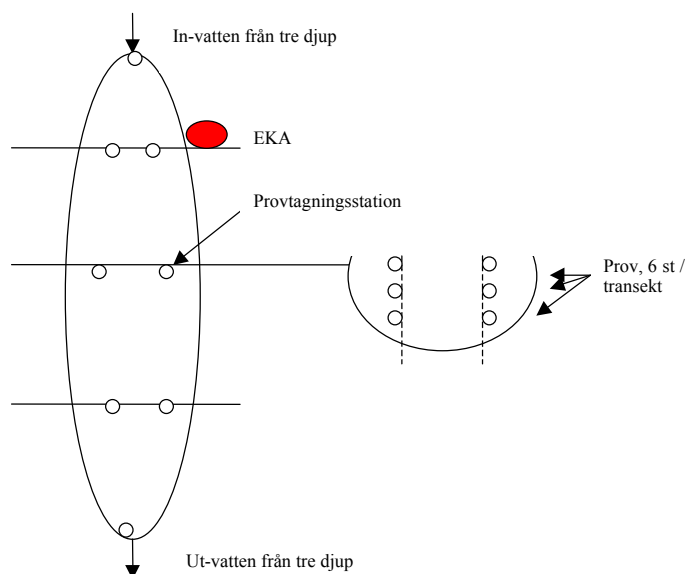
Påverkande processer kan vara spridning av lösta eller partikulära faser från EKA, resuspension, sedimentation eller kemiska/fysikaliska jämvikter. Med tanke på Bengtsbrohöljens form och låga vattenföring vid provtagningstillfället förefaller det inte troligt att ”små” processer som spridning från EKA skulle kunna överskuggas av ”stora” processer som resulterar i total omblandning av vattenmassan.

GENOMFÖRANDE

I miljösammanhang brukar man i vattenprover skilja på ”löst” och ”partikelbundna” föroreningar. Mycket få föroreningar kan dock anses föreligga i sann lösning. Det som oftast beskrivs som ”löst” är det som tillåts passera genom ett filter, vanligen 0,45 µm. Kvicksilver återfinns både som ”löst” och ”partikelbundet”. Sannolikt råder desamma för dioxiner, men mängderna, t ex. i Bengtsbrohöljen, är så små att endast den partikulära fasen kan analyseras. Provtagning av vatten för dioxinanalys görs genom att pumpa som minst 800 liter genom filter. Ett prov tar ca 8 h att insamla, vilket innebar att dioxiner inte kunde ingå i provtagningsprogrammet. Provtagningar gjordes under december 2002 i tre transekter i öst—västlig riktning, samt i sjöns in- och utlopp. För en schematisk bild av provtagningen, se Figur 10.

Samtliga prover inhämtades under en kort tidsperiod, under vilken stabila väder- och avrinningsförhållanden rådde. I Figur 3 (karta) visas valda provtagningsstationer. Sammanlagt inhämtades prover från båt respektive bro med Ruttnerhämtare från tre vattendjup; i ytan (ca 0,5-1 m), halva vattendjupet samt nära botten (ca 0,5-1 m över botten). Fältanalyser gjordes vid provupptag (temp, syre, konduktivitet) och laboratorieanalyser (kemiskt-fysikaliska parametrar,

TOC, DOC, Hg och vid vissa stationer grundämnen) på prov insamlade i för ändamålet avsedda behållare.



Figur 10: Schematisk bild över Bengtsbrohöljen med vattenprovtagningsstationer.

RESULTAT BENGTSBROHÖLJENS VATTENMASSA

Kemiskt fysikaliska parametrar

Vattenmassan i Bengtsbrohöljen var vid provtagningstillfällena mycket homogen och inga gradienter beträffande varken turbiditet, syre, konduktivitet, TOC eller DOC kunde uppmätas. I Tabell 2 sammanfattas uppmätta kemiska/fysikaliska parametrar. I tabellen finns även motsvarande parametrar uppmätta på 3 djup i Lelångs utlopp. I dessa prover är variationerna något större, vilket sannolikt kan förklaras med den större vattenhastigheten i utloppspunkten.

Tabell 2: Medelvärden (av antal prov) med max/min (uttryckt som +/-) i vattenprov från Bengtsbrohöljen samt i prov från utloppet från Lelång (8107) på olika djup. Provtagningsstationer enligt Figur 3 och 9.

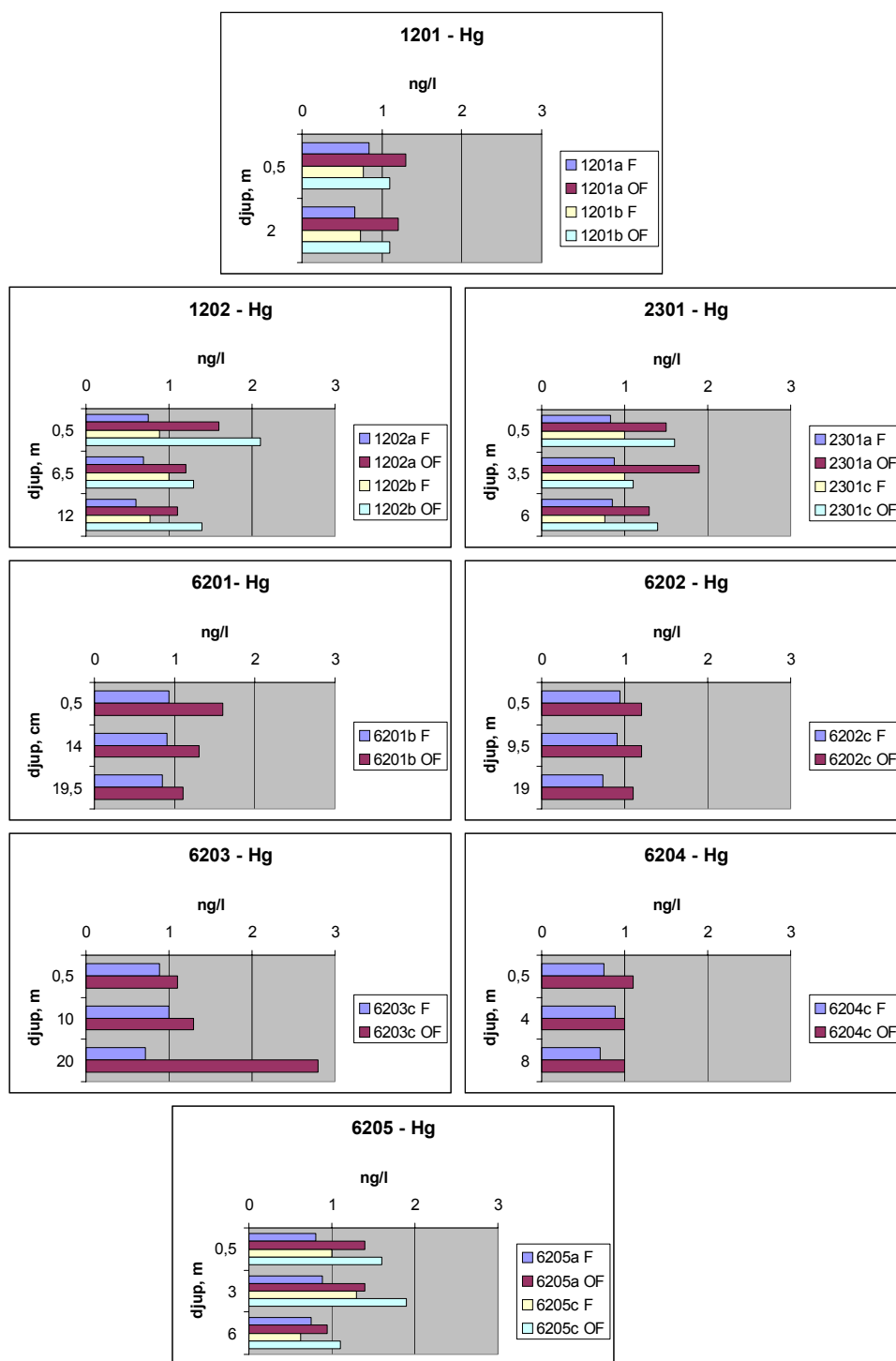
| | Turbid FNU | Turb +/- | Syre mg/l | Syre +/- | Kond mS/m | Kond +/- | TOC mg/l | TOC +/- | DOC mg/l | DOC +/- |
|------------------------------------|---------------|---------------|--------------|--------------|--------------|--------------|-------------|--------------|-------------|--------------|
| Medel (3) Utlopp Lelång | 0,38 | 0,11/ 0,10 | 12,8 | 0,5 0,6 | 5,0 | 0,1 / 0,1 | 5,4 | 0,6 / 0,4 | 5,1 | 0,3 / 0,2 |
| Medel (21) samtliga B-höljen | 0,31 | 0,21/ 0,07 | 12,4 | 0,6 / 1,1 | 5,1 | 0,1 / 0,2 | 5,1 | 0,1 / 0,1 | 5,0 | 0,1 / 0,1 |

Kvicksilver

Även Hg är homogent fördelat i vattenmassan. Från några av stationerna inhämtades dessutom prov vid två tillfällen. Analyserna av dessa prov visar på sinsemellan små variationer (Figur 11a-g). De uppmätta Hg-halterna är låga. I jämförelse med Naturvårdsverkets bedömningsgrunder för miljö kvalitet Sjöar och vattendrag (1999) understiger uppmätta halter i både filtrerade och ofiltrerade prover i många fall föreslagna naturliga ursprungliga halter (1 ng/l) respektive bakgrundshalter för norra Sverige (2 ng/l), med undantag för ett ofiltrerat prov (station 6203 närmast botten). Inga signifikanta haltskillnader, och därmed gradienter, var påvisbara vid provtagningstillfället. Ingen spridning av Hg från EKA kan därför påvisas. En jämförelse med uppmätta halter i sjön Lelång, uppströms EKA (EKA 2002:6), visar heller inte på någon haltskillnad, och därmed påverkan.

Metylkvicksilver

Samtliga vattenprover analyserades även med avseende på metylkvicksilver. I inget fall överträffades laboratoriets rapporteringsgräns (0,06 ng/l).



Figur 11a–g: Kvicksilver i vattenprover från Bengtsbrohöljen från olika stationer och från olika djup (se karta figur 3). Prov markerade med "a" togs 02-11-27, prov markerade med "b" togs 02-12-03, med "c" 02-12-04. Prov markerade med "F" är filtrerade, prov med "OF" är ofiltrerade.

DISKUSSION OCH SLUTSATSER

Diskussionen nedan begränsas till flöden och halter utan hänsyn till toxicitet.

Sjösystemet Lelång – Bengtsbrohöljen är homogent och inga koncentrationsskillnader beträffande flöden av vare sig huvudelement eller spårämnen är synbara. Halterna i vatten in till höljen är mycket lika halterna ut från höljen för samtliga undersökta element. En alternativ tolkning av Hg-data indikerar dock att ca 0,1 kg Hg/år kan tillföras vattnet under passage genom Bengtsbrohöljen. Beträffande metaller i sjövattnet typiska för antropogena och miljöpåverkande verksamheter är halterna generellt mycket låga och i nivå eller under bakgrundsvärden. Detta gäller även Hg, trots en betydande användning inom EKA.

Naturvårdsverket har inte angivit jämförvärden för dioxiner i sjöar och vattendrag. Det är därför svårt att avgöra vad som är att betrakta som förväntade koncentrationer i områden utan punktkällor. Trots att närheten till punktkälla är uppenbar i Bengtsbrohöljen är tillskottet till vattenmassan efter passage förbi EKA litet. Bidraget är dock synbart i termer av ett tillskott av lågklorerade furaner, relativt vattnet uppströms. En jämförelse av kvoten mellan furaner och dioxiner pekar i samma riktning.

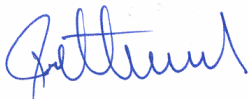
Halterna av grundämnen (även Hg och andra metaller) in och ut från höljen varierar över tiden, vilket beror på att de till stora delar är partikelbundna. Detta gäller även huvudelement som i olika sammanhang betraktas som ”konservativa” i vattenmassan. Skillnaderna är dock störst beträffande partikelaffinitiva metaller som t ex. Pb, Cu, Cd och i viss mån Hg.

Även uppmätta halter av dioxiner varierar stort mellan provtagningstillfällen. Vilket eftersom dioxiner i praktiken är olösliga i vatten till stor del beror på vattenföringen genom systemet. Det finns ett klart samband mellan tappningen från Lelång och halter i vattenmassan.

Jämförs halter av dioxiner och grundämnen (t ex. Hg) i vatten på väg in till höljen med halter i vatten på väg ut från höljen är skillnaderna mycket små. Jämförs halter av Hg och andra ämnen i Bengtsbrohöljens vattenmassa i olika delar och på olika nivåer i sjön (under lugna förhållanden) så kan inga kemiska eller partikulära gradienter spåras, vilket kan tolkas som att en spridning från EKA inte pågår. Det skall dock betonas att en betydande spridning av både dioxiner och Hg till sedimenten i närområdet, åtminstone, har pågått (EKA 2002:21).

REFERENSER

- EKA 2002:2. Föroreningsituationen i mark och grundvatten. Bengtsfors kommun.
- EKA 2002:21. Föroreningar i Bengtsbrohöljens sediment – Förekomst och spridningsförutsättningar. Bengtsfors kommun.
- Kjeller, L-O., Kulp, S-E., Bergek, S., Boström, M., Bergquist, P-A. och Rappe, C. 1990. Levels and possible sources of PCDD/PCDF in sediment and pike samples from Swedish lakes and rivers. *Chemosphere*, 20, 1489-1496
- Naturvårdsverket. 1999. Bedömningsgrunder för miljö kvalitet Sjöar och vattendrag Rapport 4913.
- Rappe, C. 1994. Dioxin, patterns and source identification. *Fresenius J. Anal. Chem* 348, 63-75.
- Rappe, C., Andersson, R., Bonner, M., Cooper, K., Fiedler, H., Howell, F., Kulp, S.E. och Lau, C. 1997. PCDDs and PCDFs in soil and river sediment samples from rural area in the United States of America. *Chemosphere*, 34, 1297-1314.



Per Östlund