



KOMPLETTERANDE UNDERSÖKNINGAR I KÄLLOMRÅDET

Metaller och dioxiner i sediment från ytterområdet

Rapport nr Oskarshamns hamn 2004:16

Oskarshamns kommun

2005-02-03

Författad av

Per Östlund¹
Studsvik RadWaste AB

¹ Projektstöd sedimentologi

Sammanfattning

Målsättningen för undersökningen har varit att klargöra om metaller och dioxiner från Oskarshamns hamn kan påvisas i ackumulationsbottnar öster och söder om hamnen, dvs. att påvisa en tidigare och/eller pågående spridning.

Sedimentprover inhämtades med gravitationsprovtagare från sex (6) stationer öster och söder om inloppet Oskarshamns hamn. I en första omgång analyserades huvudkomponenter och spårämnen, TS, GR samt stabila blyisotoper i prov från samtliga sex stationer. Stabila blyisotoper analyserades med syftet att avgöra om ackumulerat bly härrör från Oskarshamn. I en andra omgång valdes sedimentprover ut från två av de sex stationerna samt från en kustnära ackumulationsbotten för kompletterande analyser. Prover från den andra analysomgången analyserades med avseende på TS, GR, huvudkomponenter, spårämnen samt dioxiner, alternativt daterades. Sediment från en station daterades genom analyser med avseende på dess aktivitet av ^{210}Pb , ^{226}Ra samt ^{137}Cs genom gammaspektrometri.

Stora variationer beträffande mellan sedimentproppar från samma område, ca 2 km öster om hamninloppet, föreslår att området är påverkat från tidigare dumpningar.

Fördelningen av metaller i plan och djup i de undersökta stationerna varierar (Figur 3 - 9). Halterna är generellt tämligen konstanta eller minskande mot ytan, med undantag för station 11, 13 och 14 där en ofta kraftig ökning kan konstateras i det översta skiktet (0-2 cm). Belastningen med avseende på Zn och i viss mån Cd, har generellt avtagit med tiden. Jämfört med uppskattade bakgrundshalter eller halter i Östersjöns ytsediment så är halterna i de undersökta sedimenten förhöjda (Tabell 1).

Fördelningen av metaller i plan och djup i de undersökta stationerna varierar (Figur 3 - 9). Halterna är generellt tämligen konstanta eller minskande mot ytan, med undantag för station 11, 13 och 14 där en ofta kraftig ökning kan konstateras i det översta skiktet (0-2 cm). Belastningen med avseende på Zn och i viss mån Cd, har generellt avtagit med tiden. Jämfört med föreslagna bakgrundshalter är halterna av samtliga metaller förutom Ni tydligt förhöjda. Jämfört med Naturvårdsverkets ”jämförvärden” kan en påverkan beträffande As, Hg och Ni från punktkälla endast misstänkas i enstaka prov. Beträffande Cd, Cu och Pb är påverkan att betrakta som trolig eller stor. Halten av metaller och dioxin har varierat över tiden men har ökat kraftigt vid 3 stationer (stn 11, 14 och K2).

Metaller förefaller generellt att spridas från Oskarshamn till ackumulationsbottnar öster och söder om hamnområdet. I termer av stabila blyisotoper kan spridningen av Pb sägas vara odiskutabel.

Spridningen av dioxin har undersökts i endast liten omfattning. Erhållna resultat föreslår dock att spridningen söderut från Oskarshamn är obetydlig.

INNEHÅLL

| | |
|---------------------------------------|-----------|
| SAMMANFATTNING | 2 |
| 1 BAKGRUND..... | 4 |
| 2 MÅLSÄTTNING..... | 4 |
| 3 MATERIAL OCH METODER..... | 4 |
| 4 RESULTAT OCH DISKUSSION..... | 6 |
| 4.1 METALLER | 6 |
| 4.2 STABILA BLYISOTOPER..... | 9 |
| 4.3 DIOXINER | 12 |
| 4.4 DATERING | 15 |
| 5 SLUTSATSER..... | 16 |
| 6 REFERENSER..... | 17 |

1 Bakgrund

Ett antal undersökningar i Oskarshamns hamnområde har visat på stora föroreningsmängder i sedimenten. De högsta halterna av metaller och dioxiner har rapporterats i området närmast utanför det gamla kopparsmältverket där sedimenten dessutom, jämfört med andra delar av hamnområdet, har en avvikande sammansättning och textur. Enligt resultat från genomförda undersökningar och modellansatser kan en spridning till områden utanför hamnbassängen förutsättas. Inom ramen för det pågående Oskarshamnsprojektet har en batymetrisk undersökning visat på förekomst av mjuka bottnar öster och söder om hamninloppet. Dessa bottnar kan förväntas ackumulera metaller och dioxiner från hamnen, förutsatt att en spridning pågår.

2 Målsättning

Målsättningen för den här redovisade kompletterande undersökningen har varit att klargöra om metaller och dioxiner från Oskarshamns hamn kan påvisas i ackumulationsbottnar öster och söder om hamnen, dvs. att påvisa en tidigare och/eller pågående spridning.

3 Material och metoder

Sedimentprover inhämtades med gravitationsprovtagare från sex (6) stationer öster och söder om inloppet Oskarshamns hamn (Figur 1, karta). Propparna skivades i 2 cm tjocka skikt och prov från ett antal nivåer per station sändes för analys. Förutsatt att ett sediment inte utsätts för omblandande processer speglar analyser av material från olika sedimentnivåer ackumulation under olika tidsperioder. Ytskiktet speglar en pågående och i tiden sen ackumulation, medan djupare nivåer speglar en tidigare ackumulation.

I en första analysomgång analyserades huvudkomponenter och spårämnen, TS, GR samt stabila blyisotoper i prov från samtliga sex stationer. Stabila blyisotoper analyserades med syftet att avgöra om ackumulerat bly härrör från Oskarshamn (för detaljer om tekniken se rapport Oskarshamns hamn 2004:10). I en andra omgång valdes sedimentprover ut från två av de sex stationerna (station 11 och 14) samt från en kustnära ackumulationsbotten (station 11 och 14 respektive K2 och K4) för kompletterande analyser. Station K2 och K4 provtogs inom ramen för rapport Oskarshamns hamn 2004:18. Prover från den andra analysomgången analyserades med avseende på TS, GR, huvudkomponenter, spårämnen samt dioxiner, alternativt daterades (se nedan). Analyserna gjordes av Analytica AB. Grundämnen analyserades med ICP-teknik efter lakning i 7M salpetersyra i slutet teflonbehållare i mikrovågsugn. Dioxiner analyserades med GC-MS.

Sediment från station K4 daterades genom analyser med avseende på dess aktivitet av ^{210}Pb , ^{226}Ra samt ^{137}Cs genom gammadetektor. Analyser och utvärdering/tolkning utfördes av the Gamma Dating Center, Institute of Geography, University of Copenhagen. Syftet var att avgöra om sedimentationen är störd, samt, om möjligt, att bestämma sedimentets påbyggnadshastighet.



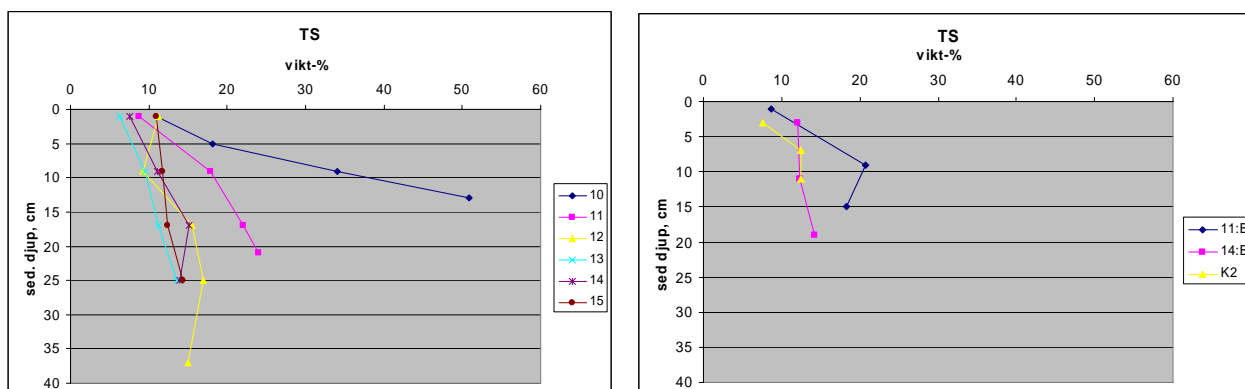
Figur 1. Karta över kustlinjen utanför Oskarshamn med provtagningspunkter.

4 Resultat och diskussion

I fält föreföll samtliga stationer spegla ”normala” ackumulationsbottnar. Stationerna 10 och 11 ligger dock inom ett område som direkt kan ha påverkats av tidigare dumpningar av muddermassor. Detta styrktes av att i en av två proppar från station 10 nåddes mycket ljus lera (glaciallera?) på ca 15 cm djup. Denna understa nivå är inte analyserad. De höga TS-halterna i station 11 och framförallt 10, föreslår andra sedimentationsförhållanden i dessa stationer jämfört med övriga, se Figur 2. Samtliga proppar luktade svavelväte på djupare nivåer. De uppmätta halterna i de två propparna från station 11 (i figuren station 11 samt 11:B) varierar sinsemellan av den omfattningen att man måste betrakta dessa som två olika stationer. Med detta följer att området ca 2 km öster om hamninloppet troligen är påverkat från tidigare dumpningar och att stora lokala haltvariationer finns i plan och djup.

4.1 Metaller

Fördelningen av metaller i plan och djup i de undersökta stationerna varierar (Figur 3 - 9). Halterna är generellt tämligen konstanta eller minskande mot ytan, med undantag för station 11, 13 och 14 där en ofta kraftig ökning kan konstateras i det översta skiktet (0-2 cm). Belastningen med avseende på Zn och i viss mån Cd, har generellt avtagit med tiden. Jämfört med uppskattade bakgrundshalter eller halter i Östersjöns ytsediment så är halterna i de undersökta sedimenten förhöjda (Tabell 1).



Figur 2. Torrsubstans, TS % av total, i ackumulationsbottnar utanför Oskarshamns hamn. Siffror i legenden refererar till de undersökta stationerna

De totala halterna är dock inte påfallande höga. I Tabell 1 görs även en jämförelse med Naturvårdsverkets ”jämförvärde för förorenade havssediment”. Enligt tabellen, beträffande As, Hg och Ni, kan en påverkan av punktkälla endast misstänkas i ett eller två prov. Beträffande Cd, Cu och Pb är påverkan att betrakta som trolig eller stor. Zn intar en mellanställning mellan dessa två grupper.

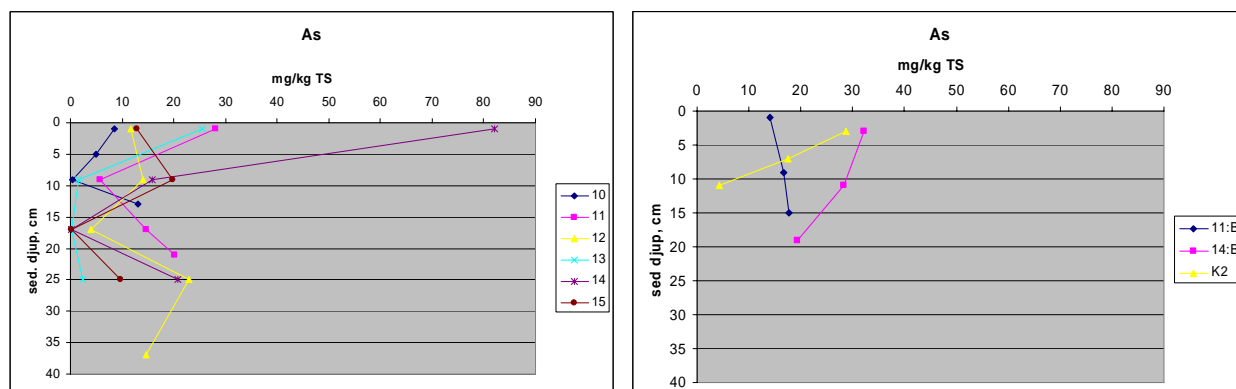
Station K2 avviker från de övriga genom att halterna av samtliga metaller ökar uppåt mot sedimentytan.

Tabell 1. Bakgrundshalter, ytsedimenthalter samt jämförvärden för förorenade havssediment avseende påverkan från punktkälla (Naturvårdsverket, Rapport 4918, 1999)

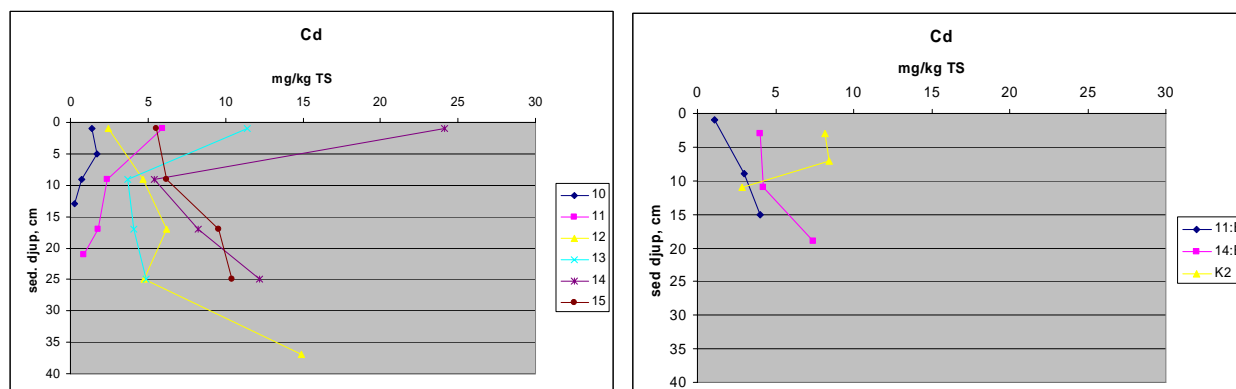
| Ämne | Bakgrunds- halter ¹ | Östersjöns ytsediment ² | Ingen eller liten påverkan | Trolig påverkan | Stor påverkan | Mkt stor påverkan |
|------|-----------------------------------|---------------------------------------|----------------------------------|--------------------|---------------|----------------------|
| As | 10 | 15 | < 45 | 45 - 230 | 230 - 1 200 | > 1 200 |
| Cd | 0,4 | 2,9 | < 3 | 3 - 15 | 15 - 75 | > 75 |
| Hg | 0,1 | 0,1 | < 1 | 1 - 5 | 5 - 25 | > 25 |
| Cu | 20 | 63 | < 80 | 80 - 400 | 400 - 2 000 | > 2 000 |
| Pb | 10 | 71 | < 110 | 110 - 550 | 550 - 3 000 | > 3 000 |
| Ni | 30 | 49 | < 100 | 100 - 500 | 500 - 2 500 | > 2 500 |
| Zn | 175 | 360 | < 360 | 360 - 1 800 | 1 800 - 9 000 | > 9 000 |

¹Naturvårdsverket (1991)

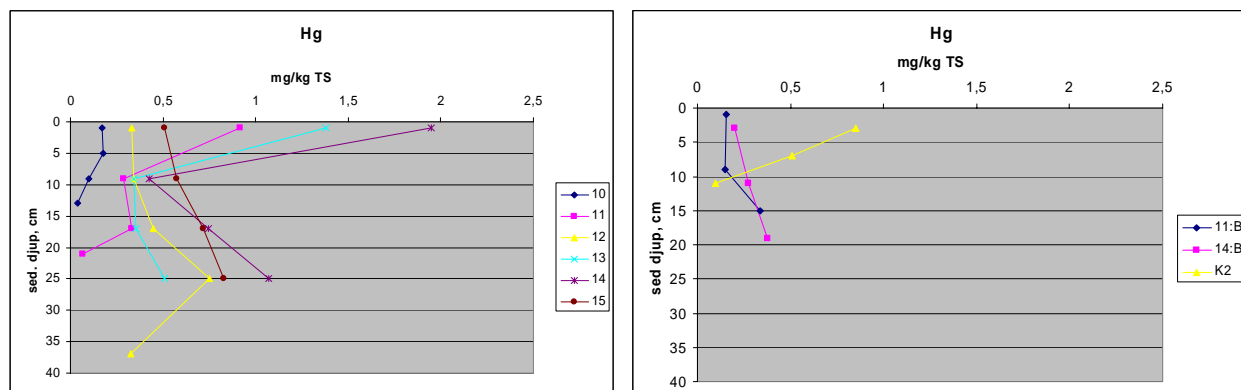
²medelvärde för "Baltic proper" (Borg & Jonsson, 1996)



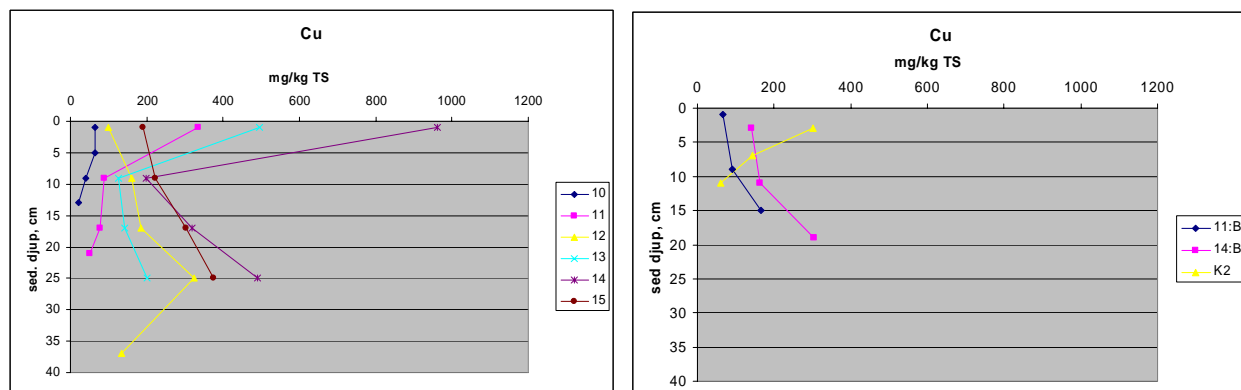
Figur 3. Fördelningen av As i ackumulationsbottnar utanför Oskarshamns hamn. Siffror i legenden refererar till de undersökta stationerna.



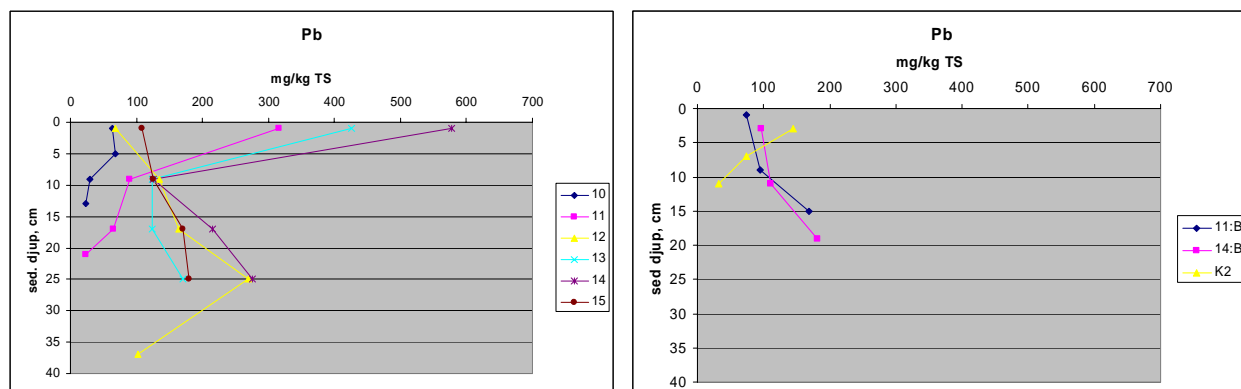
Figur 4. Fördelningen av Cd i ackumulationsbottnar utanför Oskarshamns hamn. Siffror i legenden refererar till de undersökta stationerna



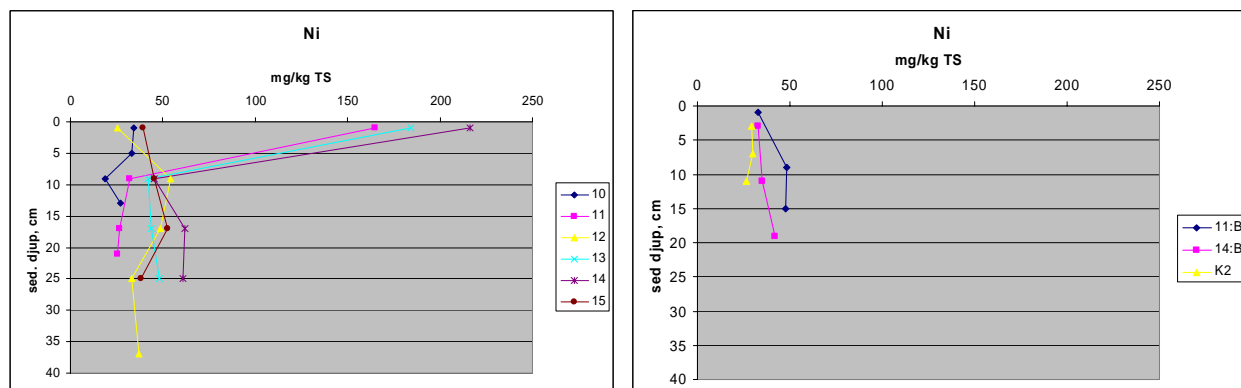
Figur 5. Fördelningen av Hg i ackumulationsbottnar utanför Oskarshamns hamn. Siffror i legenden refererar till de undersökta stationerna



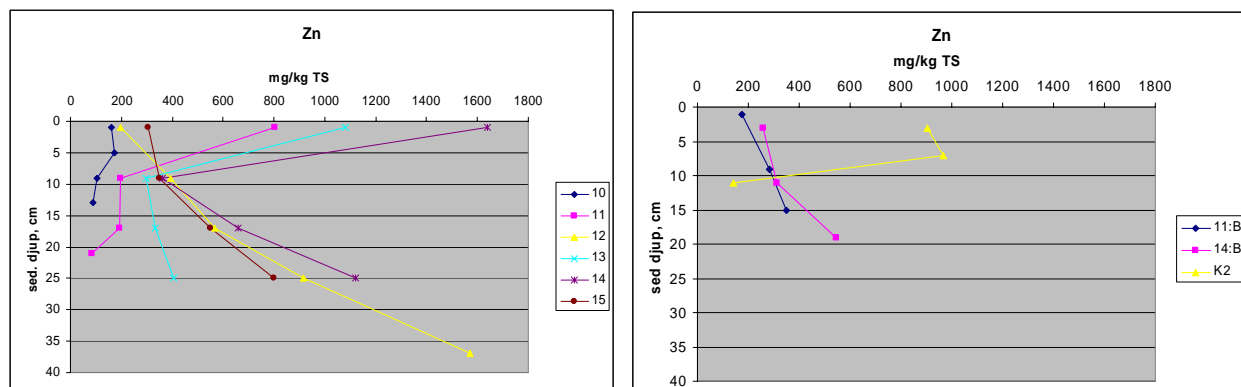
Figur 6. Fördelningen av Cu i ackumulationsbottnar utanför Oskarshamns hamn. Siffror i legenden refererar till de undersökta stationerna



Figur 7. Fördelningen av Pb i ackumulationsbottnar utanför Oskarshamns hamn. Siffror i legenden refererar till de undersökta stationerna



Figur 8. Fördelningen av Ni i ackumulationsbottnar utanför Oskarshamns hamn. Siffror i legenden refererar till de undersökta stationerna

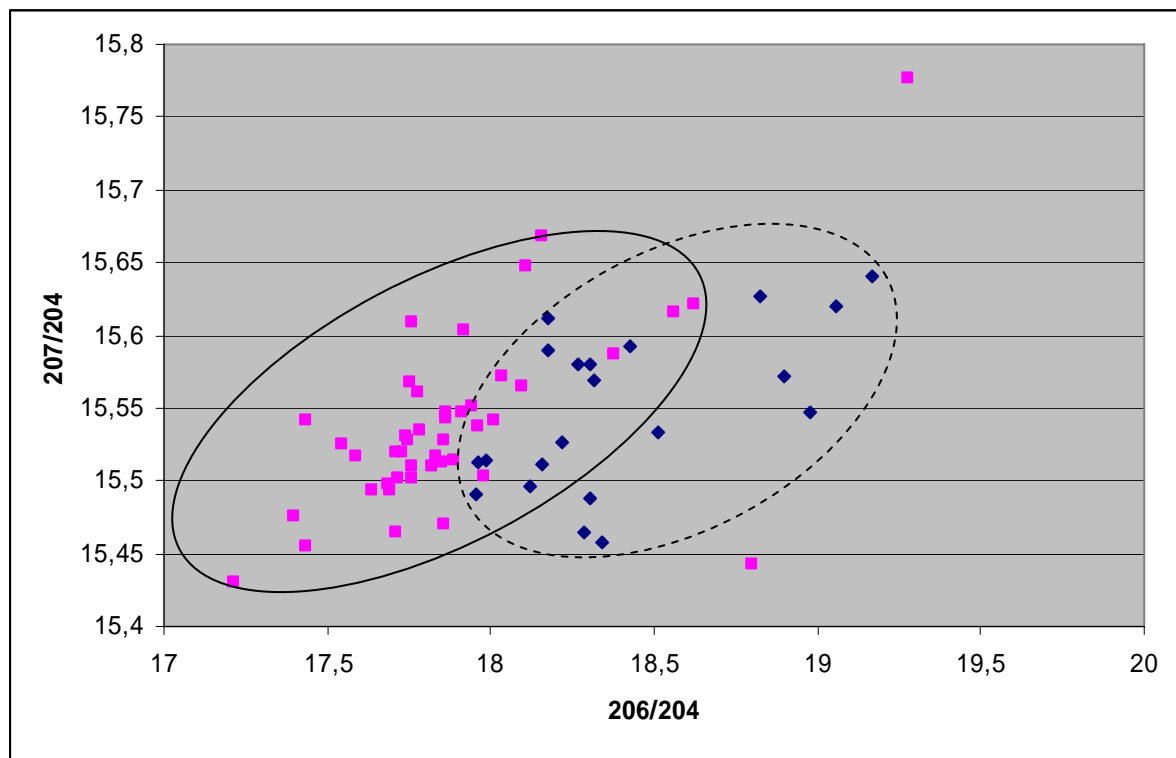


Figur 9. Fördelningen av Zn i ackumulationsbottnar utanför Oskarshamns hamn. Siffror i legenden refererar till de undersökta stationerna

4.2 Stabila blyisotoper

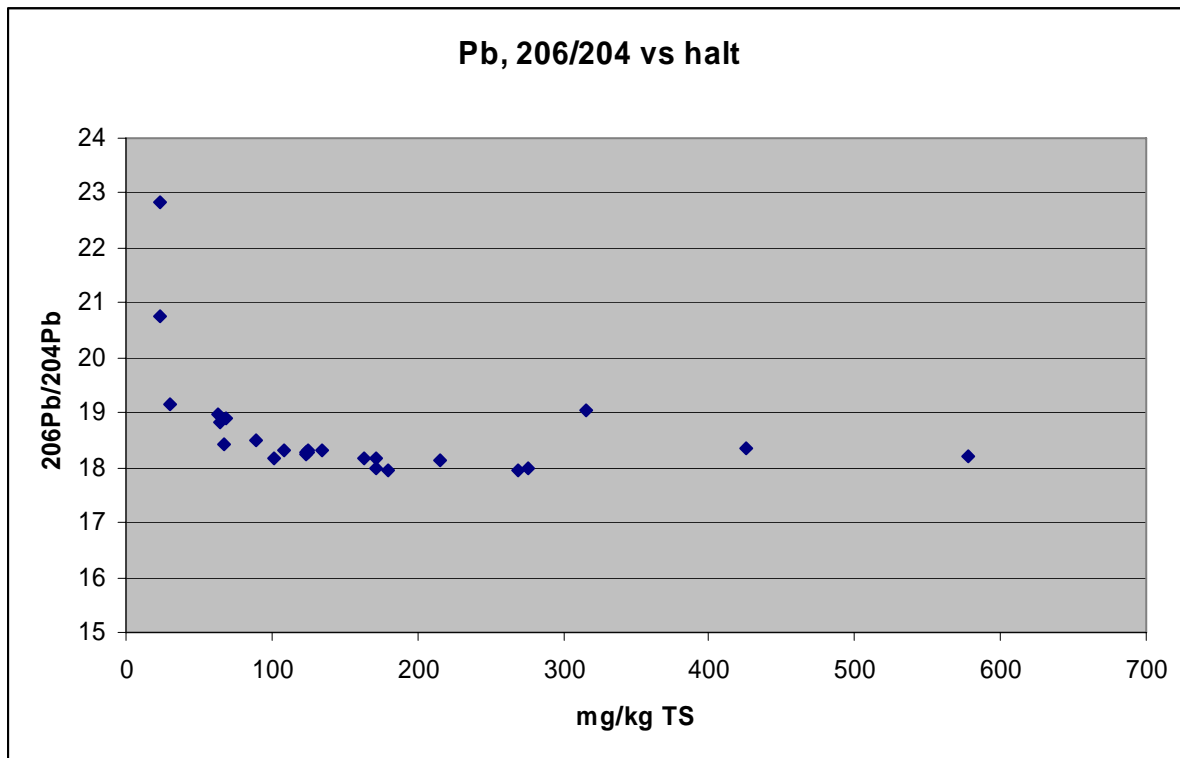
Bly förekommer naturligt i fyra olika isotopa former, ^{204}Pb , ^{206}Pb , ^{207}Pb och ^{208}Pb . Av dessa nybildas de tre senare med olika hastigheter genom radioaktiva sönderfall. Detta innebär att kvoten mellan nybildade isotoper och ^{204}Pb ökar med tiden. Förhållandena mellan dessa isotoper varierar från geologiskt system till geologiskt system, och därför mellan olika blykällor (gruvor). Enligt Althin (1955) har stora delar av de kiser som direkt eller indirekt processats i Oskarshamn sitt ursprung i norska sulfidmalmer från Sulitelma, en del av de norska Kaledoniderna, samt under den senare delen av produktionen även finska malmer. Björlykke et al. (1993) och Bjerkegård & Björlykke (1996) har i termer av kvoter av stabila blyisotoper bestämt sammansättningen av norska kaledoniska malmer ($206/204 = 17,5 - 19,2$ respektive $207/204 = 15,4 - 15,7$) vilka med mycket god överensstämmelse matchar kvoterna i den fasta fasen i sediment från Oskarshamns hamn (Oskarshamns hamn 2004:10).

I Figur 10 har de beräknade $^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ - och $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ -kvoterna från den här rapporterade undersökningen samt från den tidigare undersökningen i hamnområdet plottats in. De båda punktsvärmarna överlappar till delar varandra, vilket tyder på att källan till delar kan vara den samma i hamnområdet som i de yttre områdena.



Figur 10. Förhållandet mellan $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ - och $^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ kvoterna i sediment från yttreområdet (blå diamanter) och i sediment från hamnområdet (cerisa fyrkanter)

I Figur 11 har $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ - kvoten plottats mot totalhalter i de provtagna stationerna. I prover där blyhalterna är större än ca 100 mg/kg TS (och därmed det relativa bidraget från andra, tex. naturliga, källor är litet) är kvoten ca 18,2.

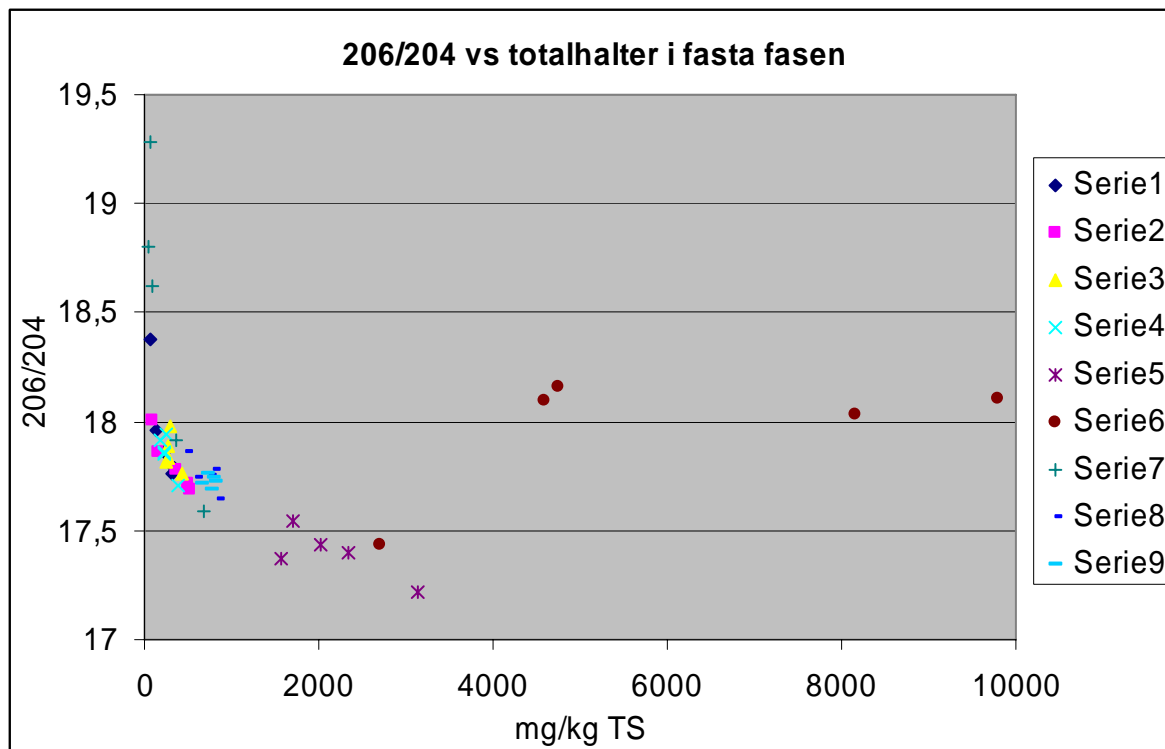


Figur 11. $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ vs totalhalter i sedimentprover från ytterområdet

Figur 12 är hämtad från rapporten Oskarshamns hamn 2004:10. I figuren har de beräknade $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ kvoterna från respektive station från hamnområdet plottats mot totalhalterna. Figur 12 föreslår att bly från olika källor förekommer i sedimenten i Oskarshamns hamn. Högst halter har uppmätts i station 6 utanför det gamla kopparsmältverket, där också kvoterna varierar minst kring ca 18,2. Det förefaller därför sannolikt att blyet i de provtagna ackumulationsbottarna öster och söder om Oskarshamn härrör från det gamla kopparsmältverket i Oskarshamn.

Vilka andra blykällor kan förväntas påverka blyisotopkvoterna i området, dvs. vilka felkällor finns till tolkningen ovan? Naturligt bly i ett geologiskt "öppet system" kan förklara kvoterna i prov med halten 50 – 100 mg/kg TS, enligt Cumming & Richards (1975), men inte i de prov där halterna är högre. Bly omsatt i teknosfären, tex. som blytillsatser i bensin, finns vitt spritt över stora delar av norra halvklotet. Claesson mätte Pb-isotoper i luftfilter i Stockholm under två perioder och beräknade kvoter. Under februari 1991 var kvoten $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ 17.26 och under februari- oktober var kvoten 16,92 dvs. klart lägre än kvoten utanför Oskarshamn (Stefan Claesson, pers. kom.). Östlund & Sternbeck (2001) mätte isotoper och beräknade kvoter i mer än 100 prover från Stockholms innerstads sediment. Kvoten $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ i Stockholm, i prov där halterna är större än 150 mg/kg TS, liknar de i Oskarshamn med halter större än 100 mg/kg TS, men är något lägre (medel Stockholm = 17,82 (n = 50), medel Oskarshamn = 18,23 (n = 17)).

Det förefaller därför högst troligt att andra källor än Oskarshamn endast i ringa omfattning påverkar resultaten och därmed tolkningen ovan.

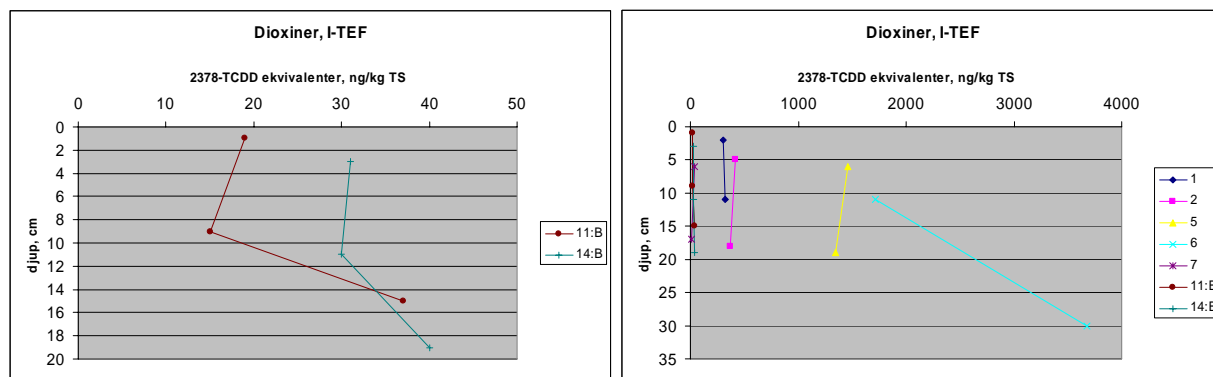


Figur 12. Kvoten $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ (206/204 i figuren) vs totalhalter i den fasta fasen för de olika 9 stationerna ("Serie" i figuren).

4.3 Dioxiner

Dioxiner har analyserats i tre stationer från ytterområdet, station 11:B, 14:B samt K2. På grund av den tillgängliga provmängden kunde massan dioxiner per massa torrt sediment endast rapporteras för station 11:B och 14:B. Rapporteringen av dioxiner i station K2 ges därför som massa dioxiner per liter provupplutning.

I Figur 13a har beräknade summa 2,3,7,8-TCDD-ekvivalenter i station 11:B och 14:B plottats. Halterna är att betrakta som mycket låga. I Figur 13b redovisas även de uppmätta halterna från stationer i hamnbassängen (rapport Oskarshamns hamn 2004:10).



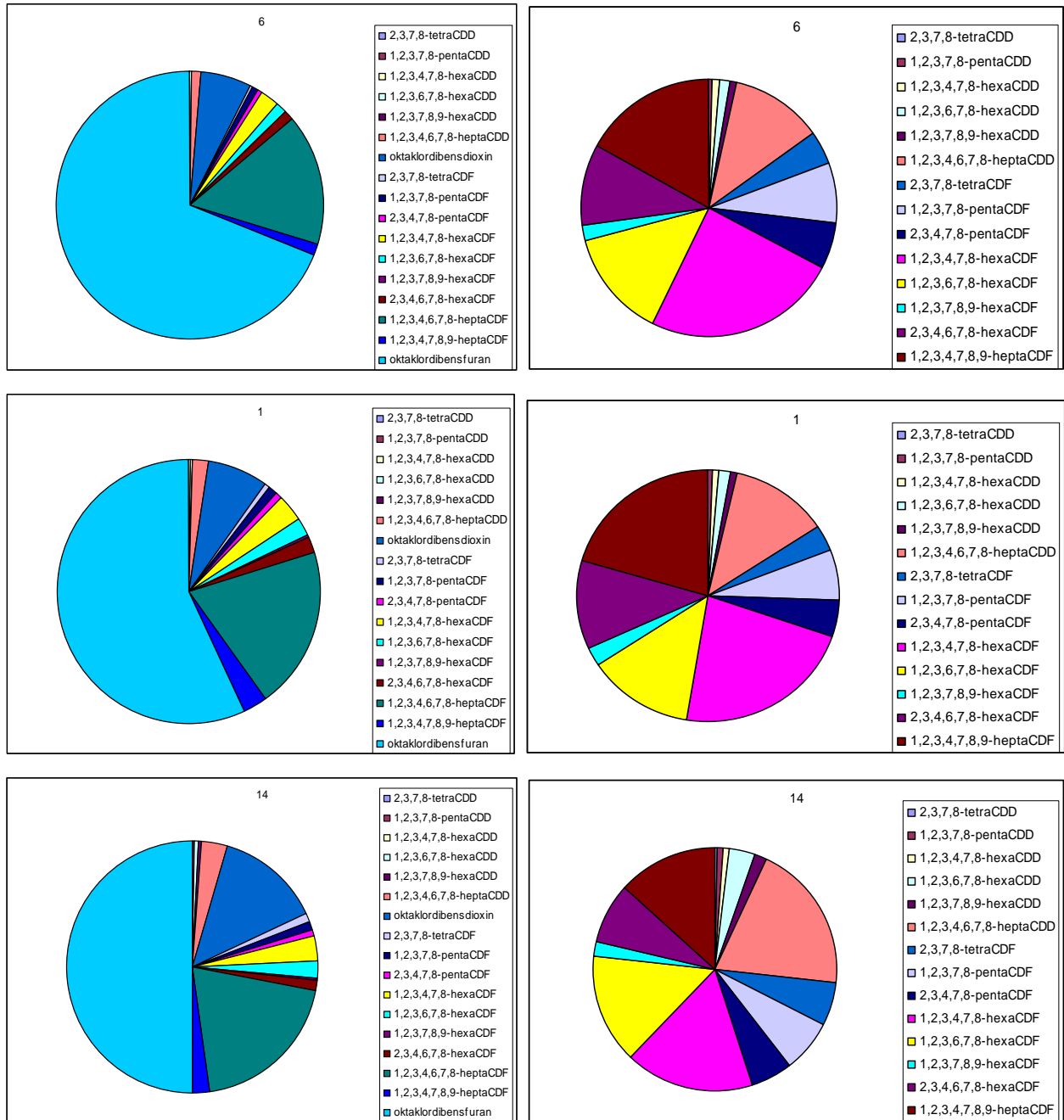
Figur 13 a och b. Dioxiner i termer av 2,3,7,8-TCDD-ekvivalenter i station 11:B och 14:B samt i stationer från den inre bassängen (se rapport Oskarshamns hamn 2004:10)

Förhållandet mellan dioxinernas olika konjener ger en indikation av vilken källa är, tex. sedimenten utanför det gamla kopparsmältverket (se rapport Oskarshamns hamn 2004:10). I Figur 14 jämförs förhållandet mellan olika dioxinkonjener i sedimentprov på 11 cm djup från station 1, 6 samt 14. Syftet med jämförelsen är att spåra likheter som kan föreslå en gemensam källa, dvs. spridning från sedimenten vid den station där halterna är som högst (station 6), till t ex station 1 och 14. Totalhalterna uttryckta som 2,3,7,8-TCDD-ekvivalenter är i de aktuella proverna:

| station | Summa 2,3,7,8-TCDD-ekvivalenter (ng/kg TS) |
|---------|--|
| 1 | 320 |
| 6 | 1 710 |
| 14 | 30 |

Två olika underlag för tolkning har provats. I det första har samtliga rapporterade konjener tagits med, Figur 14 a. Den tydligaste skillnaden mellan de olika stationerna utgörs av den varierande andelen oktaklorerade konjener. När de mängdmässigt dominerande konjenerna, 1,2,3,4,6,7,8-heptaCDF, oktaklordibensfuran samt oktaklordibensdioxin, utesluts från analysen framkommer en något annorlunda bild (Figur 14 b). Figur 14 b föreslår att källan till dioxinerna i station 1 och 6, samt sannolikt 14, är den samma. De låga totalhalterna i station 14 medför att ett mycket litet bidrag från en annan källa radikalt kan ändra sammansättningen. Den eventuella kompletterande källan till dioxiner i station 14 saknar betydelse vid beaktande av de låga totalhalterna.

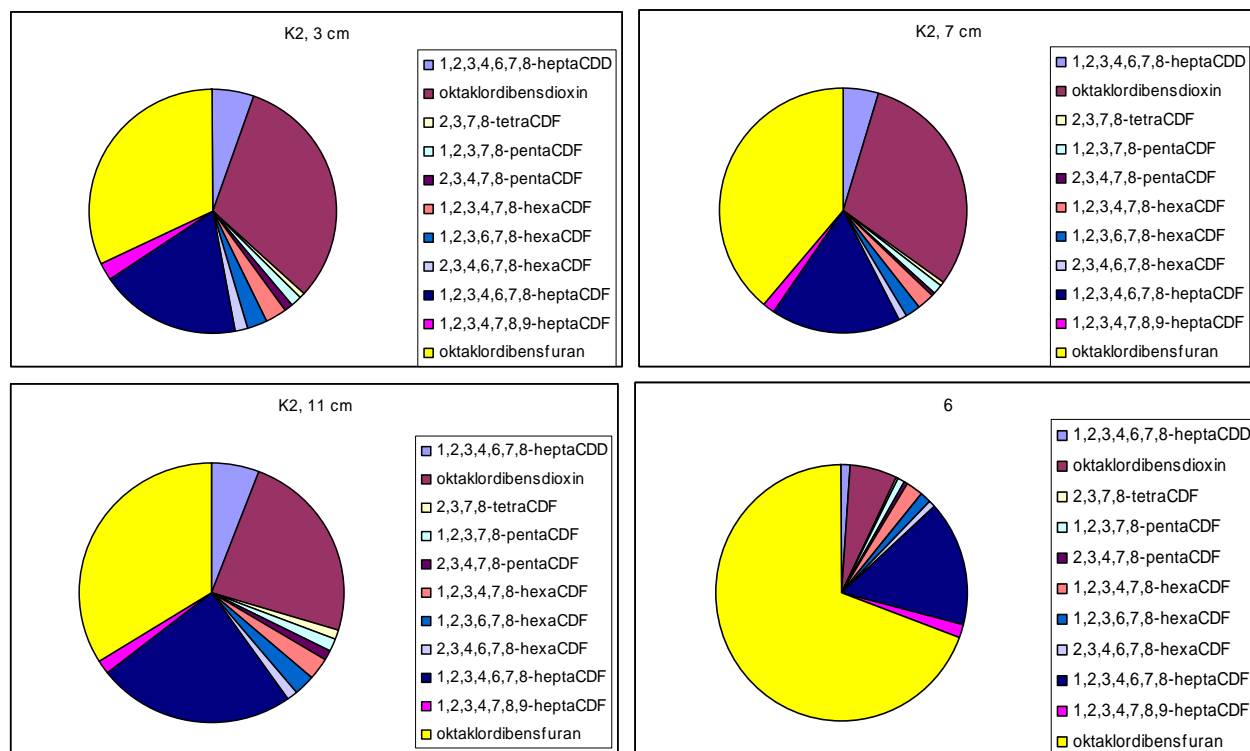
Jämförelsen av den relativa andelen av olika konjener gör det även möjligt att jämföra resultaten från station K2 med övriga (Figur 15). I Figur 15 jämförs konjener i de prov där rapporterade halter var över laboratoriets rapporteringsgränser, dvs. långt ifrån samtliga konjener, med motsvarande sammansättning i prov från station 6. Av figuren framkommer tydligt att sammansättningen är den samma på olika nivåer i K2 samt att den är avvikande från sammansättningen i station 6. Källan till dioxiner i station K2 förefaller därför inte vara Oskarshamns hamn.



Figur 14a

Figur 14b

Figur 14 a och b. Den relativa fördelningen av dioxinkonjener i sediment på 11 cm djup från station 6, 1 och 14. I figur 14 a är samtliga konjener representerade medan 1,2,3,4,6,7,8-heptaCDF, oktaclordibensfuran, oktaclordibensdioxin är uteslutna från 14 b.



Figur 15. Den relativa fördelningen av dioxinkonjener i sediment på olika djup från station K2 samt på 11 cm djup från station 6. I figuren är de konjener där rapporteringsgränsen inte överträffas i samtliga prov uteslutna.

4.4 Datering

För en lyckad datering av en sedimentpropp krävs att ett stort antal nivåer (> 10) analyseras. Av detta skäl kunde inte proppen från station K2 användas. I stället daterades en propp från station K4, från samma område som K2. Resultaten visade på ett svagt avtagande av ^{210}Pb med djupet, vilket tyder på hög sedimentackumulation. Förhöjda halter av ^{137}Cs uppmättes i de övre 15 cm av proppen. Genomförda beräkningar utifrån analyser av ^{210}Pb föreslår att sedimentationshastigheten är $0,49 \pm 0,19 \text{ kg m}^{-2} \text{ y}^{-1}$ (motsvarande $2,9 \pm 1,2 \text{ mm y}^{-1}$).

Resultatet styrks av att den uppmätta ^{137}Cs -aktiviteten motsvarar 1986, som en följd av Tjernobyl-olyckan. Resultaten bedöms därför vara av god kvalitet.

Dateringen innebär att sedimenten vid station K4 inte är fysiskt omblandade och att en obruten sedimentation kan förmodas.

Om samma sedimentationsförhållanden och hastighet förutsätts vid station K2 som vid K4, så har de med avseende på metaller och dioxiner översta 11 cm sediment avsatts efter 1990. Under denna period har samtliga undersökta metaller och dioxin ökat 2 till 10 gånger.

Tabell 2. Sedimentdjup vs ålder och halt ^{137}Cs i station K4

| Djup | Ålder | osäkerhet ålder | År | Cs-137 | osäkerhet Cs-137 |
|------|-------|--------------------|------|---------------------|---------------------|
| cm | y | y | y | Bq kg ⁻¹ | Bq kg ⁻¹ |
| 1 | 1 | 0 | 2003 | 90 | 9 |
| 3 | 3 | 1 | 2001 | 92 | 6 |
| 5 | 5 | 2 | 1999 | 107 | 9 |
| 7 | 7 | 3 | 1997 | 112 | 8 |
| 9 | 10 | 4 | 1994 | 114 | 7 |
| 11 | 13 | 5 | 1991 | 114 | 7 |
| 13 | 16 | 6 | 1988 | 118 | 6 |
| 15 | 20 | 8 | 1984 | 108 | 6 |
| 18 | 29 | 11 | 1975 | 70 | 5 |
| 22 | 42 | 17 | 1962 | 39 | 5 |

5 Slutsatser

Fördelningen av metaller i plan och djup i de undersökta stationerna varierar (Figur 3 - 9). Halterna är generellt tämligen konstanta eller minskande mot ytan, med undantag för station 11, 13 och 14 där en ofta kraftig ökning kan konstateras i det översta skiktet (0-2 cm). Belastningen med avseende på Zn och i viss mån Cd, har generellt avtagit med tiden. Jämfört med föreslagna bakgrundshalter är halterna av samtliga metaller förutom Ni tydligt förhöjda. Jämfört med Naturvårdsverkets "jämförvärden" kan en påverkan beträffande As, Hg och Ni från punktkälla endast misstänkas i enstaka prov. Beträffande Cd, Cu och Pb är påverkan att betrakta som trolig eller stor. Zn intar en mellanställning mellan dessa två grupper.

Halten av metaller och dioxin har varierat över tiden men har ökat kraftigt vid 3 stationer (stn 11, 14 och K2).

Metaller förefaller generellt att spridas från Oskarshamn till ackumulationsbottnar öster och söder om hamnområdet.

I termer av stabila blyisotoper kan spridningen av Pb sägas vara odiskutabel.

Spridningen av dioxin har undersökts i liten omfattning. Resultaten visar dock att spridningen söderut från Oskarshamn är obetydlig.

Station K2 avviker från de övriga genom att halterna av samtliga metaller ökar uppåt mot sedimentytan.

Stora variationer beträffande mellan sedimentproppar från samma område, ca 2 km öster om hamninloppet, föreslår att området är påverkat från tidigare dumpningar.

6 Referenser

- Althin, T. 1955. Reymersholmsbolaget. Reymersholms gamla industri aktiebolag, Hälsingborg.
- Bjerkegård, T. & Björlykke, A., 1996. Sulfide Deposits in Folldal, Southern Trondheim region Caledonides, Norway: Source of Metals and Wall-Rock Alterations Related to Host Rocks. *Economic Geology* 91:676-696.
- Björlykke, A., Vokes, F.M., Birkeland, A. and Thorpe, R.I., 1993. Lead isotope systematics of strata-bound sulfide deposits in the caledonides of Norway. *Economic Geology* 88:397-417.
- Borg, H. & Jonsson, P., 1996. Large-scale metal distribution in the Baltic Sea sediments. *Mar. Poll. Bull.* 32:8-21.
- Cumming, G. L. & Rickards, J. R., 1975. Ore lead isotope ratios in a continuously changing Earth. *Earth and Plan. Sci. Lett.*, 28:155-171.
- SCC, 2002. Oskarshamns hamn. Kartering av förorenade sediment. Undersökningsrapport.
- Naturvårdsverket, 1991. Quality criteria for lakes and watercourses.
- Naturvårdsverket, 1999. Metodik för inventering av förorenade områden. Rapport 4918.
- Oskarshamns hamn 2004:10. Kompletterande undersökningar i källområdet. Föroreningar och deras växelverkan med sedimenten i Oskarshamns hamn.
- Östlund, P. & Sternbeck, J., 2001. Total lead and stable lead isotopes in Stockholm sediments. *Water, Air and Soil Pollution*. 1:229-239.