LÄNSSTYRELSEN
VÄSTRA GÖTALANDS LÄN

Sediment i Laxsjön

Halter av miljöfarliga ämnen

Rapport 2012:47

Rapportnummer: 2012:47

ISSN: 1403-168X

Författare: Fredrik Gunnarsson, Ann-Sofie Wernersson (Länsstyrelsen Västra Götaland)

Övriga projektdeltagare: Cecilia Niklasson, Henrik Bengtsson (Länsstyrelsen Västra Götaland) och Per Johnsson (JP Sedimentkonsult)

Synpunkter har även lämnats av Elisabeth Morales och Siv Hansson (Länsstyrelsen Västra Götaland)

Foto: Cecilia Niklasson och Ann-Sofie Wernersson

Framsida: Foto över Laxsjön och provtagningsbåt/utrustning

Utgivare: Länsstyrelsen i Västra Götalands län, Vattenvårdsenheten

1. Sammanfattning

Denna rapport presenterar resultat från den sedimentprovtagning som gjordes den 14-15 juni 2011 för att ta fram underlag för kemisk och ekologisk statusklassning. Provtagningen var även ett led i att ta fram och utvärdera en kommande vägledning: Operativ övervakning av miljögifter – Praktisk vägledning.

Ytsedimenten i Laxsjön har undersökts på fem lokaler och främst två av dessa bedöms vara påverkade av miljöfarliga ämnen. Den ena lokalen (LX2), visade på tydligt förhöjda halter av framförallt DEHP, koppar och klorerade substanser: dioxiner, klorparaffiner (C14-16), PCP och PCB. I ett nationellt perspektiv anses halterna av DEHP, koppar och dioxiner höga men uppföljande studier behöver göras för att undersöka historiska trender och biotillgänglighet av dessa ämnen. I den andra påverkade lokalen (LX4) påträffades något förhöjda halter av PCBer, vissa PAHer och TBT. Resultaten utvärderades också med avseende på risk för effekter och en preliminär bedömning av status enligt vattenförvaltningsförordningen. Halten av DEHP i LX2 indikerar risk för effekter (sänkt status) på sedimentlevande organismer. Halterna av TBT, och nickel överskrider de nivåer som kan tänkas ge effekter, men detta gäller på samtliga lokaler och troligen även för ett stort antal platser i Sverige.

Som kompletterande studier till de kemiska analyserna gjordes även cellbaserade tester. In vitro testet ”DR CALUX” bekräftade de kemiska analysresultaten för dioxiner, dibenzofuraner och plana PCBer efter framräkning av $TCDD_{ekv}$, dvs. att det främst är LX2 som är belastad av den här typen av stabila substanser. Dioxinlika effekter kan dock även uppstå till följd av exponering för ett stort antal PAHer varav flera inte normalt ingår i den kemiska analysen. Denna respons kan analyseras med PAH CALUX och detta test gav utslag främst i LX2 och LX4. Responsen i ER CALUX är särskilt förhöjd i LX 4 vilket inte är förvånande med tanke på närvaron av ett reningsverk och att testet ger utslag på östrogena ämnen. Även de andra in vitro testerna, PPAR gamma, Anti-AR och ER CALUX indikerar att det är störst respons i LX2 och LX4.

2. Innehållsförteckning

1. Sammanfattning 2

2. Innehållsförteckning 3

3. Förklaringar 5

4. Syftet med provtagningen 6
   4.1. Relevanta ämnesgrupper 6

5. Information om Laxsjön och verksamheter 7
   5.1. Verksamheter 7

6. Provtagning, utrustning och analyser 8
   6.1. Provtagning och utrustning 8
   6.2. Analyser och provberedning 10
      6.2.1. Analyserade ämnen 11
      6.2.2. Prioriterade ämnen 11
      6.2.3. Cellbaserade analyser 11

7. Resultat 12
   7.1. Ämnesvis redogörelse 12
      7.1.1. Metallanalyser 12
      7.1.2. Analys av klorparaffiner 14
      7.1.3. Analys av pentaklorfenol 15
      7.1.4. Analys av dioxiner och dioxinliknande ämnen 15
      7.1.5. Analys av perfluorerade ämnen (PFC) 17
      7.1.6. Analys av ftalater 18
      7.1.7. Analys av PAHer 18
      7.1.8. Analys av nonyl- och oktylfenol 19
      7.1.9. Analys av tennorganiska substanser 19
      7.1.10. Analys av torrsubstans och TOC 20
      7.1.11. Sammanfattning av resultat 20

8. Preliminär bedömning av status 21
   8.1. Utvärdering av kemisk status med avseende på prioriterade ämnen 21
      8.1.1. Prioriterade PAHer 21
      8.1.2. DEHP 23
      8.1.3. Kadmium 24
      8.1.4. Kvicksilver 24
      8.1.5. Bly 24
      8.1.6. Nickel 25
      8.1.7. Tributyltenn 25
      8.1.8. Pentaklorfenol (PCP) 26

8.1.9. Klorparaffiner SCCP (C10-C13) 26
8.1.10. Alkylfenoler 26
8.2. Utvärdering av ekologisk status med avseende på potentiellt särskilt förorenande ämnen (SFÄ) 27
8.2.1. Zink 27
8.2.2. Koppar 28
8.2.3. Krom 28
8.2.4. Perfluorerade ämnen 28
8.2.5. Dioxiner och dioxinlika PCBer 28

9. Kompletterande effektbaserad metodik för bedömning av status och påverkan 29
9.1. Effekten av polyaromatiska kolväten (PAH) 29
9.2. PPAR- gamma 30
9.3. Anti-androgen respons 31
9.4. Östrogen respons 32

10. Sammanfattande slutsatser och rekommendationer 33

11. Källor 34

Bilaga 1. Lista över analyserade substanser 36

Bilaga 2. Bottenundersº kningar i Laxsjº n

Bilaga 3. Analysprotokoll

Bilaga 4. Provtagningsformulär

. ƛƒl·∃l· нΣ o ƧŎK п Ŧƛyÿã LJň ǿǿǿφƒl·ÿãăǘèNJŜƒăŜÿφăŜкØl·ăǘNJl·∃Ƨǘl·ƒl·yŘ dzyŘŜNJ LJdzōƒƛʅl·ǘƛƧyŜNJΣ NJl·LJLJƧNJǘ нлмнYпт

3. Förklaringar

A,B,C-verksamhet -	Enligt förordningen om miljöfarlig verksamhet och hälsoskydd tillstånds- och anmälningspliktiga verksamheter. A innebär prövning hos Miljödomstolen, B prövning hos Länsstyrelsen medan C är anmälningspliktiga till miljö- och byggnadsnämnden.
CALUX -	CALUX (Chemical Activated Luciferase gene eXpression) är en bred benämning på cellbaserade effektanalyser som använder vissa substansers förmåga att binda till olika receptorer i exponerad cell.
CIRCA -	Communication & information resource centre administration, EU-kommissionens webbaserade plattform för informationsbyte.
EMIR -	Länsstyrelsens emissionsregister över punktkällor.
EqP -	Equilibrium partition method (jämviktsfördelnings- metodik).
EQS -	Environmental quality standard, bedömningsgrunder enligt annex X i vattendirektivet (2000/60/EG) respektive (2008/105/EG). Dessta värden utgör grunden för kemisk statusklassning.
GV_{sed} -	Av Naturvårdsverket föreslaget gränsvärde, beräknat för ämnen som förväntas ackumuleras i sediment.
MCCP -	Klorparaffiner (C14-C17): (Medium chained chloroparaffines).
SCCP -	Klorparaffiner (C10-C13): (Short chained chloroparaffines).
MIFO -	Metodik för inventering av förorenade områden. Ett förorenat område kan vara en deponi, mark, grundvatten eller sediment som är så förorenat av en punktkälla så att halterna vida överskrider bakgrundshalter av föroreningarna. Resultatet av riskbedömningen inordnas i en av fyra riskklasser: Från 1 (mycket stor risk) till 4 (liten risk). Referens till MIFO-metodik finns på Naturvårdsverkets webbplats. Se källförteckning.
$MPA_{sediment}$ -	Maximum permissible addition, gränsvärde för sediment listat i bakgrundsmaterialet till 2008/105/EG. SDS, CIRCAs webbplats.
PNEC -	Predicted no effect concentration.
$PPAR_{gamma}$ -	Peroxisom proliferator gamma.
QS_{bent} -	Quality standard framtaget för bentiska organismer, gränsvärde listat i bakgrundsmaterialet till 2008/105/EG. SDS, CIRCAs webbplats.
Riktvärde -	Effektbaserat värde som tagits fram med hjälp av toxicitetstester på sedimentlevande organismer (Remiss för bedömningsgrunder i marina sediment).
$RV_{sediment}$ -	Riktvärde för sediment beräknat av IVL (Rapport B 1891).
SDS -	Safety data sheet (säkerhetsdatablad).
Triggervärde -	Ett effektbaserat värde som räknats fram genom omvandling från det gränsvärde som finns för biota eller vatten. Värdet är framtaget för att förutom att skydda sedimentlevande organismer även skydda vattenlevande arter, predatorer och människor från sekundär förgiftning. Värdet innebär osäkerheter och ska användas som första kontroll. Uppföljande studier på vatten eller biota bör göras för de platser där triggervärdet överskrids (Remiss för bedömningsgrunder i marina sediment).
TEF -	Toxic equivalent factor (toxisk ekvivalent)
TEQ -	Toxic equivalent quotient (total toxisk ekvivalent)
TOC -	Total organic carbon (totalt organiskt kol)
TS -	Torrsubstans
WHO -	World health organisation (världshälsoorganisationen).

4. Syftet med provtagningen

Syftet med provtagningen var att ta fram underlag som stöd för kemisk och ekologisk statusklassning inom vattenförvaltningen. Detta med avseende på miljögifter i Laxsjön, genom kemiska analyser och cellbaserade tester på ytliga sedimentprover. Provtagningen var även ett led i att ta fram och utvärdera en kommande vägledning[1] för operativ miljöövervakning inom vattenförvaltningen.

4.1. Relevanta ämnesgrupper

De miljögifter som förväntas förekomma i förhöjda halter i sediment i Laxsjön har släppts ut eller använts i omfattande mängder av verksamheter eller annan påverkan intill sjön eller följt med grund- eller avrinningsvatten från mark runtom sjön. Nedan följer exempel på ämnesgrupper som är intressanta att analysera, och en beskrivning av dessa.

- PAHer[2] bildas vid ofullständig förbränning av organiska material, t.ex. vid skogsbränder och i förbränningsmotorer men förekommer även t.ex. i stenkol och petroleumprodukter. PAHer förväntas hittas i större mängder i tätbefolkade områden med omfattande förbränning och användning av fossila bränslen.
- Klorerade ämnen[3]: Bland andra dioxinliknande ämnen[4]: dioxiner, furaner och dioxinliknande plana PCBer.
- Metaller har många olika användningsområden och varierar för olika metaller.
- Ftalater[5], bl.a. DEHP fungerar som mjukgörare i industriella processer och har tidigare använts i produktion intill Laxsjön.
- Alkylfenoler och deras metaboliter kan ha reproduktionsstörande effekter (Balabanic D et al., 2011). De används huvudsakligen i industrier som tensider men även som detergenter och pesticider.
- Perfluorerade ämnen[6] används i material (t.ex. papper och textilier) för att använda ämnenas egenskaper att avvisa både fetter och vatten.

[1] Kontaktperson är Fredrik Andreasson (Länsstyrelsen i Blekinge län).

[2] PAHer är oftast svårlösliga i vatten och hyrofobiciteten för de olika PAHerna ökar med storleken på molekylen. Hydrofobiciteten på stora molekyler gör att de lätt binder till partiklar i vattnet vilket leder till ackumulation i sediment (Newman and Unger, 2003).

[3] Den vanligaste orsaken till påverkan från pappersindustri är framförallt utsläpp av klorerade ämnen samt andra giftiga organiska substanser (Newman and Unger, 2003).

[4] Dioxiner och dioxinliknande ämnen (t.ex. plana PCBer) binder in till Ah-receptorn vilket kan leda till cellförändringar och sin tur till cancer och fosterskador.

[5] Ftalater: Ämnenas kemiska karaktär gör att de lätt urlakas från behandlade artiklar och har hög affinitet för suspenderat material i vatten.

[6] Perfluorerade ämnen används som impregneringsmedel och i vissa rengöringsmedel eftersom de även har smutsavvisande egenskaper. Ämnena är persistenta och halter har visats öka i arktis vilket är ett tydligt tecken på betydande persistens (KEMI).

5. Information om Laxsjön och verksamheter

Laxsjön ligger i Bengtsfors kommun i Dalsland och ingår i Upperudsälven. Sjön är 1653 ha till ytan och har ett maxdjup ca 48 meter enligt sjökort och sedimentundersökning (bilaga 2). Sjön har två slussar, en i norr och en i söder. Sjön är artrik på fisk med bra abborrfiske. Stora mörtar på minst 3 kg fångas varje år (Cinclus C sportfiskeguide). De arter som lever i sjön är: abborre, brax, gädda, lake, löja, mört, sarv, sik, siklöja, sutare, ål och öring. Sjön har tidigare bedömts ha god ekologisk samt kemisk status (exklusive kvicksilver) men riskerar att inte uppnå god kemisk status år 2015 på grund av omkringliggande verksamheter.

5.1. Verksamheter

Två tillståndspliktiga verksamheter med prövning hos miljödomstolen ligger i direkt eller nära anslutning till sjön: Munksjö paper AB Billingsfors och Rexcell Tissue & Airlaid AB. I Billingsfors ligger även Billingsfors avloppsreningsverk. Intill sjön ligger även det nedlagda sågverket Billingsfors Sågverks AB. Ett annat förorenat område är fastigheter ägda av Vattenfall i nära anslutning till sjön som lagrat impregnerade stolpar varifrån arsenik urlakats. Vid Rexcell Tissue & Airlaid fanns tidigare ett sågverk som impregnerat virke. Vid LX2 har även funnits ytterligare ett reningsverk men som inte längre är i bruk. Till Laxsjöns västra del rinner Stenebyälven och mynnar i närheten av LX4. I närheten av Stenebyälven ligger den nedlagda deponin Karls Gärde samt Nolängens avfallsanläggning.

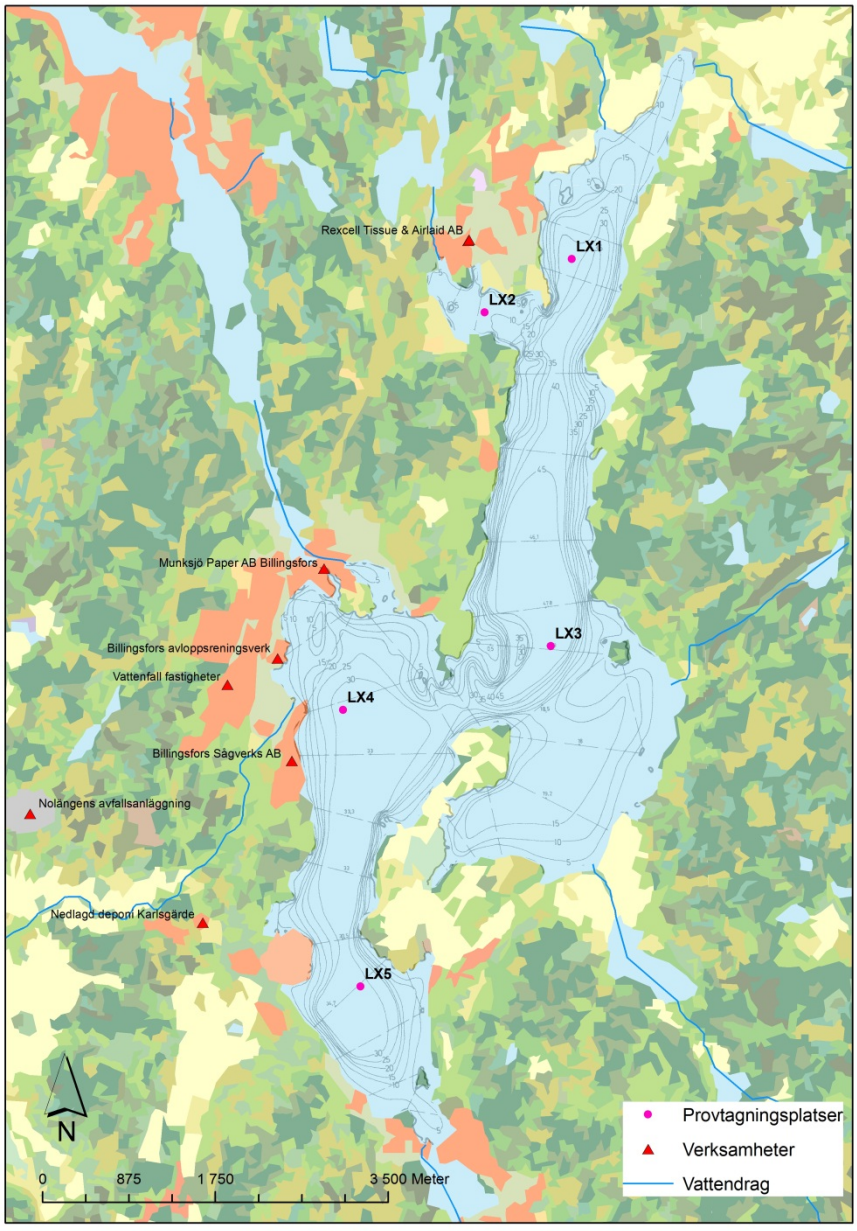


Bild 1. Karta över provtagningspunkter, verksamheter och markanvändning. Sjökort med djupangivelse från Länsstyrelsen i Älvsborgs län 1986

© Lantmäteriet

6. Provtagning, utrustning och analyser

6.1. Provtagning och utrustning

Sedimentprovtagningen genomfördes under 2 dagar (14-15 juni 2011). Under första dagen skannades sjöbottnen med en side scan sonar (bild 2) för att fastställa lämpliga lokaler (ackumulationsbottnar). Detta gjordes med stor försiktighet för att undvika att sonarfisken slog i botten. I samband med sonarkartläggningen användes ekolod för djupbild. Provtagningsbåt med påbyggd vinschställning användes (bild 3). Se bilaga 2 för detaljerad beskrivning och resultat av bottenidentifiering.

Bild 2. Side scan sonar.

Bild 3. Provtagningsbåt: En Perca med provtagningsutrustning i aktern

Utifrån sonarbilder, sjökort och djupdata valdes 5 provtagningspunkter ut (bild 1, tabell 1). Dessa punkter valdes ut för att undersöka bottenpåverkan i de mest belastade områdena, samt för att undersöka generell belastning i sjön. Samtliga provtagningspunkter anses representera vattenförekomsten då ingen av dem ligger i direkt anslutning till en punktkälla.

Tabell 1. Provtagningskoordinater

Provtagningspunkt	Sweref, N	Sweref, E
LX1	6545040	344994
LX2	6543246	343951
LX3	6539542	343814
LX4	6539608	341895
LX5	6537699	342765

Under andra dagen hämtades sediment från dessa 5 lokaler. 5 x 3 bottenhugg gjordes med sedimenthämtare av typen Gemini Gravity Corer (bild 4, 5 & 6).

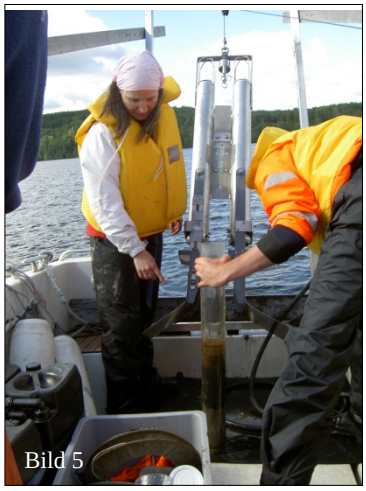


Bild 4, 5 & 6. Handhavande av sedimentprovtagare: Gemini gravity core.

Två pendlar (bild 6), till för att hålla kvar sedimentpropparna i hämtaren, riggades upp med hjälp av sprintar. Därefter laddades provtagaren med två rör. Provtagaren sänktes ned mot bottnen med hjälp av en motordriven vinsch. Hela tiden manövrerades båten för att hålla vajern helt vertikal. När vinschen slutade snurra var provtagaren på botten. För att lösa ut pendlarna ryckte man i vajern (detta gjordes snabbt för att inte hämtaren skulle välta på bottnen). Hämtaren vevades sedan upp. När hämtaren var uppe sattes först ena pendeln tillbaka upp i hämtläge samtidigt som att en gummipropp sattes till bottenändan av röret innan något sediment runnit ut. Röret togs ur hämtaren och vatten fylldes på för att undvika luft i röret (bild 5). Till sist sattes en propp i toppen av röret. Detta upprepades för nästa rör.

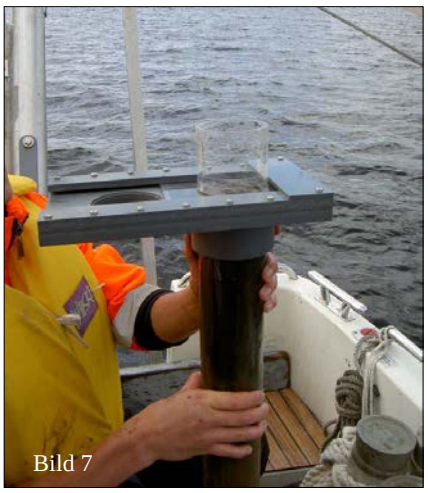
Proverna för de olika sedimentskikten togs med hjälp av en sedimentskiktare. Sedimentskiktaren sattes på toppen av sedimentröret (bild 7) och sedimentproppen trycktes upp med hjälp av en pistong. Fem centimeter mättes upp för ytprovet (bild 8), blandades och fördelades till glasburkar (100 ml) (bild 9). Eftersom ftalater skulle analyseras användes inte några plasthandskar i hanteringen.

6.2. Analyser och provberedning

Vid varje lokal gjordes 3 hugg vilket gav 6 rör/lokal. Totalt togs 30 rör under provtagningen. Sediment från dessa rör fördelades enligt tabell 2. För kemianalyser och cellbaserade tester användes ytskiktet (0-5 cm), av sedimentproppen. Homogenisering och poolning av ytskikten gjordes innan proverna skickades in för analys fördelat på flera burkar. Kemiska analyser utfördes av Eurofins i Lidköping, eller av dem kontrakterade laboratorier, medan cellbaserade tester utfördes av Biodetection systems (BDS) i Holland.

Tabell 2. Uttagna prov för respektive lokal.

Användning	Provtyp
Kemisk analys – ca 450 g/prov	5 ytprov (0-5 cm).
Cellbaserade tester – ca 20 g/prov	1 ytprov (0-5 cm).
Provbankning (infrysning)	3 prov för djup 5-15 cm och 3 prov för djup 15- 25cm.
Fotografering och karaktärisering av kärna	1 rör



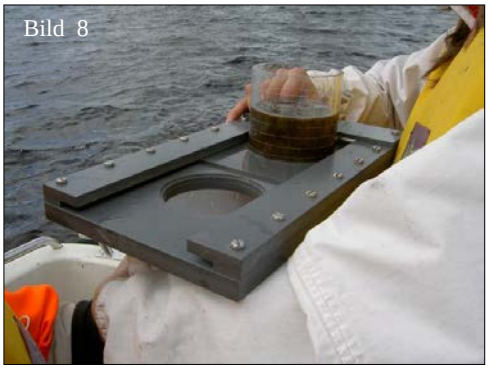


Bild 7, 8 & 9. Användning av sedimentskiktare och fördelning av sediment till glasburkar.

6.2.1. Analyserade ämnen

- Metaller (zink, barium, bly, koppar, vanadin, nickel, arsenik, krom, kobolt, kadmium, kvicksilver).
- Klorparaffiner (C10-C17)
- Plana PCBer: PCB (77, 81, 105, 114, 118, 123, 126, 156, 157, 169, 189).
- Dioxiner och furaner (tetra-oktaCDF, tetra-oktaCDD, heptaCDF, heptaCDD, hexaCDF samt totala halten av tetra-oktaCDF och tetra-oktaCDD.
- Perfluorerade ämnen (PFC) (inkl. bl.a. PFOS).
- Ftalater (di-2(2-etylhexyl)ftalat (DEHP), di-n-butylftalat, dimetylftalat, di-iso-nonylftalat, di-iso-decylftalat, dietylftalat, butylbensylftalat och di-n-oktylftalat.)
- PAHer (antracen, benso(ghi)perylen, benso(a)pyren, fluoranten, indeno(1,2,3cd)pyren, naftalen, benso(k)fluoranten, benso(b)fluoranten, krysen, pyren, fenantren, benso(a)antracen, dibens(a,h)antracen, fluoren, acenaftylen, acenaften).
- Alkylfenoler (nonylfenol och oktylfenol)
- Tennorganiska substanser (tributyltenn, dibutyltenn, monobutyltenn, tetrabutyltenn, monooktyltenn, dioktyltenn, tricyklohexyltenn, monofenyltenn, difenyltenn och trifenyltenn).
- Stödjande parametrar: TOC (beräknat utifrån glödförlust och torrsubstanshalter).

6.2.2. Prioriterade ämnen

Bland analyserade ämnen var 19 prioriterade, av dessa klassas 11 som prioriterade farliga (2008/105/EG, bilaga II). Målsättningen med de farliga prioriterade substanserna är att utsläppen ska elimineras helt.

Tabell 3. Analyserade prioriterade ämnen, prioriterade farliga och prioriterade.

Prioriterade ämnen	
Prioriterade farliga	**Prioriterade**
Antracen, Benso(a)pyren, Benso(ghi)perylen, Benso(k)fluoranten, Benso(b)fluoranten, Indeno(1,2,3-cd)pyren	Bly, Nickel
C10-C13 Klorparaffiner	Di-(2-etylhexyl)ftalat (DEHP)
Kadmium, Kvicksilver	Fluoranten, Naftalen
Nonylfenol	P-tert-oktylfenol
Tributyltenn (TBT)	Pentaklorfenol
	Triklorbensen

6.2.3. Cellbaserade analyser

Cellbaserade analyser, s.k. *in vitro*- tester, utfördes av BDS, Biodetection systems i Holland, eller av dessa kontrakterade labb. De cellbaserade analyser som gjordes var:

- Anti-androgenaktivitet med AR CALUX assay.
- Dioxinaktivitet med DR CALUX assay, respektive PAH CALUX[7].
- Östrogenaktivitet med ER CALUX assay.
- Peroxisom proliferator aktivering med PPAR gamma assay.

[7] DR CALUX ger utslag på stabila föreningar såsom dioxiner och plana PCBer medan PAH CALUX ger utslag på mindre stabila föreningar med liknande egenskaper (t.ex. benzo(a)pyren men även andra substituerade PAHer).

7. Resultat

7.1. Ämnesvis redogörelse

I denna del redovisas resultaten per ämnesgrupp och lokaler jämförs med varandra för att tydliggöra vilken del i Laxsjön som har högst halter. För att jämföra mot tillgängliga nationella miljöövervakningsdata har uppmätta halter från provtagningen jämförts med relevanta halter från screeningdatabasen och i möjligaste mån tidigare bedömningsgrunder baserade på statistisk tillståndsklassning (marina jämförvärden) (Naturvårdsverket, 1999).

7.1.1. Metallanalyser

Högsta halten av zink och barium observerades i LX1 och var 580 mg/kg TS resp. 530 mg/kg TS. Även arsenik (33 mg/kg TS), kobolt (16 mg/kg TS) och kadmium (3,3 mg/kg TS) var högst i LX1. Vanadin hade lika högt värde i LX1 som LX3 (65 mg/kg TS). Halten av koppar (340 mg/kg TS) var tydligt förhöjd i LX2 jämfört med övriga platser (<100mg/kg TS). Även nickel (37 mg/kg TS), krom (62 mg/kg TS) och kvicksilver (0,85 mg/kg TS) var högst i LX2. Bly var lika högt i LX3 som LX5 (160 mg/kg TS). Vid jämförelser med de högsta halterna av dessa substanser i limniska sediment i den nationella screeningdatabasen ligger halterna i Laxsjön, för flera av metallerna, i närheten av dessa värden (tabell 5). Detta skulle kunna antyda att halterna av flera metaller i Laxsjön är relativt höga i ett nationellt perspektiv. De verkar även något förhöjda gentemot Vänern (gäller i synnerhet koppar i LX2).

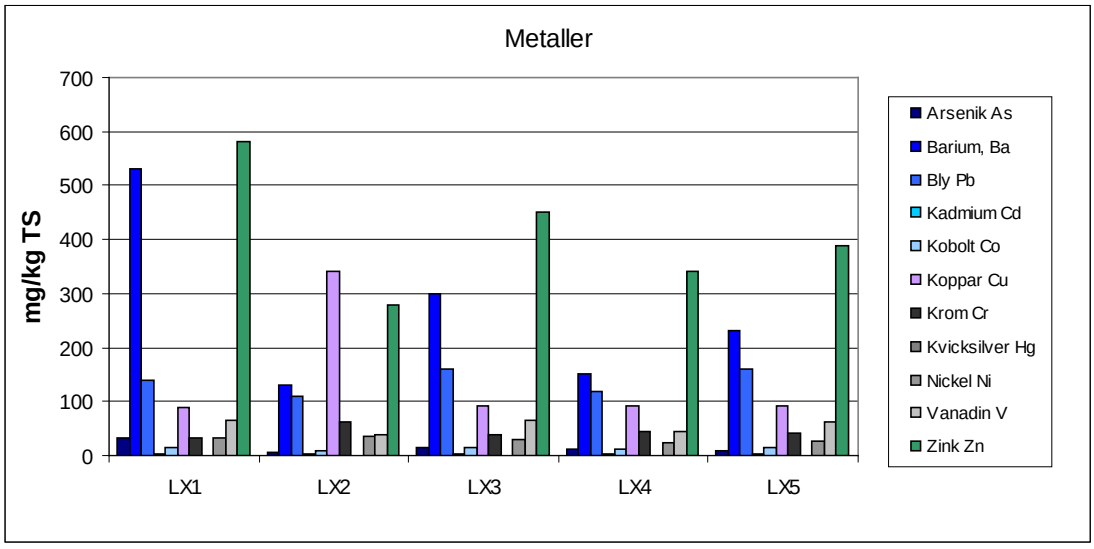


Diagram 1. Uppmätta metallhalter i sediment i Laxsjön. Zink, barium, vanadin, arsenik, kobolt och kadmium visar på högst halt i LX1. Blyhalten är högst i LX3 och LX5. Koppar-, nickel-, krom- och kvicksilverhalten är högst i LX2.

Tabell 4. Uppmätta metallhalter i sediment i Laxsjön, högsta halterna är markerade i fetstil.

	LX1	LX2	LX3	LX4	LX5
Arsenik, As	**33**	6,9	16	13	9,7
Barium, Ba	**530**	130	300	150	230
Bly, Pb	60	30	**80**	40	**80**
Kadmium, Cd	**3,3**	1,8	2,7	2,3	3
Kobolt, Co	**16**	9,3	15	11	14
Koppar, Cu	90	**340**	93	93	92
Krom, Cr	32	**62**	38	45	43
Kvicksilver, Hg	0,48	**0,85**	0,62	0,42	0,57
Nickel, Ni	24	**27**	19	15	16
Vanadin, V	**65**	40	**65**	44	61
Zink, Zn	**580**	280	450	340	390

Tabell 5. Högsta uppmätta halter från provtagningen jämförda mot de högsta uppmätta limniska sedimenthalterna i screeningdatabasen och i Vänern.

		Högsta uppmätta halt (mg/kg TS)		
Parameter	**Lokal**	**Laxsjön**	**Screeningdatabas**	**Vänern**
Zink	LX1	580	380 (Sege å, Malmö, n=6)	520 (n=7)
Barium	LX1	530	190 (Casco, Karlstad, n=5)	
Bly	LX3 & LX5	160	192 (Stora Envättern, n=14)	75 (n=7)
Koppar	LX2	340	420 (Anholmsviken, Skoghall, n=6)	36 (n=7)
Vanadin	LX1	65	49 (Casco, Karlstad, n=6)	
Nickel	LX2	37	41,2 (Abiskojaure, n=14)	24 (n=7)
Arsenik	LX1	33	15 (Sege å, Malmö, n=6)	18 (n=7)
Krom	LX2	62	32 (Sege å, Malmö, n=6)	42 (n=7)
Kobolt	LX1	16	13 (Casco, Karlstad, n=6)	18 (n=7)
Kadmium	LX1	3,3	3,1 (Stora Envättern, n=13)	1,5 (n=7)
Kvicksilver	LX2	0,85	16 (Anholmsviken, Skoghall, n= 7)	0,47 (n=7)

7.1.2. Analys av klorparaffiner

Endast C14-C16 klorparaffiner detekterades i proverna från Laxsjön. De prioriterade, kortare kolkedjorna (C10-C13) och även C17, låg under detektionsgränsen. Uppmätta halter av C14-C16 är tydligt förhöjda i LX2. Data för jämförande av halter saknas i screeningdatabasen för sediment men är långt under föreslaget gränsvärde (GV_{sed} = 20 mg/kg TS).

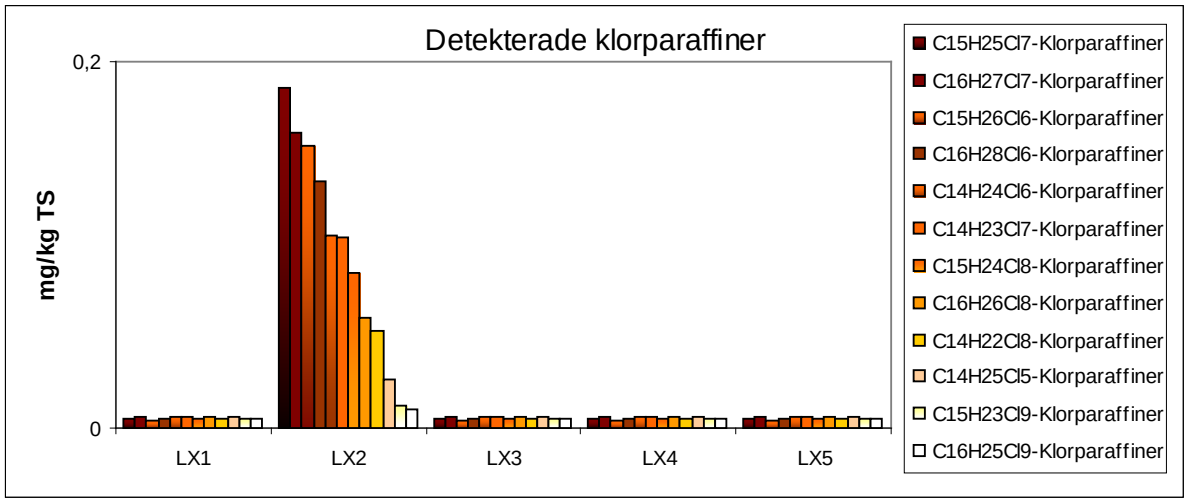


Diagram 2. Detekterade klorparaffiner.

Av de detekterade halterna klorparaffiner bidrog kolkedjor med 15 kol till största påverkan. Dock syntes ingen betydande skillnad mellan längderna C14-C16 i LX2.

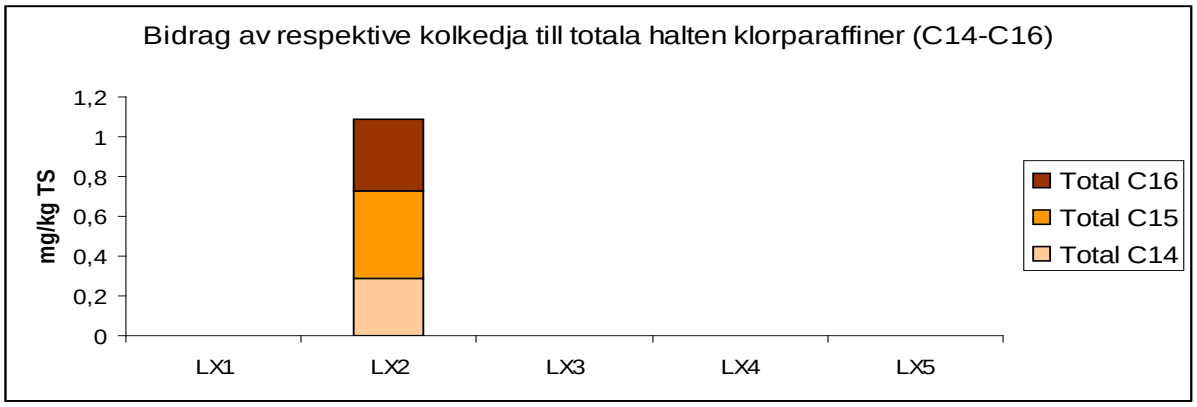


Diagram 3. Summerade halter av detekterade klorparaffiner (exkl. LOQ).

7.1.3. Analys av pentaklorfenol

Högsta uppmätta halt av pentaklorfenol (PCP) i sediment i Laxsjön var i LX2 0,0016 mg/kg TS. Högsta uppmätta halt enligt screeningdatabasen är ca 0,028 mg/kg TS (nedströms Boro industriområde, n=7). Halterna indikerar tydligt förhöjda värden i LX2. Vid Rexcell Tissue & Airlaid AB i Skåpafors har det funnits ett sågverk som troligtvis använt PCP till impregnering av virke. Förhöjda halter kan observeras i LX2 men de är inte så höga att de skulle föranleda en sänkt kemisk status (diagram 4).

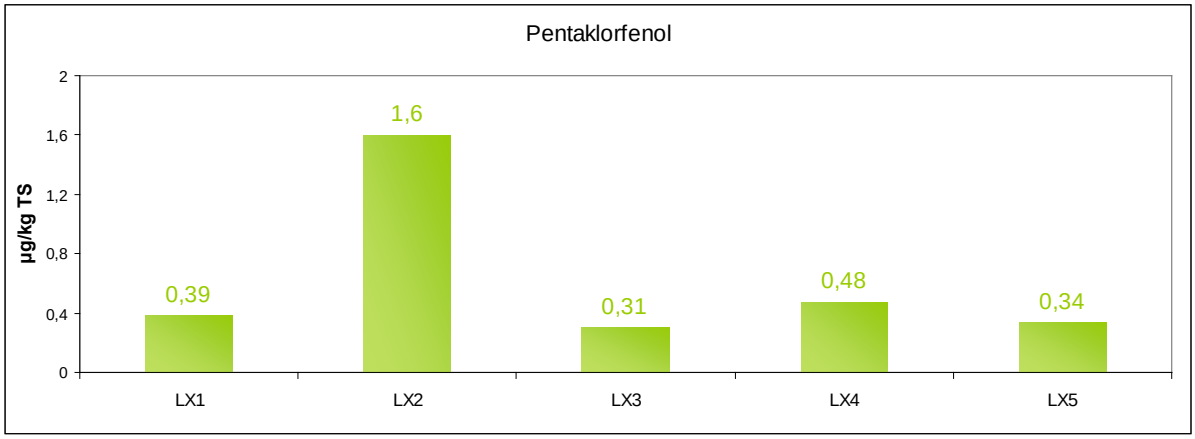


Diagram 4. Uppmätta halter av pentaklorfenol i sediment.

7.1.4. Analys av dioxiner och dioxinliknande ämnen

Halter av dioxiner, dibensofuraner och plana PCBer var tydligt förhöjda i LX2 (diagram 5). För dessa grupper räknas summan toxicitetsekvivalenter (∑TEQ) ut (diagram 7) och fördelningen av de olika ämnena visas i diagram 8. Toxicitetsekvivalenten räknas ut genom att summera den grad av giftighet som de olika dioxinerna står för. Den giftigaste molekylen bland dioxinerna är 2,3,7,8-TCDD och får en toxicitetsekvivalensfaktor på 1. Resterande molekyler får ett värde mellan 0-1 beroende på deras giftighet i förhållande till 2,3,7,8-TCDD. Den beräkningsmodell och de toxicitetsekvivalensfaktorer som användes har tagits fram av world health organisation (Världshälsoorganisationen) för fisk[8] (TEF-WHO_{fisk}).

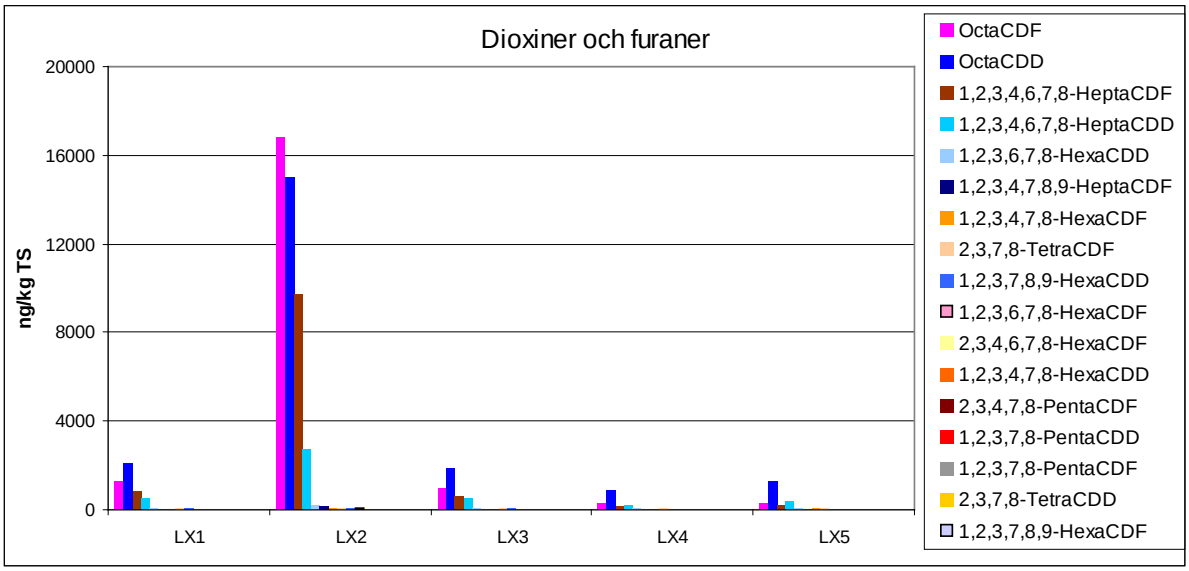


Diagram 5. Uppmätta halter av dioxiner och furaner.

[8] Att TEF för fisk och inte däggdjur väljs i det här fallet beror på att sedimentbundna dioxiner i första hand förväntas påverka fisk.

För PCB118 är halten tillräckligt hög i samtliga lokaler för att delas in i högsta klassen ”Mycket hög halt” i statistisk tillståndsklassning för kustsediment (NV rapport 4914). Några motsvarande bedömningsgrunder för limniska sediment finns inte. Summan av TEQ (∑TEQ) för PCBer är högst i LX2 och lägst i LX1.

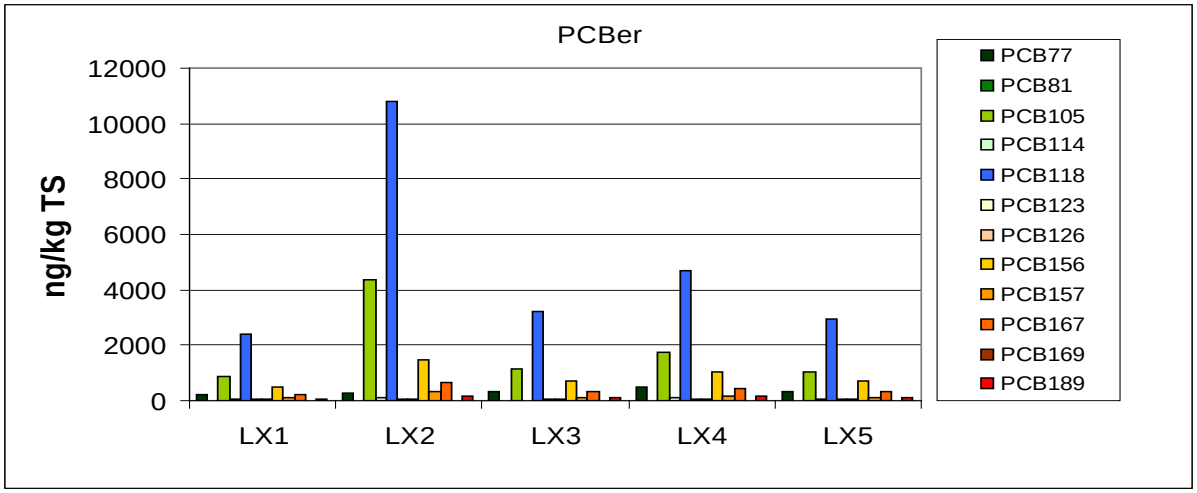


Diagram 6. Uppmätta halter av plana PCBer.

Enligt kemiska analyser av toxicitetsekvivalenter varierar ∑TEQ (ng TEQ/kg TS) från 174 i LX2 till 33 i LX4. Diagram 7 jämför resultaten mellan kemiska analyser och resultaten för cellbaserat test: DR CALUX[9], uttryckt i samma enhet (TCDD ekv.). Det cellbaserade testet bekräftar att LX2 är mest belastad av den här typen av substanser.

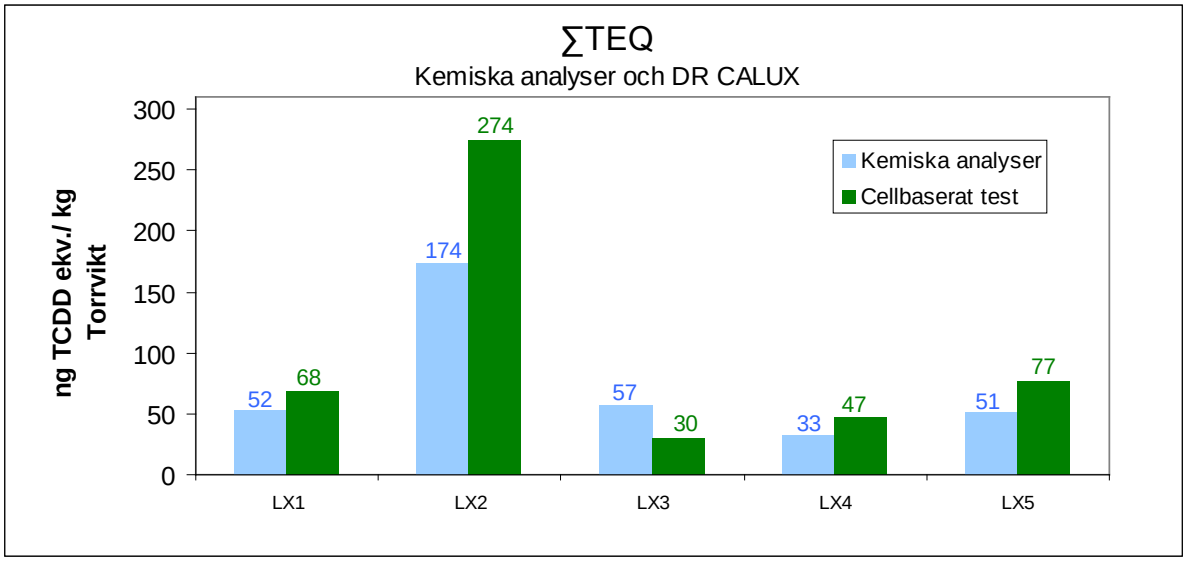


Diagram 7. Totala toxicitetsekvivalenter i sediment analyserade med kemiska analyser (av klorerade dioxiner, dibensofuraner och plana PCBer) respektive cellbaserat test.

[9] Fördelar med DR CALUX är kanske framförallt kostnad. Resultatet visar ungefär samma mönster som för kemisk analys. Oftast är resultatet för det cellbaserade testet högre än för kemiska analyser eftersom testet kan svara på fler substanser med dioxinlika egenskaper.

Av dioxinlika substanser visar diagram 8 att 1,2,3,4,6,7,8-HeptaCDF var det ämne som bidrog mest till det höga värdet av ∑TEQ i LX2. 1,2,3,7,8-PentaCDD och 2,3,4,7,8-PentaCDF var de ämnen som bidrog mest till ∑TEQ i övriga lokaler. Plana PCBer bidrog generellt till en lägre andel av den totala beräknade dioxinaktiviteten.

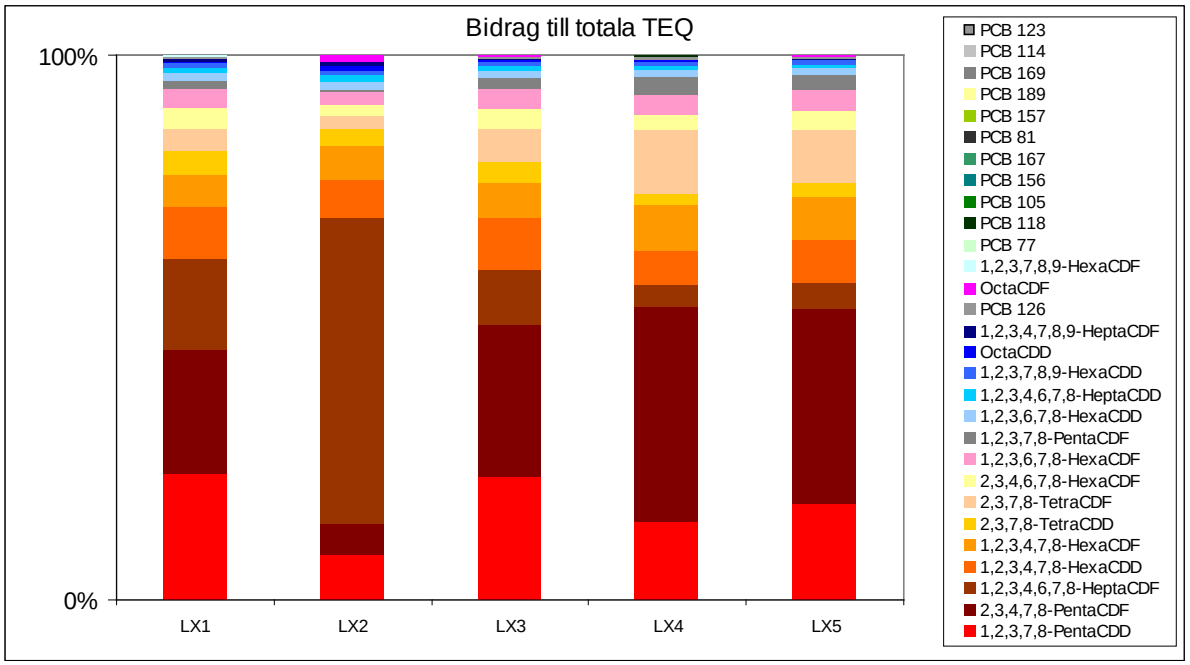


Diagram 8. Bidrag av dioxiner, furaner och plana PCBer till beräknat ∑TEQ.

Jämförelser av summan toxicitetsekvivalenter (∑TEQ) i Laxsjön mot Viskan nedströms Borås indikerar att liknande situation råder på de båda platserna. Vid jämförelser med mätningar i Bohuskusten är halterna i Laxsjön högre i samtliga lokaler.

7.1.5. Analys av perfluorerade ämnen (PFC)

Analys av perfluorerade ämnen visar att PFOSA och PFOS utgör den största delen av exponeringen i alla lokaler utom LX4 där bidraget bland de olika perfluorerade ämnena är ungefär lika stort. Halterna av PFOS i Laxsjön varierade mellan 0,016 och 0,027 mg/kg TS och högsta halten uppmättes i LX2. I Halmsjön i närheten av Arlanda flygplats föreligger fiskeförbud då halten av PFOS anses vara mycket förhöjda. År 2010 varierade halterna i Halmsjön mellan 0,006 och 0,085 mg/kg TS. Mätningarna i Laxsjön indikerar måttligt höga halter med avseende på PFOS i LX1, LX2 och LX3.

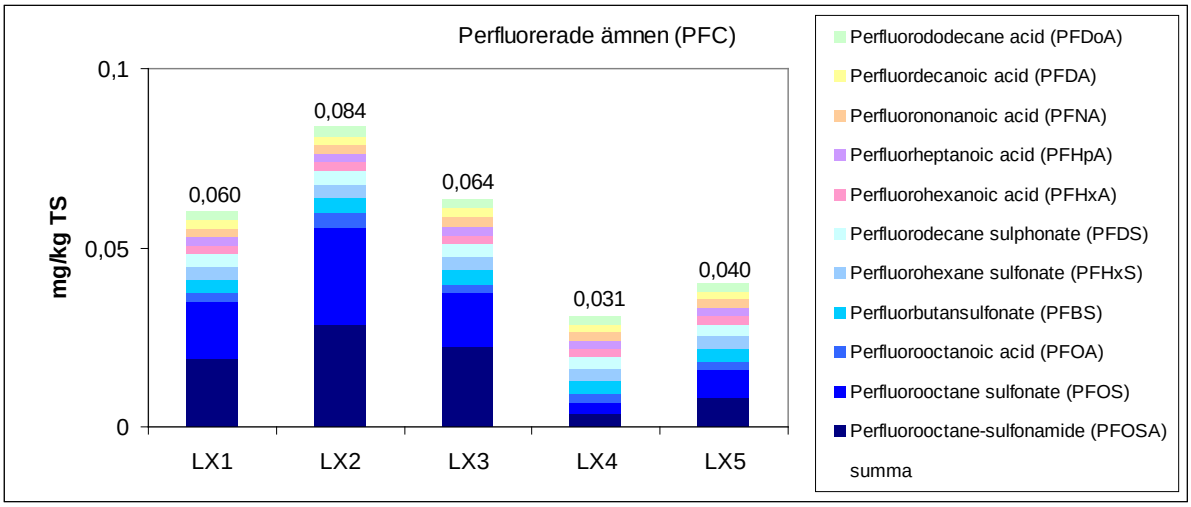


Diagram 9. Uppmätta värden av totala halten av perflourerade ämnen (PFC). Färgerna indikerar bidrag från de olika substanserna till totala halten.

7.1.6. Analys av ftalater

Endast DEHP bland analyserade ftalater detekterades. Analyserade ftalater var: di-2(2-etylhexyl)ftalat (DEHP), di-n-butylftalat, dimetylftalat, di-iso-nonylftalat, di-iso-decylftalat, dietylftalat, butylbensylftalat, di-n-oktylftalat. Halten av DEHP är kraftigt förhöjd i LX2 i förhållande till övriga platser i sjön (diagram 10). Högsta uppmätta halt enligt screeningdatabasen är 87 mg/kg TS (Stora envättern) och detta värde överskrids 4 gånger i LX2. DEHP har även mätts i Vänern där värdet understeg 0,13 mg/kg TS. Abiskojaure fungerar som referenssjö med ytterst liten antropogen påverkan. Halten DEHP i Abiskojaure uppmättes till 0,074 mg/kg TS vilken överskrids i alla lokaler i Laxsjön med minst 15 gånger. Halten av DEHP är således att anse som hög i ett nationellt perspektiv.

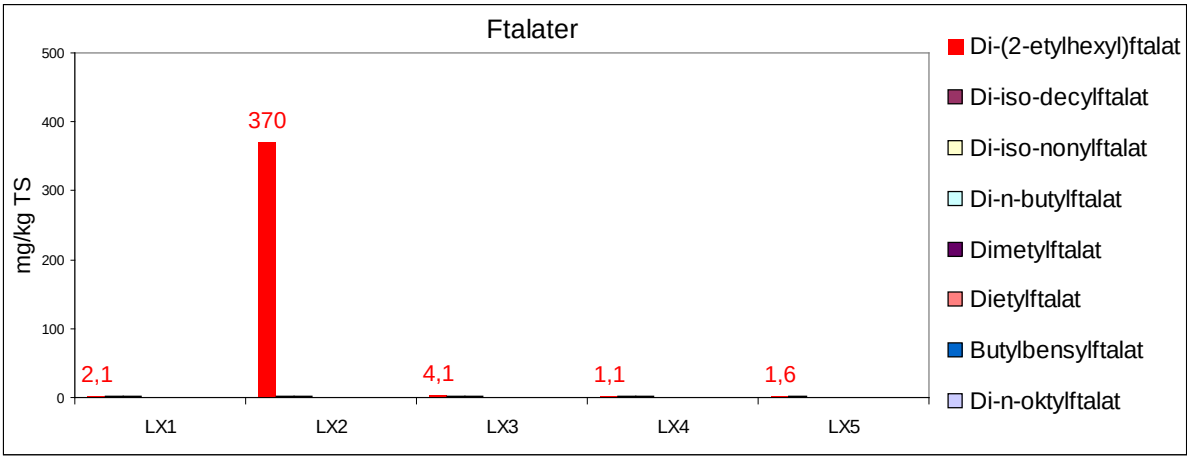


Diagram 10. Uppmätta halter av alla analyserade ftalater. Endast DEHP detekterades.

7.1.7. Analys av PAHer

Resultatet från analysen av polyaromatiska kolväten visar på något högre halter av vissa PAHer (antracen, fluoranten, naftalen, benso(a)pyren (B(a)P), benso(g,h,i)perylen, fenantren, acenaftylen, fluoren, benso(a)acenaften) i lokal LX1 och LX4.

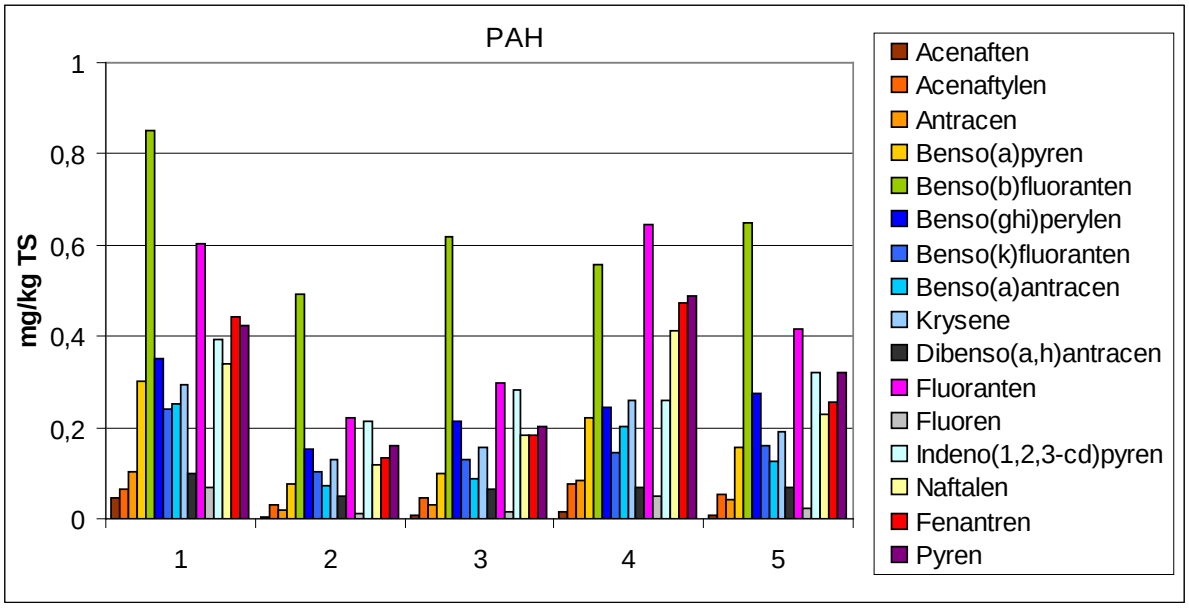


Diagram 11. Uppmätta halter av PAHer i sediment.

Tabell 6. Högsta halter jämförs med högsta uppmätta representativa mätvärden i screeningdatabasen för sediment. Limnisk provtagning för alla värden utom för acenaftylen som jämförs mot ett marint värde pga. avsaknad av limniska mätvärden.

		Högsta uppmätta halt (mg/kg TS)	
Parameter	**Lokal**	**Laxsjön**	**Screeningdatabas**
Acenaften	LX1	0,046	0,1 (Anholmsviken, Skoghall)
Acenaftylen	LX4	0,076	*0,49 (marina, Borstaviken: marint värde)*
Antracen	LX1	0,10	0,1 (Vänerns inlopp)
Benso(a)pyren	LX1	0,30	0,17 (Vänerns inlopp)
Benso(b)fluoranten	LX1	0,85	0,98 (Stora Envättern)
Benso(ghi)perylen	LX1	0,35	0,91 (Stora Envättern)
Benso(k)fluoranten	LX1	0,24	0,29 (Stora Envättern)
Benso(a)anthracen	LX1	0,25	0,35 (Anholmsviken, Skoghall)
Krysen	LX1	0,29	0,37 (Anholmsviken, Skoghall)
Dibenz(a,h)antracen	LX1	0,10	0,19 (Sågverk)
Fluoranten	LX4	0,65	0,88 (Anholmsviken, Skoghall)
Fluoren	LX1	0,070	0,14 (Anholmsviken, Skoghall)
Indeno(1,2,3-cd)pyren	LX1	0,395	1,2 (Stora Envättern)
Naftalen	LX4	0,412	0,27 (Anholmsviken, Skoghall)
Fenantren	LX4	0,472	0,66 (Anholmsviken, Skoghall)
Pyren	LX4	0,49	0,69 (Anholmsviken, Skoghall)
Summa 16 PAH	LX1	4,88	4,9 (Anholmsviken, Skoghall)

För statistisk tillståndsklassning i marina sediment (NV rapport 4914) placeras ämnen i olika klasser beroende på deras uppmätta halter enligt klasserna: 1=ingen halt, 2=låg halt, 3=Medelhög halt, 4=Hög halt, 5=Mycket hög halt, ytterligare information om klassindelning för olika halter finns på naturvårdsverkets webbplats. Klassning av några av de prioriterade PAHerna ger:

- Benso(b)fluoranten: klass 5 i alla lokaler
- Fluoranten: klass 4 i LX2 och klass 5 i övriga
- Indeno(cd)pyren: klass 4 i alla lokaler
- Benso(ghi)perylen: klass 5 i LX1 och klass 4 i övriga
- Benso(a)pyren placeras: klass 4 i LX1 och LX4 och klass 5 i övriga
- Benso(k)fluoranten: klass 5 i LX1 och LX5 och klass 4 i övriga

Några motsvarande bedömningar från limniska sediment finns inte.

7.1.8. Analys av nonyl- och oktylfenol

Nonylfenol och oktylfenol analyserades men kunde inte detekteras i någon av lokalerna.

7.1.9. Analys av tennorganiska substanser

Detektionsgränsen låg på 1 µg/kg TS för tennorganiska substanser och endast tributyltenn, dibutyltenn och monobutyltenn detekterades. Högsta halt för tributyltenn (5,7 µg/kg TS),

monobutyltenn (18 µg/kg TS) och dibutyltenn (6,6 µg/kg TS) observerades i LX4. Högsta uppmätta halt av TBT var 5,7 µg/kg TS är i nivå med den medianhalt (5,2 µg/kg TS) man normalt påträffar i utsjösediment. Högsta uppmätta halt i screeningdatabasen för TBT är 34 mg/kg TS. Halterna i Laxsjön kan därför betraktas som låga i ett nationellt perspektiv.

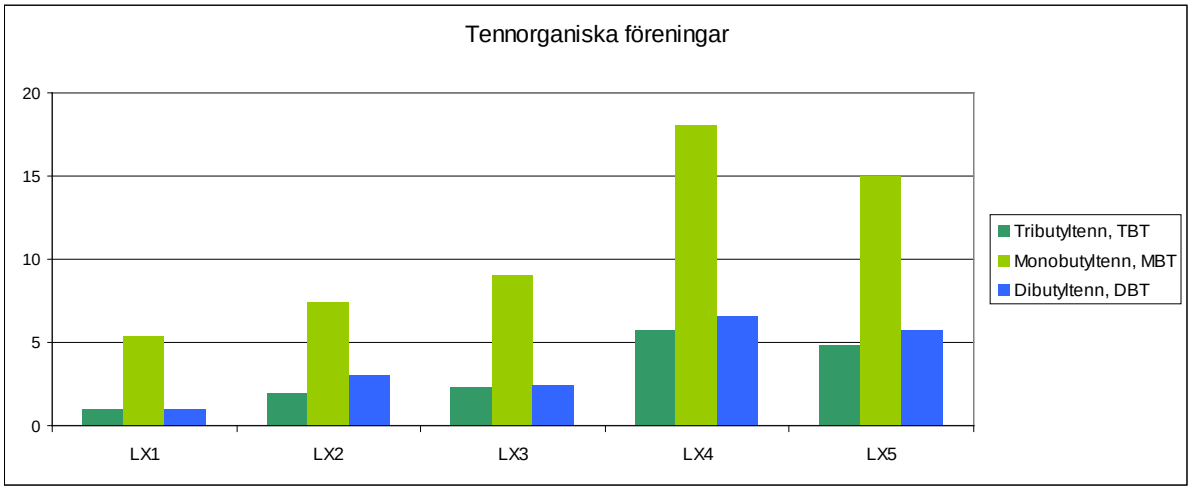


Diagram 12. Uppmätta halter av tributyltenn, monobutyltenn och dibutyltenn.

7.1.10. Analys av torrsubstans och TOC

Tabell 7. Torrsubstans och TOC för de olika lokalerna.

Lokal	Torrsubstans	TOC (% av TS)
LX1	7,2	13,4
LX2	7,5	18,5
LX3	5,8	14,2
LX4	9,0	14,1
LX5	6,4	15,6

7.1.11. Sammanfattning av resultat

Metallhalter i Laxsjön verkar vara något förhöjda då de överensstämmer väl med högsta uppmätta halterna i inlandssediment tagna från screeningdatabasen och Vänern. Koppar sticker ut avsevärt i LX2, medan barium och vanadin i LX1 och LX3. Pentaklorfenol är förhöjt i L2 i jämförelse med övriga stationer men drygt 17 gånger lägre än högsta uppmätta representativa halt i screeningdatabasen. ∑TEQ för dioxiner och dioxinliknande ämnen i Laxsjön är förhöjda i LX2 och halterna ligger i nivå med de halter som uppmätts i Viskan nedströms Borås. Halten av perfluorerade ämnen var högst i LX2 och halterna var något lägre än funna halter i Halmsjön: en av PFOS kraftigt förorenad sjö nära Arlanda flygplats. För summan av de 16 PAHerna är värdet högst i LX1 vilket inte skiljer sig särskilt mycket från det högsta värdet i screeningdatabasen i limniska sediment. Enskilda PAHer, såsom benzo(a)pyren och naftalen överskrider dock maximalt inrapporterade halter från inlandssediment. Vad gäller DEHP skiljer sig halten i LX2 avsevärt från övriga lokaler samt överstiger högsta uppmätta halten i screeningsdatabasen. Vidare visar analyserna av tennorganiska substanser på låga halter i alla provtagningsstationer medan analyserna av klorparaffiner (C10-C17) visar på höga halter i LX2.

8. Preliminär bedömning av status

Halter av de prioriterade substanser som nämns i annex X i vattendirektivet (2000/60/EG) respektive (2008/105/EG) utgör grunden för kemisk statusklassning.

De bedömningsgrunder (s.k. EQS värden, Environmental Quality Standards) som anges för dessa substanser är emellertid oftast uttryckta för vatten och inte i något fall för sediment. Däremot kan man i bakgrundsmaterialet finna s.k. QS_{bent} (Quality Standard)- värden som anger vilken halt som uppskattas som ”säker” för bentiska organismer. I de flesta fall har dessa värden beräknats utifrån vilken vattenhalt som kan antas vara säker för vattenlevande organimser.

I föreliggande studie har egna sådana värden beräknats och istället för ett schablonvärde på organisk kolhalt har aktuell uppmätt TOC använts. Dessa värden kallas således $QS_{platsspec}$[10].

Triggervärden är effektbaserade värden som räknats fram genom omvandling från det gränsvärde som finns för biota eller vatten. Värdet är framtaget för att förutom att skydda sedimentlevande organismer även skydda vattenlevande arter, predatorer och människor från sekundär förgiftning. Värdet innebär osäkerheter och ska användas som första kontroll. Uppföljande studier på vatten eller biota bör göras för de platser där triggervärdet överskrids.

8.1. Utvärdering av kemisk status med avseende på prioriterade ämnen

De prioriterade ämnen som analyserades listas i tabell 3.

8.1.1. Prioriterade PAHer

För fluoranten anges QS_{bent} till 0,129 mg/kg TS. Uppmätt halt för fluoranten är 0,6 i LX1, 0,2 i LX2, 0,3 i LX3, 0,6 i LX4 och 0,4 i LX5, vilka överskrider QS_{bent} i samtliga lokaler. Man kan därför dra slutsatsen att värdena indikerar sänkt kemisk status med avseende på fluoranten i alla lokaler.

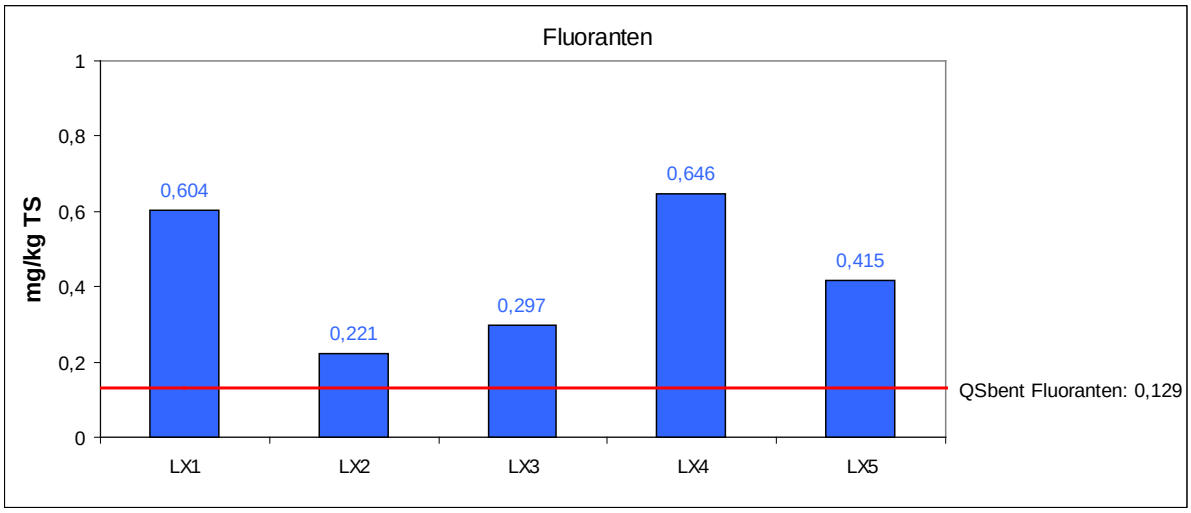


Diagram 13. Halter av uppmätta prioriterade PAHer i sediment. Blå linje indikerar QSsediment för fluoranten (0,129 mg/kg TS).

Halten av naftalen överskrider triggervärdet (0,075 mg/kg TS) framtaget för marina sediment i alla stationer. Halterna av antracen, benso(a)pyren, benso(k)fluoranten och naftalen överstiger dock inte beräknade $QS_{platsspec}$ (tabell 8). Värdena indikerar därför inte någon risk för bottenlevande organismer med avseende på antracen, benso(a)pyren, benso(k)fluoranten och naftalen.

[10] Detta gjordes enligt ett nyligen publicerat vägledningsdokument (CIS 27).

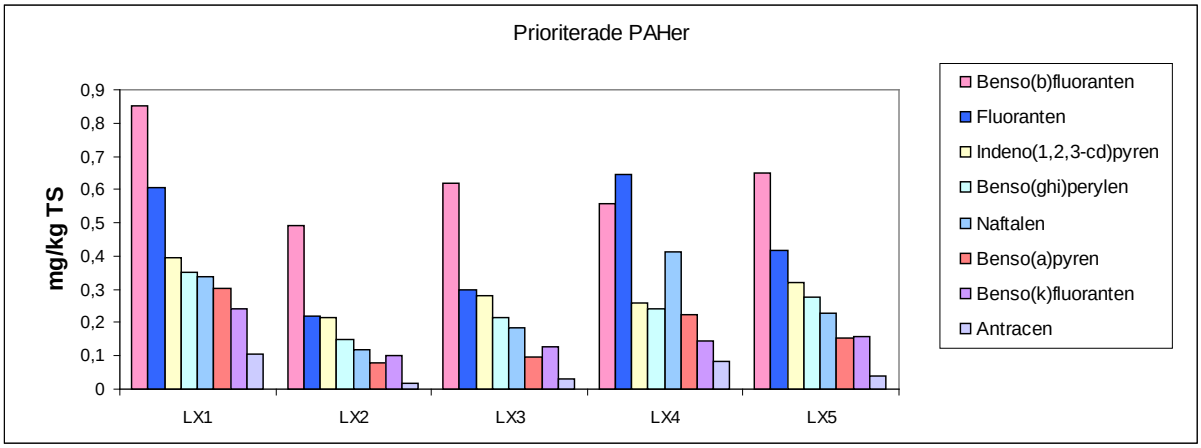


Diagram 14. Halter av uppmätta prioriterade PAHer i sediment.

Tabell 8. Uppmätta halter och beräknade $QS_{platsspec}$. Beräkningarna gjorda för $QS_{platsspec}$ baseras på de ekvationer som anges i nya EQS manualen (CIS 27); ursprunglig EqP teori framtagen av DiToro et al 1991.

	Uppmätt	Beräknat $QS_{platsspec}$	Uppmätt	Beräknat $QS_{platsspec}$	Uppmätt	Beräknat $QS_{platsspec}$	Uppmätt	Beräknat $QS_{platsspec}$	Uppmätt	Beräknat $QS_{platsspec}$
Parameterdata	**LX1**	**LX1**	**LX2**	**LX2**	**LX3**	**LX3**	**LX4**	**LX4**	**LX5**	**LX5**
Antracen log K_{ow} = 2,97 logK_{oc} = 4,45	0,10	0,4	0,020	0,6	0,030	0,4	0,085	0,4	0,041	0,5
Benso(a)pyren log K_{ow} = 6,15 log K_{oc} = 6,70	0,30	3,4	0,078	4,6	0,099	3,5	0,22	3,5	0,16	3,9
Benso(k)fluoranten log K_{ow} = 6,84 log K_{oc} = 6,81	0,24	2,3	0,10	3,2	0,13	2,5	0,15	2,5	0,16	2,7
Naftalen log K_{ow}= 3,7 log K_{oc} = 3,5	0,34	0,4	0,12	1,4	0,18	1,1	0,41	1,1	0,23	1,2

8.1.2. DEHP

På grund av ämnets lipofila karaktär anses akvatiska organismer inte vara utsatta för en risk från ämnet via vattenfasen (EUR 23384 EN/2, 2008). Uppmätta halter av DEHP visar dock tydligt att halterna är betydligt högre i lokal LX2 än i övriga lokaler. Halten i LX2 är dessutom betydligt högre än högsta rapporterade värde i screeningdatabasen. I limnisk miljö är högsta uppmätta värde av DEHP 0,37 mg/kg TS. QS_{bent} för DEHP (bakgrundsmaterialet till 2008/105/EG) anges till 100 mg/kg TS. Halten i lokal LX2 överskrider detta värde med 2,7 gånger vilket skulle indikera att kemisk status inte är god. Detta värde grundar sig på risk för bentiska organismer, eftersom detta troligtvis inte är känsligaste organismen kanske värdet borde sättas till ännu lägre koncentration vid bedömning av status på högre organismer. Analyser även på biota i området hade därför varit önskvärt för att slutligt fastställa status med avseende på DEHP för att kunna bedöma biotillgängligheten. Det finns dock begränsat med studier på biota att jämföra med, för att rekommendera en viss art eller vävnad. Substansen bedöms t.ex. inte biomagnifieras men organismer högre upp i näringskedjan anses känsligast.

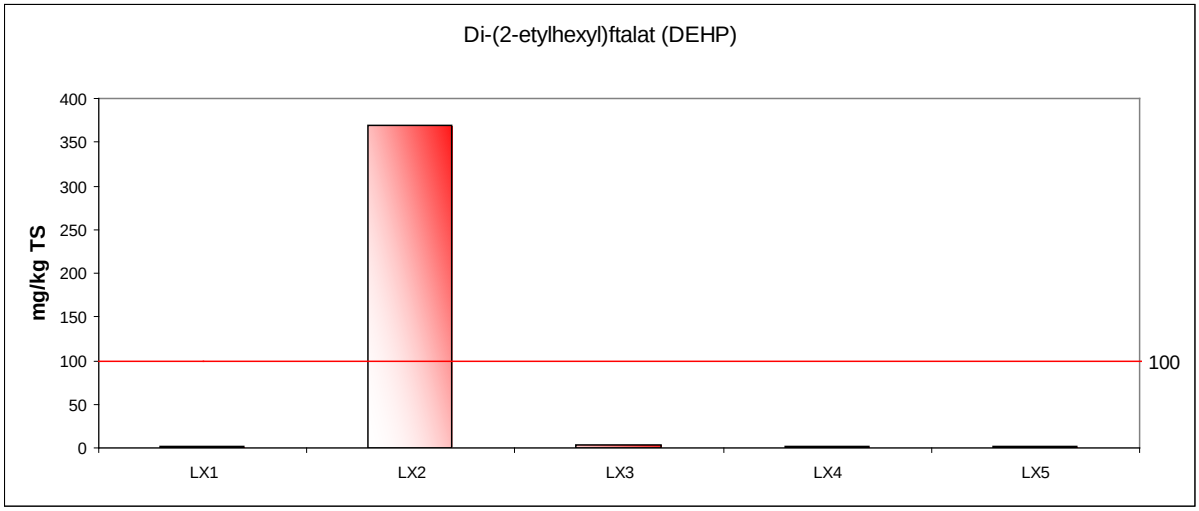


Diagram 15. Uppmätta halter av DEHP i sediment. QS_{bent} visas med röd linje.

8.1.3. Kadmium

Halterna av kadmium bedöms mot $MPA_{sediment}$ (Maximal permissible addition): som anges i bakgrundsmaterialet till 2008/105/EG) för kadmium: 2,3 mg/kg TS. Detta värde överskrids något i LX1, LX3 och LX5 vilket gör att man kan dra slutsatsen att det finns risk för att kemisk status inte är god med avseende på kadmium på dessa platser i Laxsjön. Uppföljande studier skulle behövas för att undersöka biotillgängligheten. Jämförelser mot uppmätta halter i Vänern (medelvärde: 1,0 mg/kg TS, n = 70) indikerar att halterna i Laxsjön är något förhöjda.

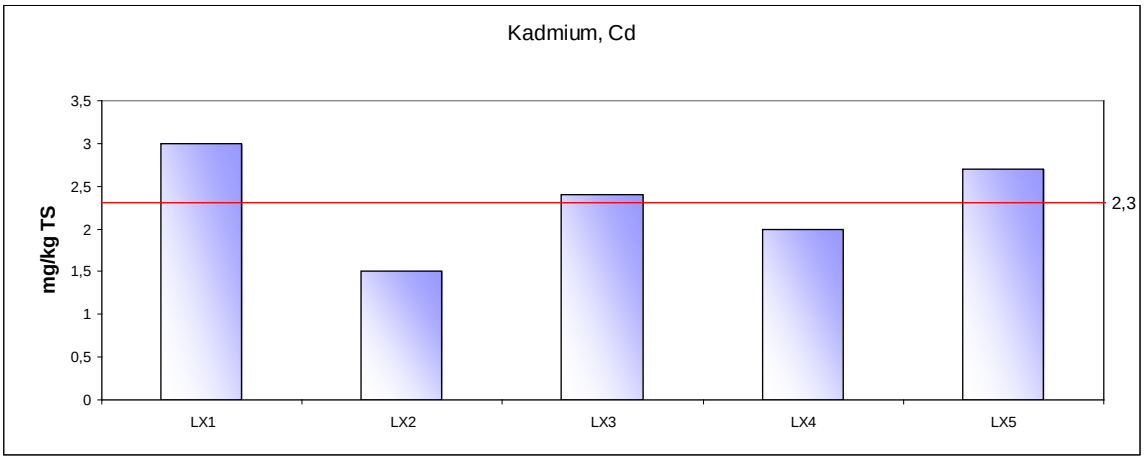


Diagram 16. Uppmätta halter av kadmium i sediment. MPA (2,3 mg/kg TS) indikeras av röd linje. Uppmätta halter för kadmium är subtraherade mot bakgrundskoncentrationer av kadmium i Sverige: 0,3 mg/kg TS (NV handbok 2007:4, bilaga B).

8.1.4. Kvicksilver

Högsta halt för kvicksilver uppmättes i LX2 (0,85 mg/kg TS). För kvicksilver behövs egentligen inte någon bedömning med avseende på sediment eftersom statusen är sänkt överallt med avseende på halter i biota. Enligt en nyligen publicerad studie var halterna i abborre inte högre än i övriga undersökta områden i Dalslands kanal 2010 (Grotell C., 2010).

8.1.5. Bly

Efter subtraktion av bakgrundshalt (80 mg/kg TS i södra Sverige) blir högsta uppmätta halt av bly 80 mg/kg TS och hittades i LX3 och LX5. $MPA_{sediment}$ är 53,4 mg/kg TS enligt bakgrundsmaterial. Detta värde överskrids i LX3 och LX5 men även något i LX1. Halterna indikerar att det finns risk att den kemiska statusen är sänkt med avseende på bly. Uppföljande studier skulle behövas för att undersöka biotillgängligheten. Jämförelser mot uppmätta halter i Vänern (medelvärde: 64 mg/kg TS, n = 70) ligger i närheten av uppmätta halter i Laxsjön vilket indikerar att liknande situationer råder överlag.

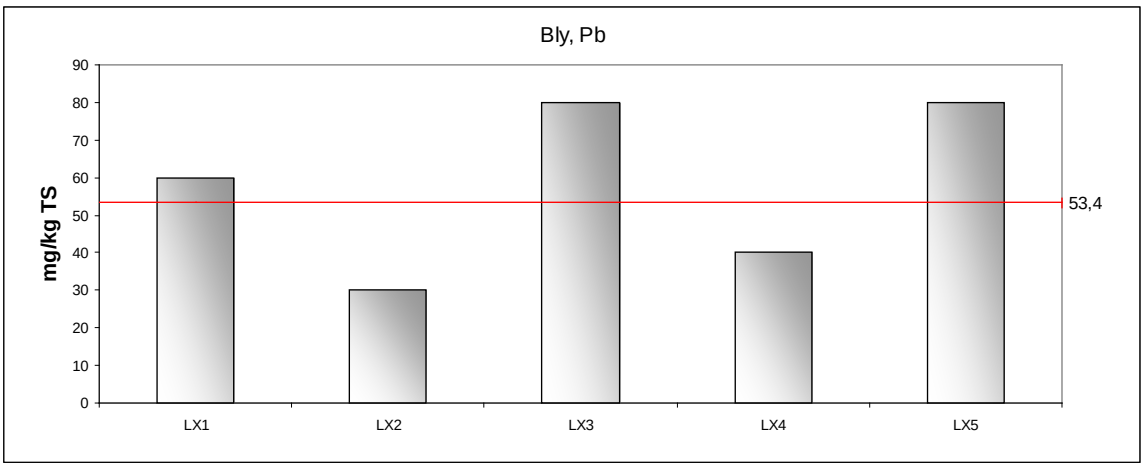


Diagram 17. Uppmätta halter av bly i sediment. Röd linje indikerar MPAsediment (53,4 mg/kg TS). De uppmätta halterna har subtraherats mot generella bakgrundshalter i södra Sverige: 80 mg/kg TS (NV 4913).

8.1.6. Nickel

Bakgrundshalten för nickel enligt NV rapport 4913 är 10 mg/kg TS i svenska inlandsvatten och halten har subtraherats från de uppmätta halterna. Högsta halt av nickel (27 mg/kg TS) hittades i LX2. QS_{bent}: 2,9 mg/kg TS (SDS, CIRCA). QS_{bent} överskrids i alla lokaler, vilket indikerar risk för sänkt kemisk status med avseende på nickel. Uppföljande studier skulle behövas för att undersöka biotillgängligheten. Uppmätta halter i Vänern (medelvärde: 22,6 mg/kg TS, n = 70) ligger i närheten av halterna i Laxsjön vilket indikerar att liknande situationer råder överlag.

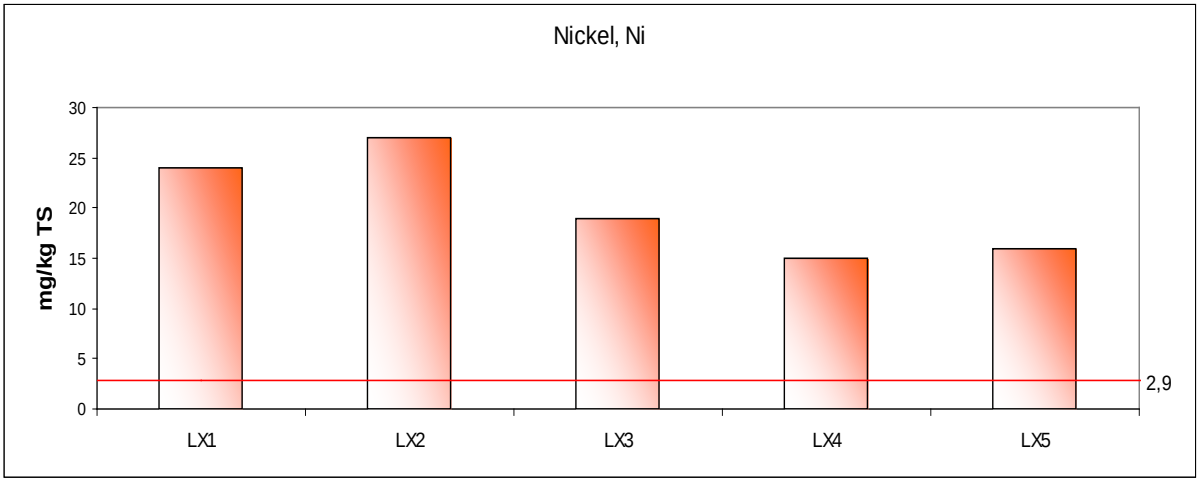


Diagram 18. Uppmätta halter av nickel i Laxsjön. QS_{bent} indikeras av röd linje.

8.1.7. Tributyltenn

Enligt remiss för marina sediment föreslås ett triggervärde om 1,1 µg/kg TS, vilket överskrids i alla lokaler utom LX1. Överskridande av triggervärdet antyder att EQS-värdet i dotterdirektivet (2008/105/EG) möjligen överskrids och att ytterligare studier på vatten eller biota krävs. Beräkning av $QS_{platsspec}$ ger i LX1: 0,030 µg/kg TS, LX2: 0,040 µg/kg TS, LX3: 0,032 µg/kg TS, LX4: 0,031 µg/kg TS, LX5: 0,035 µg/kg TS. Beräknade QS_{bent} överskrids i alla lokaler. Detta gör att man kan dra slutsatsen att halterna indikerar sänkt kemisk status med avseende på TBT.

Effektbaserade värden överskrids dock troligen i större delen av Sverige och halterna är inte att anse som förhöjda i ett nationellt perspektiv.

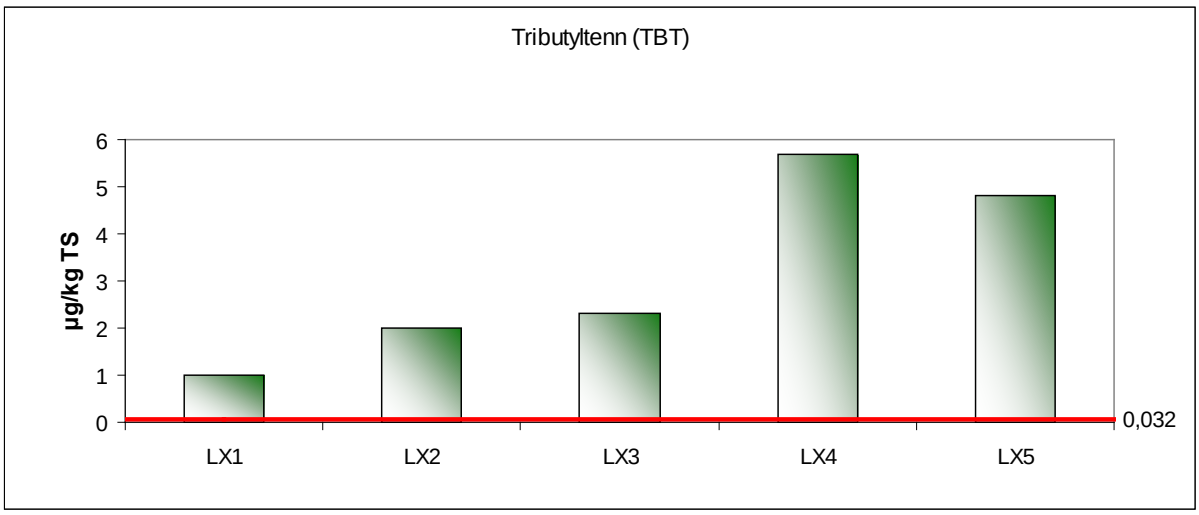


Diagram 19. Uppmätta halter av TBT i sediment. Röd linje indikerar effektbaserat gränsvärde för den halt som kan ge effekter på bentiska organismer: 0,032 µg/kg TS enligt norska bedömningsgrunder för sediment (Norska Statens forurensningstilsyn).

8.1.8. Pentaklorfenol (PCP)

Beräknade $QS_{platsspec}$ (µg/kg TS) överskrids inte av uppmätta halter i Laxsjön (tabell 9). Man kan därför dra slutsatsen att kemisk status är god med avseende på PCP men att halterna är tydligt förhöjda i LX2.

Tabell 9. Uppmätta halter och $QS_{platsspec}$ för PCP.

Station	Uppmätt halt (µg/kg TS)	$QS_{platsspec}$ (µg/kg TS)
LX1	0,39	161
LX2	1,6	222
LX3	0,31	171
LX4	0,48	169
LX5	0,34	188

8.1.9. Klorparaffiner SCCP (C10-C13)

Klorparaffiner med korta kolkedjor (C10-C13) hör till de prioriterade ämnena. Dessa analyserades men kunde inte detekteras i någon station. Detektionsgränsen varierade för de olika klorparaffinerna från 0,0025 – 0,004 mg/kg TS. Enligt IVLs rapport (B1891) är det beräknade riktvärdet i limniska sediment för SCCP 0,80 mg/kg TS vilket är betydligt högre än detektionsgränsen. Detta innebär att de detektionsgränser som erhölls i studien var acceptabla och man kan dra slutsatsen att kemisk status är god med avseende på C10-C13.

Längre kolkedjor (C14-C16) (MCCP)(ej prioämnen) detekterades och gav markant resultat med förhöjda halter i station LX2 (diagram 2). Summan av C14-C16 klorparaffiner vid LX2 är 1,15 mg/kg TS. Halterna överstiger dock inte 20 mg/kg TS vilket är QS_{bent} för MCCP (NV rapport 5799). Därmed kan man dra slutsatsen att halterna indikerar god status med avseende på MCCP.

8.1.10. Alkylfenoler

Nonylfenol och oktylfenol analyserades men kunde inte detekteras i någon av stationerna. Detektionsgränsen var 0,02 mg/kg TS för nonylfenol och 0,01 mg/kg TS för oktylfenol. Beräknat riktvärde (IVL rapport B1891) för nonylfenol är 0,0016 mg/kg TS vilket är betydligt lägre än detektionsgränsen. Triggervärden för nonylfenol och oktylfenol är 0,09 respektive 0,0017 mg/kg TS i marina sediment (NV 4914). Det behövs lägre detektionsgränser för att undersöka överskridande av ämnenas gränsvärden. Man kan således inte dra några slutsatser om kemisk status med avseende på alkylfenolerna p.g.a. för höga detektionsgränser.

8.2. Utvärdering av ekologisk status med avseende på potentiellt särskilt förorenande ämnen (SFÄ)

I annex VIII i vattendirektivet listas huvudsakliga föroreningar vilka skulle kunna komma att betraktas som särskilt förorenande ämnen om de släpps ut i tillräckligt stor mängd.

1. Organiska halogena ämnen och sådana som kan bilda liknande substanser I akvatiska miljöer.
2. Organiska fosforföreningar.
3. Organiska tennföreningar.
4. Substanser, och nedbrytningsprodukter till dessa, som har bevisats ha carcinogena eller mutagena egenskaper eller reproduktionsstörande egenskaper.
5. Persistenta kolväten och bioackumulerande organiska giftiga substanser.
6. Cyanider
7. Metaller med föreningar
8. Arsenik med föreningar
9. Biocider och växtskyddsmedel.

För några potentiellt förorenande ämnen har bedömningsgrunder föreslagits genom NVrapport 5799.

Eftersom ett stort antal ämnen är tänkbara enligt både punkt 4 och 5 har kemiska analyser kompletterats med cellbaserade tester. Dessa bygger på att man med hjälp av odlade celler studerar olika typer av verkningsmekanismer *in vitro*, främst relaterade till hormonstörande effekter men även bindning till Ah-receptorn. Konsekvenserna i det senare fallet kan leda till påverkan på celltillväxt och i förlängningen ge upphov till cancer eller fosterskador. Resultaten från de cellbaserade testerna redovisas och diskuteras i kapitel 8. Bedömningsgrunder för sådana cellbaserade tester är inte utvecklade, men resultaten kan användas för att bl.a. identifiera förekomst av betydelsefull påverkan av den här typen av substanser. För just DR CALUX, ett test som mäter bindning till Ah-receptorn och där resultaten uttrycks i TCDD ekvivalenter, kan en jämförelse göras mot kemiska bedömningsgrunder uttryckta i samma enhet.

8.2.1. Zink

Högsta uppmätta halt av zink var 580 mg/kg TS och hittades i LX1. Gränsvärdet för zink (860 mg/kg TS) gäller för adderad risk, dvs. den risk som tillkommit utöver bakgrundshalt. Bakgrundshalten av zink i sjöar i södra Sverige är 0,9 mg/kg TS (NV 4913). Mätdata indikerar därför inte att någon sänkning av ekologisk status med avseende på zink är motiverad.

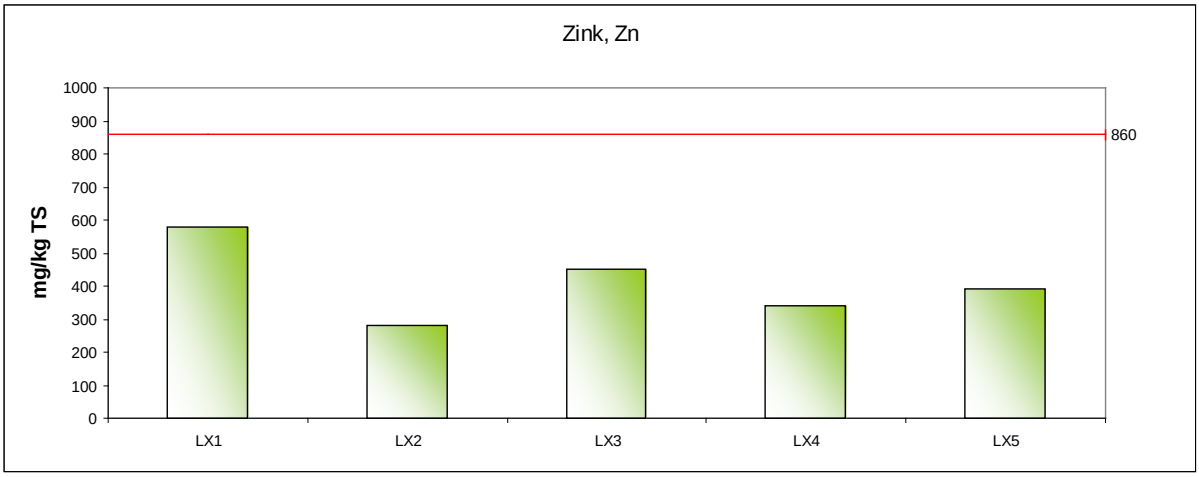


Diagram 20. Uppmätta halter av zink och gränsvärde enligt NV 5799.

8.2.2. Koppar

För koppar saknas förslag på svenskt gränsvärde i sediment varför det är problematiskt att bedöma status. Dock visar halterna enligt norska bedömningsgrunder att halterna i Laxsjön är över gränsen för ”Svårt dålig” i marina miljöer (Norska Statens forurensningstilsyn). Koppar återfinns i höga halter i bergrunden i området men kan även ha använts vid impregnering av virke i det nedlagda sågverket i närheten av Rexcell Tissue & Airlaid AB. Även krom och arsenik har troligen använts här. Dessutom är halterna generellt högre än vad som påträffats i Vänern och i LX2 att anse som kraftigt förhöjd halt.

8.2.3. Krom

Krom förekommer vanligast med oxidationstalen +III och +VI och QS_{bent} men eftersom sexvärt krom i hög grad reduceras till trevärt krom i sediment används här QS_{bent} för trevärt krom vid bedömning av status. QS_{bent} för CrIII är 143 mg/kg TS i neutral/alkalisk miljö och 1430 mg/kg TS i sur miljö. Halterna ligger under dessa värden i alla stationer varför det troligen inte är motiverat att sänka statusen i Laxsjön med avseende på krom.

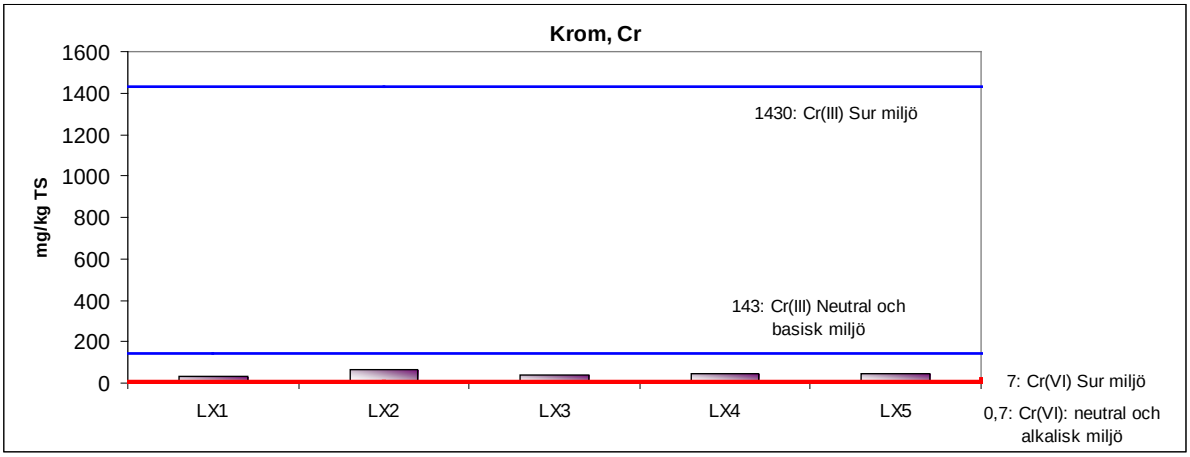


Diagram 21. Uppmätta halter av krom. Röda linjer indikerar gränsvärde i sur (7 mg/kg TS) respektive neutral/alkalisk miljö (0,7 mg/kg TS) för Cr(VI). Blå linjer indikerar gränsvärde i sur (143 mg/kg TS) respektive neutral/basisk miljö (1430 mg/kg TS) för den vanligaste förekommande formen av krom i sediment: Cr(III).

8.2.4. Perfluorerade ämnen

Uppgifter om toxicitet av PFOS och andra perfluorerade ämnen mot sedimentlevande organismer finns hittills inte tillgängliga eftersom fysikaliska och kemiska egenskaper gör det svårt att omräkna gränsvärden för vatten till sediment (NV rapport 5799). Norska bedömningsgrunder finns dock för marina miljöer och halterna befinner sig i intervallet för näst bästa klassen ”god” (Norska Statens forurensningstilsyn).

8.2.5. Dioxiner och dioxinlika PCBer

GV_{sed} för dioxiner och dioxinlika PCBer är 0,9 ng TEQ_{fisk}/kg (NV rapport 5799). För både de kemiska och cellbaserade analyserna var ∑TEQ högst i LX2. Här överskrids gränsvärdet med 304 gånger för det cellbaserade testet och 193 gånger för de kemiska analysresultaten. Den lägsta halten i Laxsjön (33 ng TEQ/kg TS, LX4) överstiger gränsvärdet med 36 gånger enligt kemiska analyser medan den lägsta effektbaserade halten (30 ng TEQ/kg TS, LX3) överskrider gränsvärdet 33 gånger.

I en nyligen genomförd studie av dioxin i abborre från Laxsjön återfanns dock inte högre halter än på övriga lokaler som undersöktes i området. Dessutom var halterna i Laxsjön (0,24 ng/kg) under föreslaget värde (8 ng/kg) för biota. Fiskproverna är dock tagna från södra delarna av Laxsjön varför bedömning av norra delen är oviss. Det förslag som finns för dioxiner och plana PCBer baseras på risk för predatorer, varför en statusklassning ska baseras på biotadata. Ekologisk status med avseende på dioxiner bedöms därför tills vidare som god men att det finns en risk för sänkt status pga. lokalt kraftigt förhöjda halter i sediment. Uppföljande studier på stationär fisk fångad i norra delen skulle vara önskvärd för att bedöma biotillgängligheten.

9. Kompletterande effektbaserad metodik för bedömning av status och påverkan

Som ett komplement till kemiska analyser analyserades även respons med cellbaserade tester (CALUX). Ett av dessa tester, DR CALUX, visade sig ge jämförbara resultat med de kemiska analyserna (se 7.2.5), och utvärderas med samma bedömningsgrunder. Övriga tester kan än så länge inte utvärderas i absoluta termer men ger en indikation om förekomst och relativa belastningen.

9.1. Effekten av polyaromatiska kolväten (PAH)

PAH-CALUX ger utslag på sådana mindre stabila ämnen som också binder till Ah-receptorn och därmed kan ge liknande effekter som dioxiner. Hit hör benso(a)pyren varför resultaten uttrycks i benso(a)pyren-ekvivalenter. Flera andra substanser kan dock också ge utslag i testet, varför en jämförelse med Benso(a)pyren-data och kemiska haltkriterier för denna substans kan vara missvisande. Högst effekt syntes i lokal LX2 och LX4 (diagram 22). För kemiska analyser är halterna generellt av PAHer (inklusive benso(a)pyren istället högre i LX1 än i LX2. Halterna av B(a)P är också betydligt lägre än benso(a)pyren-ekvivalenter uppmätta med PAH CALUX. Detta antyder att en stor andel av de substanser som ger utslag i PAH CALUX inte utgörs av de PAHer som analyserats kemiskt. Detta är inte förvånande då även t.ex. alkylerade och substituerade PAHer kan tänkas binda till Ah-receptorn. Det är i dagsläget ont om svenska PAH CALUX data att jämföra med men i en studie längs västkusten varierade värdena mellan 0,6-6,7 och med en median på 1,3.

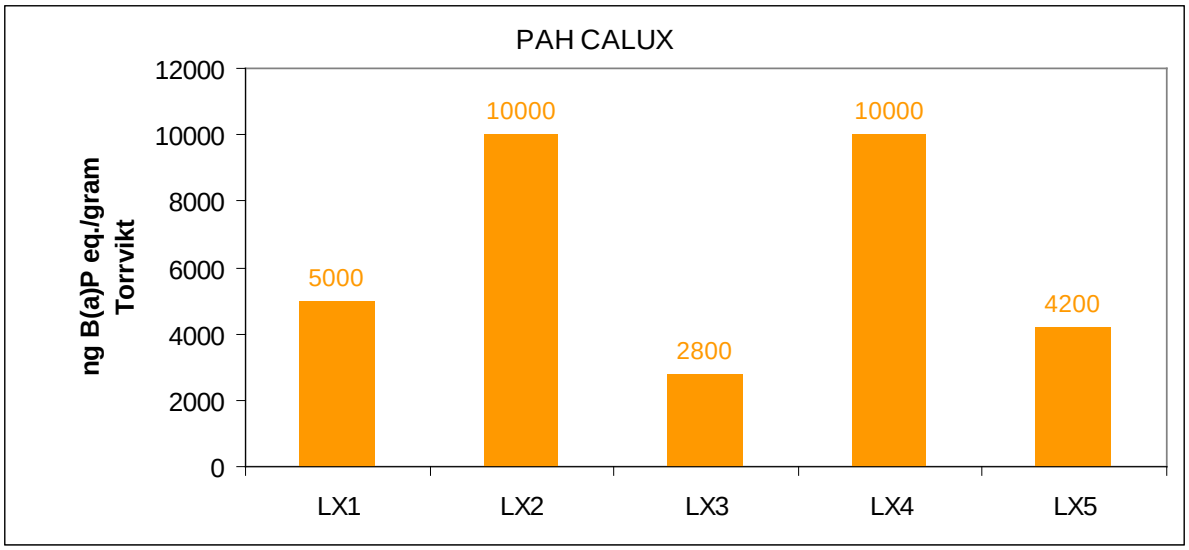


Diagram 22. Förekomst av PAHer som binder till Ah-receptorn i sedimentet.

Troliga utsläppskällor till den här typen av substanser är via ofullständig förbränning av organiska material, t.ex. vid skogsbränder och i förbränningsmotorer men förekommer även t.ex. i stenkol och petroleumprodukter (Ribeiro J., et al. 2012).

9.2. PPAR- gamma

In vitro-effekter på peroxisom proliferation bestämdes med PPAR gamma assay. Metoden indikerar responsen av aktiverade peroxisom proliferator-activated receptor gamma (PPARgamma). PPAR-gamma är en av många nukleära hormon-receptorer med funktioner som t.ex. involverar metabolism av glukos och lipider, reglering av insulin, anti-inflammatoriska effekter och effekter som motverkar cancer (L. Gijsbers, et al., 2011, B. Ravikumar et al., 2007). Vid inbindning av ligand till receptorn binder ligand-receptorkomplexet till peroxisome proliferator – responsive element (PPRE) och leder till genuttryck av dessa gener. Olika ftalater[11] och deras metaboliter och TBT har visats kunna binda till och aktivera PPAR-gamma och därmed störa de normala effekter receptorn kan ha (C. Casals-Casas et al., 2008). Högst effekt på PPARgamma visades i lokal LX4 och LX2 (diagram 23) men skillnaderna är inte lika tydliga som för PAH CALUX.

Det finns än så länge ont om svenska PPAR CALUX data på sediment att jämföra med, men i en studie längs västkusten varierade värdena mellan <18- 112 ng/g TS. Detta skulle därför indikera att halterna av de substanser som aktiverar PPAR-gamma inte är anmärkningsvärt höga.

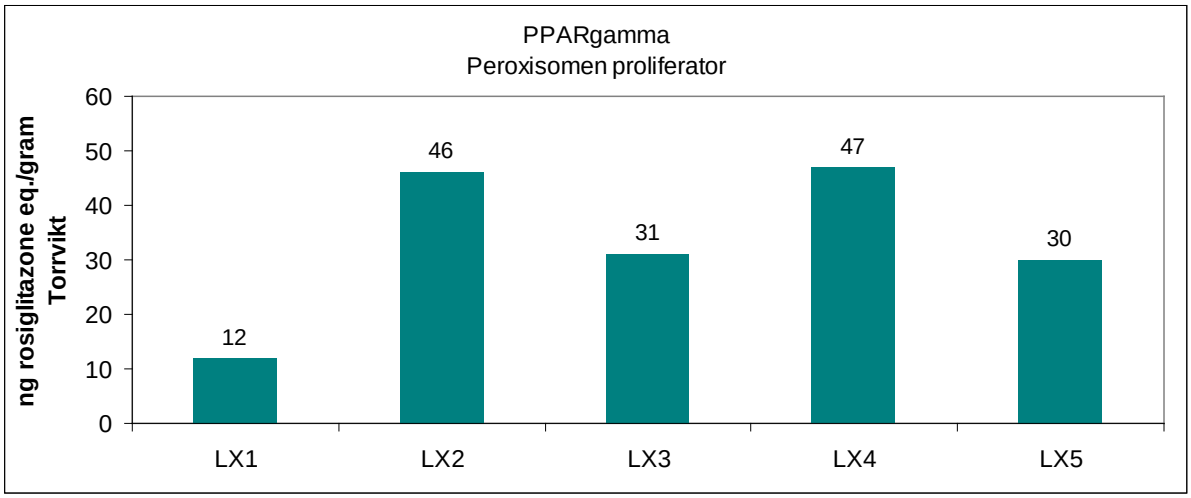


Diagram 23. Effekt av peroxisom proliferator i sediment analyserad genom PPARgamma.

[11] Metoden är t.ex. en stark kandidat för screening av nyframställda mjukgörare och andra ämnen i ett tidigt skede (A. Lampen et al., 2003).

9.3. Anti-androgen respons

Effekten från anti-androgener bestämdes genom anti-AR CALUX assay och visade att störst effekt i sedimentet från anti-androgener var i lokal LX4 och LX2 (diagram 24), men skillnaderna är inte lika tydliga som för PAH CALUX. Det finns än så länge inte många svenska anti-AR CALUX studier att jämföra med. Anti-AR CALUX har mätts i sediment ifrån Bohuskusten där halterna varierade från 3-25 µg/g TS. Substanser med anti-androgena effekter kan förekomma naturligt i växtdelar (t.ex. 3,3'Diindolylmetan)(Le, H.T. et al., 2003) men även släppas ut antropogent via diffus avrinning eller genom vattenreningsverk och avlopp. Industriella kemikalier som har vistats kunna ge upphov till anti-androgena effekter är bl.a: vissa ftalater t.ex. Di-n-butylftalat (DBP) och di-(2-etylhexyl)ftalat (DEHP) och vissa parabener som är vanliga i kosmetika och läkemedel och visats kunna ge upphov till anti-androgena effekter i vissa akvatiska arter (Rider CV et al., 2010). Många pesticider och insekticider har visats inneha anti-androgena effekter (Gray LE et al., 2001). Även fenylfenoler, bisfenol-A, 4-*tert*-oktylfenol har visats kunna ge upphov till antiandrogen aktivitet i vissa cellinjer (Paris F., 2002). Då LX4 ligger i närheten av ett reningsverk skulle detta kunna tänkas vara en bidragande orsak till varför halterna är högst i denna lokal.

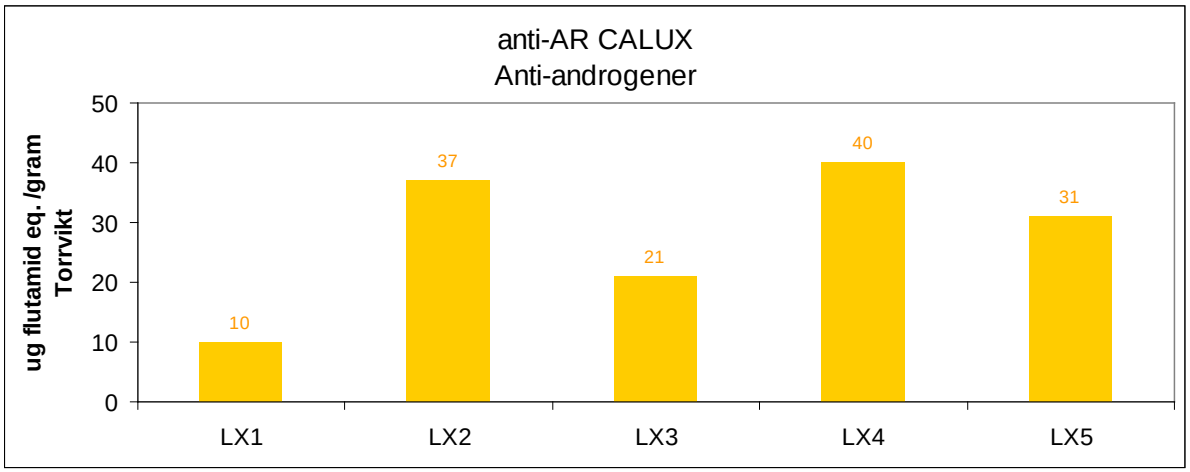


Diagram 24. Skillnader för anti-androgena ämnens effekter mellan lokaler i sediment analyserade genom anti-AR CALUX på sediment från Laxsjön. Jämförvärde saknas.

9.4. Östrogen respons

In vitro-effekten av östrogener mättes med ER CALUX assay. Antropogena ämnen som kan ha östrogen effekt är bl.a. vissa läkemedel, i synnerhet etinylestradiol men även naturliga steroider. Även DDT, DDE, doxiner, PCBer och alkylfenoler har visats kunna ge östrogena effekter (Newman and Unger, 2003). Effekten från östrogena ämnen visar högst effekt i LX4 och LX2. Utsläpp av östrogena substanser från vattenreningsverket vid LX4 är troligtvis en betydande anledning till att halterna är högst i denna lokal. Mätningar i Bohuskusten gav halter som varierade mellan 0,08 – 0,2.

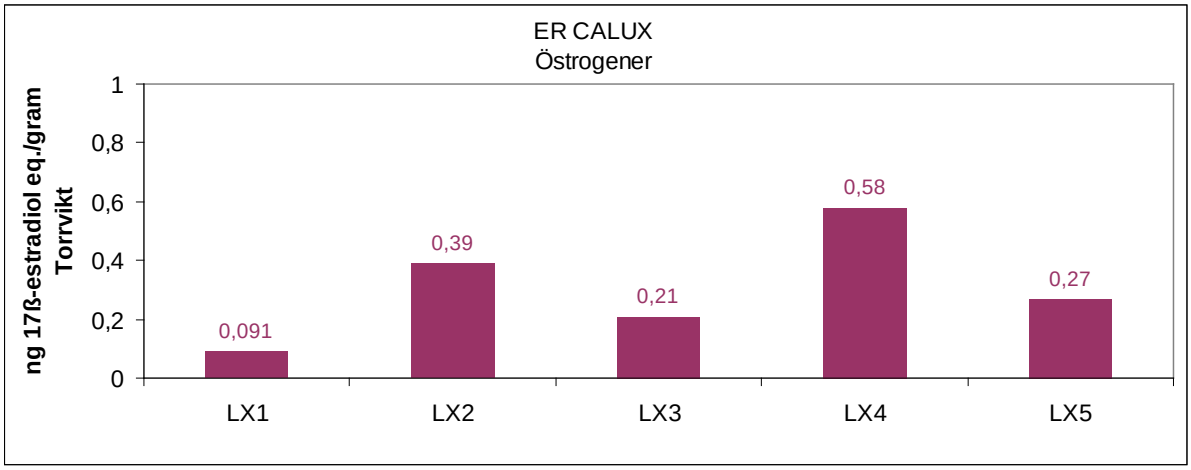


Diagram 25. Östrogena ämnens effekt i sediment analyserad med ERA CALUX. Stapeldiagrammet liknar resultatet från anti-androgena effekter men har tydligare skillnader mellan lokaler.

10. Sammanfattande slutsatser och rekommendationer

Ytsedimenten i Laxsjön har undersökts på fem lokaler och främst två av dessa bedöms vara påverkade av miljöfarliga ämnen. Detta baseras på analyser av ett stort antal kemiska substanser, varav de flesta är prioriterade ämnen enligt vattenförvaltningsförordningen. Bedömningen baseras även på resultat från s.k. in vitro tester för att undersöka förekomst av och skillnader i belastning för substanser med vissa typer av verkningsmekanismer.

På den ena lokalen (LX2), som ligger närmast Rexcell Tissue & Airlaid AB och ett område där man tidigare impregnerat virke, påträffades tydligt förhöjda halter av framförallt DEHP, koppar och klorerade substanser: dioxiner, klorparaffiner (C14-16), PCP och PCB. Den andra påverkade lokalen (LX4) ligger närmast bl.a. Munksjö Paper AB Billingsfors, ett avloppsreningsverk och det nedlagda sågverket Billingsfors Sågverks AB. Här påträffades något förhöjda halter av TBT, PCBer och flera PAHer. Halterna av PAHer i denna lokal låg i nivå med dem som även påträffades i en annan lokal längre norrut (LX1) och som främst kan tänkas exponeras från avrinning från en landsväg.

In vitro testet ”DR CALUX” bekräftade de kemiska analysresultaten för dioxiner, dibenzofuraner och plana PCBer efter framräkning av TCDDekv, dvs. att det främst är LX2 som är belastad av den här typen av stabila substanser. Dioxinlika effekter kan dock även uppstå till följd av exponering för ett stort antal PAHer varav flera inte normalt ingår i den kemiska analysen. Denna respons kan analyseras med PAH CALUX och detta test gav utslag främst i LX2 och LX4. Komplexa PAHer med dioxinlika egenskaper förekommer således i lika hög grad i LX4 som i LX2 men i lägre utsträckning vid de övriga stationerna. Även de andra in vitro testerna, PPAR gamma, Anti-AR och ER CALUX indikerar att det är störst respons i LX2 och LX4. Responsen i ER CALUX är särskilt förhöjd i LX 4 vilket inte är förvånande med tanke på närvaron av ett reningsverk och att testet ger utslag på östrogena ämnen. Det finns än så länge få data för in vitro analyser på sediment i Sverige att jämföra med men utifrån de som finns verkar t ex PPAR gamma (ger utslag på ämnen som ger upphov till peroxisomdelning i celler) inte vara anmärkningsvärt högt och responsen som observerades för anti AR CALUX (anti androgena effekter) ligger inom samma intervall som observerats tidigare.

Resultaten utvärderades också med avseende på risk för effekter och en preliminär bedömning av status enligt vattenförvaltningsförordningen. Bedömningen är preliminär eftersom bedömningsgrunder för sediment ännu inte fastställts och en revidering av 2008/105/EG pågår, men halten av DEHP i LX2 indikerar risk för effekter (sänkt status). Utöver dessa överskrider även halterna av dioxiner, TBT, och nickel de nivåer som kan tänkas ge effekter, men detta gäller på samtliga lokaler och troligen för ett stort antal platser i Sverige.

Halterna av DEHP, koppar och dioxiner i LX2 bedöms höga även i ett nationellt perspektiv och vidare utredningar behövs för att ta reda på varför de förekommer i så pass höga halter i ytan. Ett första steg i att utreda åtgärdsbehov skulle därför kunna vara att undersöka om halterna är neråtgående, genom analys på djupare sedimentlager. Om tydlig neråtgående gradient inte kan observeras behöver man utreda om det finns risk för utläckage från land. Eftersom det dessutom är problematiskt att bedöma om ämnena i sedimenten är biotillgängliga vore ytterligare undersökningar på organismer (halter och effekter) som lever relativt stationärt i området angelägna. Analyserna visar även att LX4 kan anses vara påverkad men främst av dioxinliknande PAHer och östrogena substanser. Huruvida de är biotillgängliga och förekommer i så pass höga halter att de kan tänkas ge negativa effekter är dock svårt att bedöma enbart utifrån dessa resultat. I takt med att fler analysresultat förhoppningsvis blir tillgängliga för *in vitro*- testerna underlättas bedömningen av huruvida halterna är att anse som förhöjda i ett nationellt perspektiv. Man skulle även kunna följa upp resultaten genom att undersöka s.k. biomarkörer, som svarar på substanser med dessa verkningsmekanismer, i fisk från området.

11. Källor

Balabanic, D, Rupnik, M, Klemencic, AK. 2011. Negative impact of endocrine-disrupting compounds on human reproductive health. Reproduction fertility and development, Vol. 23, Issue: 3, Pages: 403-416.

Casals-Casas, C, Feige, J.N, och Desvergne, B, 2008. Interferenceof pollutants with PPARs: endocrine disruption meets metabolism. International Journal of Obesity, Vol. 32, pp.53-61.

Cinclus C sportfiskeguide, webbplats: http://www.sportfiskeguide.se/spfguide/vatten/laxsjon2.htm

CIS 27 – Common implementation strategy for the water framework directive (2000/60/EC). Guidance document No. 27. Technical guidance for deriving environmental quality standards. Technical report 2011 – 055. ISBN : 978-92-79-16228-2.

EUR: Institute for Health and Consumer Protection, Toxicology and Chemical Substance (TCS), European Chemicals Bureau, I-21027 Ispra (VA) Italy, summary risk assessment report for DEHP (2008).

Gray, L.E, Ostby, J, Furr, J, Wolf, C.J, Lambright, C, Parks, L, Veeramachaneni, D.N, Wilson, V, Price, M, Hotchkis,s A, Orlando, E, Guillette, L, 2001. "Effects of environmental antiandrogens on reproductive development in experimental animals". Human Reproduction Update 2, pp. 248-64.

Grotell C., 2010. Metaller och dioxiner i abborre i Dalslands kanal år 2010. Dalslands kanals vattenvårdsförbund. ÅF infrastructure.

Bedömning av miljögiftspåverkan i vattenmiljö, 2010. Samordnad metodutveckling. Karl Lilja, Hanna Andersson, Andreas Woldegiorgis, Anders Jönsson, Anna Palm-Cousins, Katarina Hansson och Eva Brorström-Lundé. IVL Rapport B1891.

Kompletterande huvudstudie av förorenade sediment i Viskan, 2008. Resultatrapport 2009:02.

Gijsbers, L, Man, H.Y, Kloet, S.K, Haan, L.H.J, Keijer,J, Rietjens, I.M.C, Burg, B.V.D, Aarts, J.M.M, 2011. Stable reporter cell lines for PPAR3-mediated modulation of gene expression, Analytical Biochemistry.

Lampen, A, Zimnik, S, Nau, H, 2003. Teratogenic phthalate esters and metabolites activate the nuclear receptors PPARs and induce differentiation of F9 cells. Toxicology and Applied Pharmacology. Vol: 188, Issue: 1, Pages: 14-23.

Le, H.T, Schaldach, C.M, Firestone, G.L, Bjeldanes, L.F, 2003. Plant-derived 3,3'-Diindolylmethane is a strong androgen antagonist in human prostate cancer cells. J Biol Chem. 2003 Jun 6;278(23):21136-45.

Metodik för inventering av förorenade områden, 1999. Bedömningsgrunder för miljökvalitet. Vägledning för insamling av underlagsdata. MIFO. Rapport 4918.

Naturvårdsverket, 1999. Bedömningsgrunder för miljökvalitet: Kust och hav. Rapport 4914. ISBN 91-620-4914-3. Innehåller statistisk tillståndsklassning.

Naturvårdsverket, 2000. Bedömningsgrunder för miljökvalitet: Sjöar och vattendrag. Rapport 4913. ISBN: 91-620-4913-5.

Naturvårdsverket, 2007. Status, potential och kvalitetskrav för sjöar, vattendrag, kustvatten och vatten i övergångszon. En handbok om hur kvalitetskrav i ytvattenförekomster kan bestämmas och följas upp. Handbok 2007:4, utgåva 1. Bilaga B: Bedömningsgrunder för sjöar och vattendrag.

Naturvårdsverket, 2008. Förslag till gränsvärden för särskilda förorenande ämnen. Stöd till vattenmyndigheten vid statusklassificering och fastställande av MKN. Rapport 5799.

Newman, M.C, and Unger, M.A, 2003. Fundamentals of ecotoxicology. Second edition. ISBN: 1-56670-598-3.

Norska Statens forurensningstilsyn, 2007, rapport 2229.

Paris, F, Balaguer, P, Térouanne, B, Servamt, N, Lacoste, C, Cravedi, J.P., Nicolas, J.C., Sultan, C. 2002. Phenylphenols, biphenols, bisphenol-A and 4-tert-octylphenol exhibit a and b estrogen activities and antiandrogen activity in reporter cell lines.Molecular and cellular endocrinology, Vol. 193, pp. 43-49.

Pollution Prevention and Abatement Handbook. World Bank Group. Effective July 1998.

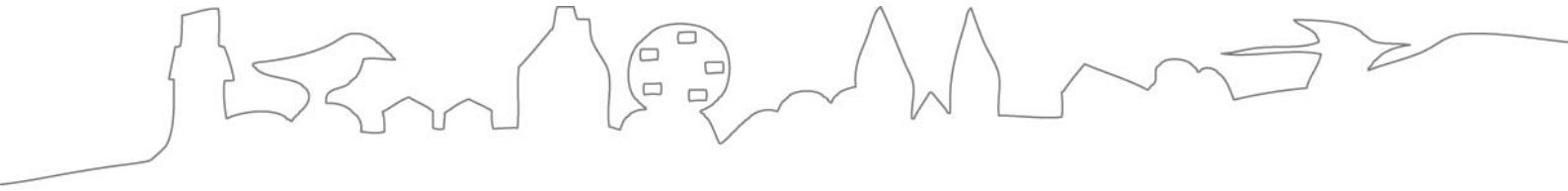
Ravikumar, B, Gerrard, J, English, P. T, Firbank, M. J, Taylor, R. 2007. Combination therapy with PPARgamma and PPARalpha agonists in Type 2 diabetes improves glucose and lipid metabolism independent of changes in tissue triglyceride content. Diabetic medicine, Vol.24, p.p. 43-43.

Ribeiro, J, Silva, T, Filho, J.G.M and Flores, D. 2012. Polycyclic aromatic hydrocarbons(PAHs) in burning and non-burning coal waste piles. Journal of hazardous materials. Vol. 199-200, p.p. 105-110.

Rider, C.V, Furr, J.R, Wilson, V.S, Gray, L.E Jr. 2010. "Cumulative effects of in utero administration of mixtures of reproductive toxicants that disrupt common target tissues via diverse mechanisms of toxicity". International Journal of Andrology 33: 443-62.

Bilaga 1. Lista över analyserade substanser

Analyserade substanser och effektbaserade tester		
Detekterade		**Ej detekterade**
Prioriterade ämnen	WHO(1998)-PCDD/F TEQ inkl. + exkl. LOQ	P-tert-oktylfenol
Tributyltenn, TBT*	WHO(1998)-PCB TEQ inkl. + exkl. LOQ	Triklorbensen
Pentaklorfenol	total PFC compounds inkl. + exkl. LOQ	Total C10-C13Klorparaffin*
Nonylfenol*	Total C17 inkl. LOQ	Total C14-C17 excl. LOQ
Di-(2-etylhexyl)ftalat (DEHP)	Total C16 inkl. LOQ	Triklorbensener (summa)
Antracen*	Total C15 inkl. LOQ	Trifenyltenn, TPT
Benzo(ghi)perylen	Total C14 inkl. LOQ	Tricyklohexyltenn
Benzo(a)pyren	Torrsubstans	Total C17 excl. LOQ
Fluoranten	TOC beräknat	Total C16 exkl. LOQ
Indeno(1,2,3-cd)pyren	Perfluoroktanoid syra (PFOA)	Total C15 exkl. LOQ
Naftalen	Perfluoroktane-sulfonamid (PFOSA)	Total C14 exkl. LOQ
Benzo(k)fluoranten	Perfluornonanoid syra (PFNA)	Total C13-Klorparaffin inkl. + exkl. LOQ
Benzo(b/j)fluoranten	Perfluorhexanoid syra (PFHxA)	Total C12-Klorparaffin inkl. + exkl. LOQ
Bly, Pb	Perfluorhexan sulfonat (PFHxS)	Total C11-Klorparaffin inkl. + exkl. LOQ
Kadmium, Cd*	Perfluordodekan syra (PFDoA)	Total C10-Klorparaffin inkl. + exkl. LOQ
Kvicksilver, Hg*	Perfluordekan sulfonat (PFDS)	Total C10- to C13-Chloroparaff. exkl.LOQ
Nickel, Ni	Perfluorheptanoid syra (PFHpA)	Total 16 EPA-PAH inkl. + exkl. LOQ
Priokandidater	Perfluordekanoid syra (PFDA)	Tetraklorbensener (summa)
PCB 189	Perfluorbutansulfonat (PFBS)	Tetrabutyltenn
PCB 169	Nonylfenolmonoetoxylat	Pentaklorbensen (som OKB/PK)
PCB 167	Monobutyltenn, MBT	Nonylfenoldietoxylat
PCB 157	I-TEQ (NATO/CCMS) inkl. LOQ	Monooktyltenn
PCB 156	I-TEQ (NATO/CCMS) exkl. LOQ	Monoklorbensen
PCB 126	Glödförlust	Monofenyltenn, MPT
PCB 123	Di-n-oktylftalat	Hexaklorbensen
PCB 118	Dibutyltenn, DBT	Dioktyltenn
PCB 114	Krysen	Di-n-butylftalat
PCB 105	Total C14-C17 inkl. LOQ	Dimetylftalat
PCB 81	Total PentaCDF	Diklorbensener (summa)
PCB 77	Total PentaCDD	Di-iso-nonylftalat
Perfluorooctane sulfonate (PFOS)	Total HexaCDF	Di-iso-decylftalat
total PFOS /PFOA inkl. LOQ	Total HexaCDD	Difenyltenn; DPT
total PFOS /PFOA exkl. LOQ	Total HeptaCDF	Dietylftalat
Effektbaserade tester	Total HeptaCDD	C13-Klorparaffin (4 st)
Anti AR CALUX	OktaCDF	C12-Klorparaffin (5 st)
DR CALUX	OktaCDD	C11-Klorparaffin (6 st)
ER CALUX	2,3,7,8-TetraCDD	C10-Klorparaffin (4 st)
PAH CALUX	2,3,4,7,8-PentaCDF	Butylbensylftalat
PPAR CALUX	2,3,4,6,7,8-HexaCDF	4-klorfenol
Övriga ämnen	1,2,3,7,8-PentaCDF	3-klorfenol
Arsenik, As	1,2,3,7,8-PentaCDD	3,5-diklorfenol
Barium, Ba	1,2,3,7,8,9-HexaCDF	3,4-diklorfenol
Kobolt, Co	1,2,3,7,8,9-HexaCDD	3,4,5-triklorfenol
Vanadin, V	1,2,3,6,7,8-HexaCDF	2-klorfenol
Koppar, Cu	1,2,3,6,7,8-HexaCDD	2,6-diklorfenol
Krom, Cr	1,2,3,4,7,8-HexaCDF	2,4+2,5-diklorfenol
Zink, Zn	1,2,3,4,7,8-HexaCDD	2,4,6-triklorfenol
C17-Klorparaffin (4 st)	1,2,3,4,7,8,9-HeptaCDF	2,4,5-triklorfenol
C16-Klorparaffin (4 st)	1,2,3,4,6,7,8-HeptaCDF	2,3-diklorfenol
C15-Klorparaffin (4 st)	1,2,3,4,6,7,8-HeptaCDD	2,3,6-triklorfenol
C14-Klorparaffin (5 st)	Total TetraCDF	2,3,5-triklorfenol
Pyrene	Total TetraCDD	2,3,5,6-tetraklorfenol
Phenanthrene	Total Tetra- OktaCDF	2,3,4-triklorfenol
Benz(a)anthracene	Total Tetra- OktaCDD/F	2,3,4,6-tetraklorfenol.
Dibenz(a,h)anthracene	Total Tetra- OktaCDD	2,3,4,5-tetraklorfenol
Fluoren	Acenaphthylene	Diklorbensen (3 st)
	Acenaphthene	1,2,3,5-/1,2,4,5-Tetraklorbensen
* Farliga prioriterade ämnen enl. WFD		1,2,3,4-Tetraklorbensen
Färgkoder:		
Prioriterade ämnen	Priokandidater	Effektbaserade tester



LÄNSSTYRELSEN
VÄSTRA GÖTALANDS LÄN