

PCB i Oxundasjön - mängder och flöden

För Upplands Väsby kommun

Magnus Karlsson, Anna Palm Cousins, Mikael Malmaeus

Författare: Magnus Karlsson, Anna Palm Cousins, Mikael Malmaeus
På uppdrag av: Upplands Väsby kommun
Rapportnummer: U 5556:2

© IVL Svenska Miljöinstitutet 2016
IVL Svenska Miljöinstitutet AB, Box 210 60, 100 31 Stockholm
Tel: 010-7886500 Fax: 010-7886590
www.ivl.se

Rapporten har granskats och godkänts i enlighet med IVL:s ledningssystem

Sammanfattning

Oxundasjön har visat sig vara kraftigt kontaminerad av polyklorerade bifenyl (PCB), en kemikalie som i Sverige började användas i stor skala under 1940-talet och som fick ett vitt användningsområde bland annat som isolator i transformatorer och kondensatorer, som tillsats i hydrauloljor och som mjukgörare i fogmassor. Under slutet av 1960-talet upptäcktes att PCB förekom i höga halter i miljön och att det kunde ge upphov till negativa effekter, exempelvis reproduktionsstörningar bland djur som lever högt uppe i näringskedjan exempelvis örnar och sälar. Detta i kombination med upptäckten att personer som handskades med PCB kunde skadas av detta ledde så småningom till att användningen av kemikalien fasades ut. Genom att PCB är svårnedbrytbart förekommer dock kemikalien fortfarande i miljön.

I Oxundasjön konstaterades under ett forskningsprojekt som pågick mellan 2013 och 2014 att fisk från sjön innehöll exceptionellt höga halter av PCB. Studien följdes upp med kompletterande undersökningar av fisk och sediment i avrinningsområdet vilket bekräftade bilden av ett kraftigt kontaminerat system och att föroreningen var spridd till Rosersbergsviken en vik av Mälaren där utloppet från Oxundasjön mynnar.

Föreliggande undersökning har syftat till att undersöka:

- hur spridd PCB-föroreningen är i sediment, d.v.s. de övre delarna av sjöbotten, i Oxundasjön och vidare nedströms i Mälaren
- hur djupt ned i sedimenten som föroreningen förekommer, vilket i sin tur ger en indikation på hur länge föroreningstillförseln pågått
- hur stora mängder av PCB som totalt finns upplagrat på botten av Oxundasjön
- hur tillförseln, omsättningen och utförseln av PCB till och från Oxundasjön ser ut idag.

Resultatet av undersökningen visar att:

- praktiskt taget hela Oxundasjöns botten innehåller höga halter av PCB och att föroreningen är spridd nedströms till Rosersbergsviken och Mälarfjärden Skarven men att PCB-halterna klingar av ju längre bort man rör sig från Oxundasjön. Vid Munkholmen i höjd med Kairobadet i den södra ändan av Skarven är PCB-halten på en nivå som kan anses motsvara ett bakgrundsvärde i Stockholmsregionen.
- PCB förekommer åtminstone ned till 25 cm sedimentdjup i Oxundasjön, vilket indikerar att tillförseln av PCB pågått sedan åtminstone 1960-talet.
- PCB-halterna är högre en bit ned i sedimenten, vilket indikerar att föroreningstillförseln historiskt varit högre.
- det finns uppskattningsvis 2 ton av PCB i Oxundasjöns sediment varav närmare hälften av denna mängd påträffas i närheten av Väsbyåns mynning och att denna uppskattade mängd gör föroreningssituationen unik i sitt slag i Sverige.

– en övervägande del av den sammanlagda PCB-mängden återfinns i djupare sedimentlager där den inte är åtkomlig för organismer och att den kvarvarande PCB-mängden successivt kommer att begravas i nytt sedimenterande material. Detta är nödvändigt att beakta vid framtida diskussioner om eventuella saneringsinsatser.

– tillförseln av PCB till Oxundasjön idag huvudsakligen sker från Väsbyån men att denna tillförsel troligtvis är väsentligt lägre än den varit historiskt. Att det huvudsakligen är läckage från sedimenten som avgör hur stor exporten av PCB idag är till Mälaren samt det sannolikt sker en viss avgång av PCB från sjöns vatten till omgivande luft.

När det gäller risker för människors och husdjurs hälsa är bedömningen utifrån de halter och mängder av PCB som påträffats att:

– det inte föreligger någon risk att människor eller husdjur tar skada av att komma i kontakt med vatten eller sediment i samband med exempelvis bad i Oxundasjön.

– människor eller husdjur inte utsätts för hälsorisker genom intag via hud vid kontakt med förorenad jord eller sediment, genom att dricka vatten, ens i stora mängder eller genom att bo eller vistas under längre tid i närheten av Oxundasjön.

– att den hälsorisk som identifierats begränsas till långvarig och hög konsumtion av fisk från Oxundasjön eller Roserbergsviken och att denna risk främst gäller barn och fertila kvinnors framtida avkommor.

Innehållsförteckning

Sammanfattning	2
1 Inledning	5
2 Metodik.....	5
2.1 PCB _{tot} och PCB ₇	5
2.2 PCB-förråd i sediment	5
2.3 Påverkansområdets utbredning	7
2.4 Uppskattning av PCB-flöden	7
2.4.1 Tillflöden och utflöde	7
2.4.2 Atmosfärsutbyte	8
2.4.3 Utbyte mellan vatten och sediment.....	8
3 Resultat och diskussion.....	9
4 Tentativa slutsatser	15
5 Referenser.....	16
Bilaga 1 – Positioner och vattendjup vid sedimentprovtagningsstationer.....	17
Bilaga 2 – Foton av sedimentkärnor från Oxundasjön samt ytsediment från Ladbrodammen	18

1 Inledning

Som ett led i pågående utredningar gällande PCB-kontamineringen av Oxundasjön har kompletterande mätningar av sjösedimentets PCB-innehåll genomförts i syfte att beräkna den totala mängden PCB som finns upplagrad i Oxundasjöns botten. Ytsedimentens kontamineringsgrad har även undersökts i en transekt från Ladbrodammen, ett uppsamlingsmagasin för dagvatten i centrala Väsby till Kairobadet i södra delen av Mälarfjärden Skarven, till vilken vatten från Oxundaåsystemet avbördas. Vidare har flödena av PCB till, från och inom Oxundasjön uppskattats baserat på tidigare mätningar av vattenkoncentrationer och modellberäkningar av det diffusiva utbytet mellan sediment, vatten och luft.

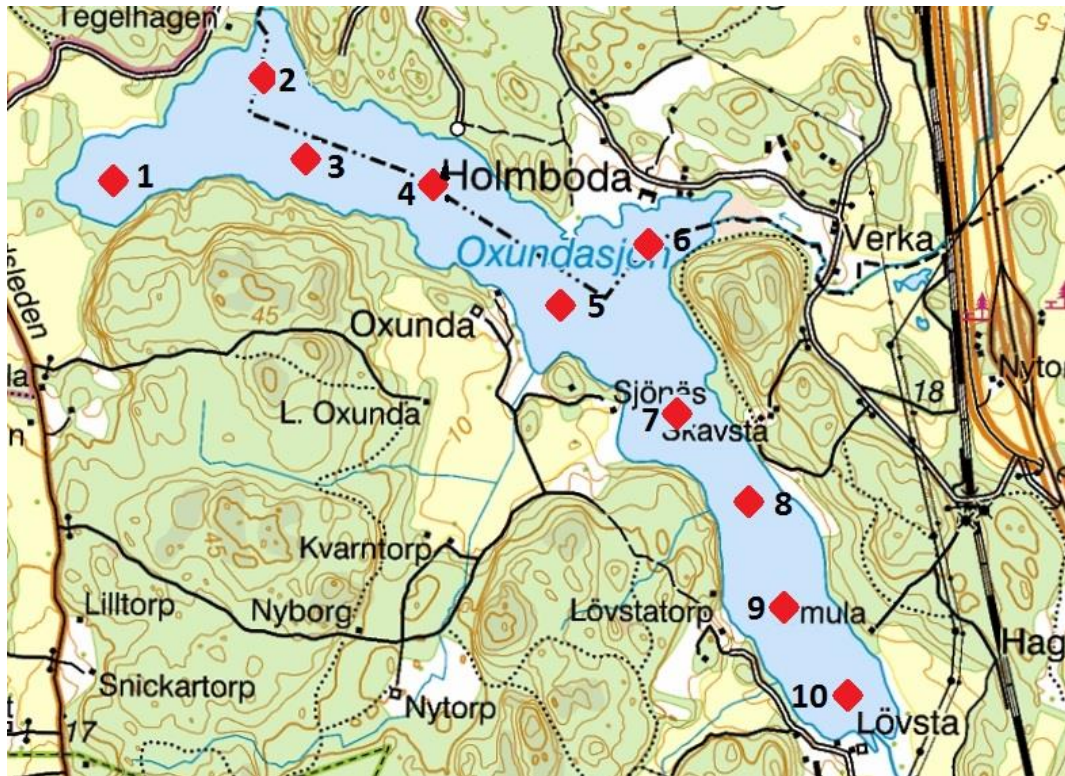
2 Metodik

2.1 PCB_{tot} och PCB₇

En ofta tillämpad tumregel (Koniczny & Mouland, 1997; Elert et al., 2000) postulerar att den summerade halten av de sju så kallade indikatorkongenerna som ingår i ΣPCB_7 utgör 20 % av den summerade halten av samtliga 209 PCB-kongener ($\Sigma\text{PCB}_{\text{tot}}$) i den tekniska PCB-blandningen Aroclor 1242. Tidigare studier av kongenprofiler i sediment från Oxundasjön (Karlsson, 2014) har indikerat att kongensammansättningen i PCB-föroreningen har likheter med sammansättningen av Aroclor 1242, varför ovan beskrivna omräkningsfaktor använts.

2.2 PCB-förråd i sediment

Tio sedimentkärnor (**Fig. 1**) jämnt fördelade över sjöns ackumulationsbottenareal (Jonsson, 2014) insamlades från båt 6 oktober 2015. Provtagningspunkterna positionerades med GPS och vattendjupet mättes med ekolod (**Bil. 1**). Sedimentkärnorna insamlades med en kajakprovtagare. Iland okulärbesiktigades och fotograferades varje kärna intakt (**Bil. 2**) varefter den skivades upp i 5-centimeter tjocka varv i nivåerna 0-5, 5-10, 10-15, 15-20 och 20-25 cm sedimentdjup. Prov från varje nivå homogeniserades varefter ett prov uttogs och överfördes till 212 ml glasburk. Sedimentproven transporterades därefter till Eurofins Environments filial i Uppsala för vidare transport till analyslaboratorium i Lidköping.



Figur 1. Karta med sedimentprovtagningsstationer (1-10) markerade.

I varje fem centimetersskikt av respektive sedimentkärna beräknades mängden PCB utifrån kännedom om skiktets vattenhalt och dess organiska halt. Sedimentens densitet beräknades i varje skikt enligt följande ekvation (från Håkanson & Jansson, 1983):

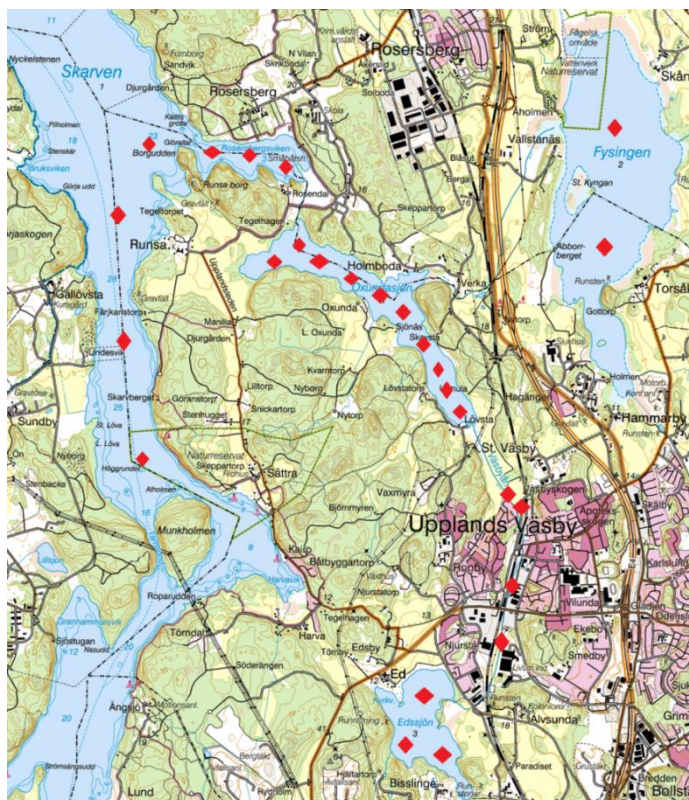
$$\rho = 100 * \rho_m / (100 + (\rho_m - 1) * (W + IG^o)) \quad (\text{ekv. 1})$$

där W är vattenhalten och IG^o den organiska halten (i procent av våtvikten). ρ_m är densiteten för mineral och antas vara $2,6 \text{ g cm}^{-3}$. Mängden PCB₇ per kvadratmeter beräknades därefter genom att multiplicera koncentrationen med mängden torrsbstans ($100 - W$), densiteten och skiktjockleken (0,05 m).

För att beräkna det totala förrådet (antal kg) av PCB som finns upplagrat i Oxundasjöns bottensediment genom sentida och historisk tillförsel ansattes att varje sedimentkärna representerar 10 % av den totala ackumulationsbottenarealen (bottnar med kontinuerlig deposition av finmaterial) på $1,36 \text{ km}^2$, vilket i sin tur antas utgöra 85 % av den totala bottenarealen (Jonsson, 2014).

2.3 Påverkansområdets utbredning

Sedimentens innehåll av PCB i Oxundaåsystemet har tidigare undersökts i Fysingen, Edssjön, Väsbyån, Oxundasjön och Rosersbergsviken och Mälarfjärden. För att söka avgränsa påverkansområdets utbredning insamlades förutom de i **Figur 1** redovisade nya provtagningspunkterna i Oxundasjön även några ytsedimentprov från Skarven i en sydgående transekt från Rosersbergsviken till i höjd med Kairobadet (**Fig. 2**). Därutöver insamlades även ytsediment från tre positioner i Ladbrodammen, en uppsamlings- och sedimentationsbassäng för en stor del av dagvattnet från Väsby tätort innan det avleds till Väsbyån.



Figur 2. *Sedimentprovtagningsstationer i Oxundaåsystemet, Rosersbergsviken och Skarven.*

2.4 Uppskattning av PCB-flöden

2.4.1 Tillflöden och utflöde

Beräkningar av den vattenburna transporten av PCB till och från Oxundasjön baseras på tidigare gjorda mätningar (Karlsson et al., 2015) av koncentrationer i tillflöden och utflöden till Oxundasjön (**Tab. 1**) och uppgifter om genomsnittliga vattenföringar (**Tab. 2**) hämtade från SMHI:s hydrologiska portal (www.vattenwebb.smhi.se).

Tabell 1. Uppmätta koncentrationer av ΣPCB_7 i vattendrag som mynnar i eller avbördar vatten från Oxundasjön. Från Karlsson et al., 2015.

Vattendrag	Enhet	juli 2015	oktober 2015
Väsbyån (tillflöde)	ng/l	1	0,38
Verkaån (tillflöde)	ng/l	0,07	0,1
Marängsåsån (utflöde)	ng/l	8,3	3

Tabell 2. Genomsnittlig vattenföring i Oxundasjöns tillflöden och utflöde. Från SMHI:s vattenwebb.

Vattendrag	Enhet	Medelvattenföring
Väsbyån (tillflöde)	m ³ /s	0,86
Verkaån (tillflöde)	m ³ /s	0,68
Ej mätta tillflöden	m ³ /s	0,06
Marängsåsån (utflöde)	m ³ /s	1,6

2.4.2 Atmosfärsutbyte

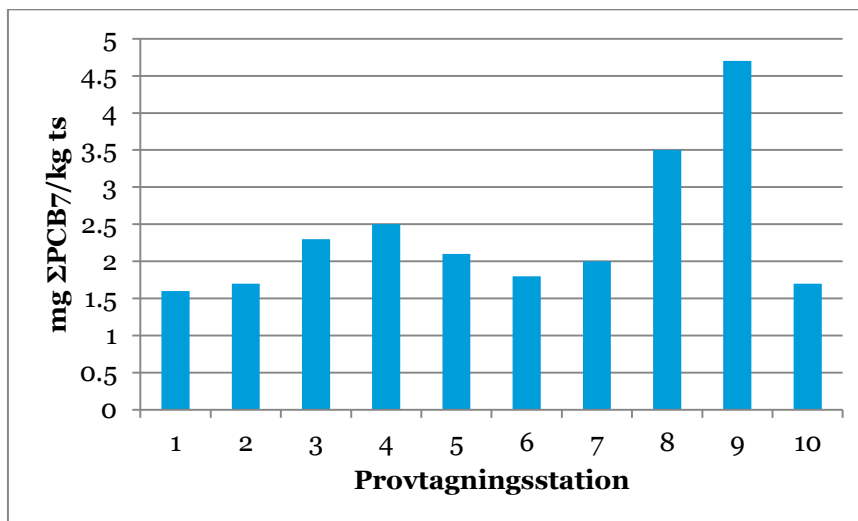
Det diffusiva utbytet mellan vatten och atmosfären beräknades med hjälp av den s.k. tvåfilmsmodellen (Lewis and Whitman, 1924; Whitman, 1962), vilken tidigare använts för bl. a. den PCB-förorenade Örserumsviken (Palm et al., 2001, Palm Cousins et al., 2007) och för sediment-vattensystemet i Kosterfjorden (Palm et al., 2004). Tvåfilmsmodellen bygger på principen att transport av gasformiga/lösta ämnen över gränsskiktet mellan vatten och luft drivs av koncentrationsgradienten mellan de två matriserna, vilket även kan uttryckas som en skillnad i fugacitet (f (Pa)) mellan vatten och luft. Utifrån uppmätta koncentrationer i de två faserna kan fugaciteten beräknas med hjälp av fugacitetskapaciteten (Z (mol/Pa m³)) för respektive fas enligt $f = C/Z$ och med hjälp av olika transportparametrar kan flödet mellan luft och vatten bestämmas. Parametrar som påverkar transporten är bland annat temperatur och vindhastighet. Koncentrationen i luft (gasfas) antogs motsvara den uppmätta koncentrationen i området kring Örserumsviken år 1999-2000, (77 pg/m³ för ΣPCB_7) vilket kan anses vara en relevant jämförelse då det även där rör sig om ett vattenområde förorenat med bl. a. PCB till följd av tidigare utsläpp från ett pappersbruk. Med hjälp av uppmätta koncentrationer i Oxundasjöns vatten, vilka omvandlades till lösta halter utifrån halt suspenderat material, uppskattades diffusionen mellan luft och vatten.

2.4.3 Utbyte mellan vatten och sediment

Diffusionen mellan vatten och sediment beräknades på likartat sätt som mellan luft och vatten, med hjälp av uppmätta koncentrationer i sediment och vatten och olika transportparametrar som bl. a. styrs av sedimentets porositet samt innehåll av organiskt kol. Principerna bakom beräkningarna beskrivs i detalj i Ejhed et al. (2013).

3 Resultat och diskussion

Uppmätta halter av ΣPCB_7 i ytsediment (0-5 cm) i en transekt från Oxundasjöns ena ände (1) till dess andra (10 Väsbyåns mynningsområde) redovisas i **Figur 3**. Medelvärdet av samtliga analyserade ytsediment uppgick till 2,4 mg/kg ts. Högst halt (4,7 mg/kg ts) uppmättes vid station 9.

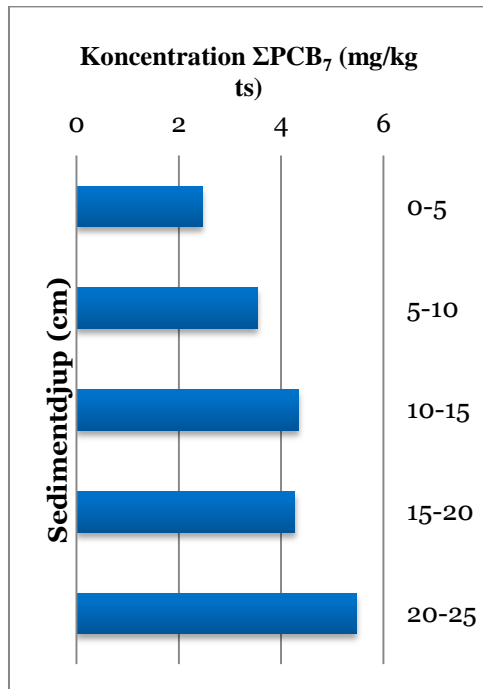


Figur 3. Halter av ΣPCB_7 i ytsediment (0-5 cm) i en transekt från nordvästra (1) till sydöstra (10) stranden av Oxundasjön.

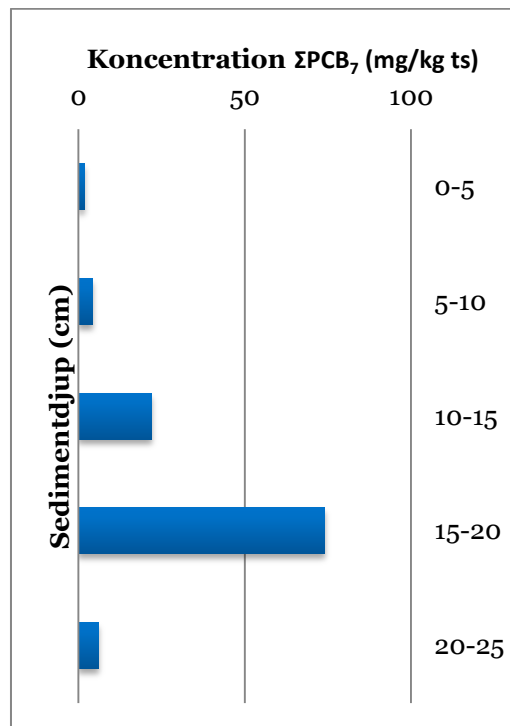
I **Figur 4** visas en genomsnittlig sedimentkärneprofil för provtagningsstation 1-9 avseende halten av ΣPCB_7 i respektive sedimentlager. Station 10 hade en avvikande profil med väsentligt högre halter i djupare liggande sedimentlager (**Fig. 5**). Den beräknade sammanlagda mängden av ΣPCB_7 vid respektive station och sedimentlager visas i **Tabell 3**. Av tabellen framgår att den beräknade sammanlagda mängden av ΣPCB_7 i de översta 25 centimetrarna av sedimenten på Oxundasjöns ackumulationsbottnar uppgår till knappt 500 kg varav drygt hälften återfinns på de 10 % av bottenarealen som representeras av station 10 intill Väsbyåns mynning. Omräknat till $\Sigma\text{PCB}_{\text{tot}}$ ger detta en total mängd av PCB på cirka 2400 kg.

Tabell 3. Beräknade mängder (kg) av ΣPCB_7 vid respektive sedimentstation och sedimentlager.

	Stn 1	Stn 2	Stn 3	Stn 4	Stn 5	Stn 6	Stn 7	Stn 8	Stn 9	Stn 10	Summa
0-5 cm	1	1	2	2	2	2	2	3	5	2	21
5-10 cm	1	2	3	3	3	5	2	5	12	11	48
10-15 cm	2	3	5	6	4	2	4	16	6	53	103
15-20 cm	3	6	6	11	5	1	8	9	2	163	213
20-25 cm	6	7	9	19	3	0	19	3	1	12	79
Summa	14	20	24	40	17	11	35	36	26	241	464



Figur 4. Halter (mg/kg ts) av ΣPCB_7 i en genomsnittlig sedimentkärna för stationerna 1-9.



Figur 5. Halter (mg/kg ts) av ΣPCB_7 i sedimentkärna från station 10.

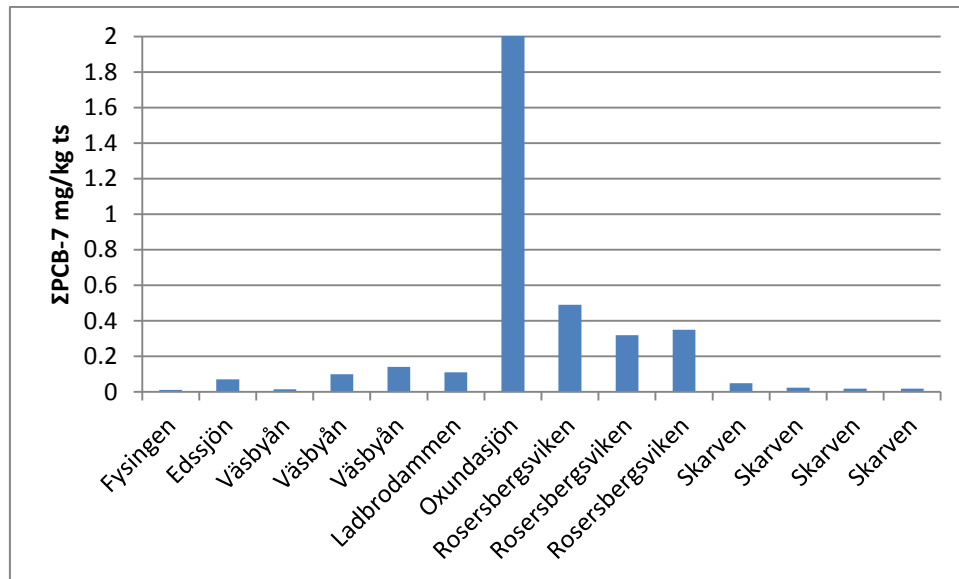
Av **Figur 3** framgår att PCB-kontamineringen av Oxundasjön omfattar i princip hela sjöns ackumulationsbottenareal (1,36 km²). Halterna i ytsedimenten var av tämligen uniform storleksordning med en viss förhöjning närmare Väsbyåns mynning. Halterna är av samma nivå som tidigare uppmätts (Karlsson, 2014).

Den beräknade sammanlagda mängden av PCB som finns upplagrat i sjöns sediment på drygt 2 000 kg är unik till sin omfattning och har såvitt känt inga motsvarigheter i Sverige. I de numera sanerade pappersbruksrecipienterna Järnsjön och Örserumsviken beräknades den sammanlagda PCB-mängden till ca 500 kg (NV,1999; Palm et al., 2001). Uppskattningen för Oxundasjön är dock osäker då nästan hälften av den sammanlagda PCB-mängden påträffades inom delområde 10 i sjöns södra ände och baseras på en enda sedimentkärna. Inom detta område fordras kompletterande mätningar för att kvantifiera PCB-mängderna. Det går inte att utesluta att PCB-kontamineringen sträcker sig djupare än 25 cm. Vid station 8 mättes förvisso PCB-halten för nivån 25-35 cm och befanns i förhållande till övriga djupnivåer vara låg (0,15 mg/kg ts).

PCB-halterna visade generellt på ökande halter med ökande sedimentdjup (**Fig. 4; Fig. 5**), vilket kan tolkas som att PCB-belastningen historiskt varit högre. Att det fortfarande är förhållandevis höga halter i ytsedimenten kan givetvis bero på att det fortfarande sker en tillförsel av PCB men det skulle också kunna förklaras av bottenlevande djurs omblandning av sedimentlagerföljden, så kallad bioturbation, vilket jämnar ut skillnader i koncentration mellan sediment som avsatts vid olika tillfällen. Att det sker en omfattande bioturbation är sannolikt då samtliga undersökta sedimentkärnors ytor var oxiderade (**Bil. 2**), och förekomst av makroskopiska sedimentlevande djur noterades i flera sedimentkärnor.

Det saknas kunskap om den faktiska sedimenttillväxten på Oxundasjöns ackumulationsbotten. I kommande undersökningar planeras att undersöka detta med hjälp av så kallad cesium-datering, vilket baseras på att en topp i radioaktivitet kan härledas till reaktorolyckan i Tjernobyli 1986. Risken finns dock att denna topp genom ovan nämnda bioturbation fördelats till olika nivåer i lagerföljden. En typisk sedimenttillväxt i näringsrika sjöar är 0,5 cm/år (Håkanson, 1999). Med det som utgångspunkt motsvarar nivån 25 cm i sedimentlagerföljden det material som sedimenterade i mitten av 1960-talet. Det är med andra ord sannolikt att PCB-tillförseln till Oxundasjön pågått under lång tid och att huvuddelen av tillförseln ägde rum decennier tillbaka i tiden.

I **Figur 6** redovisas halter av ΣPCB_7 i en transekt från sjöar uppströms Oxundasjön (Fysingen och Edssjön) över Oxundasjön och vidare sydvart i Mälaren. Från Oxundasjön och vidare ut i Mälaren förelåg en tydlig avtagande gradient i PCB-halt.



Figur 6. Halter (mg/kg ts) i ytsediment i en transekt från Fysingen/Edssjön nedströms i Oxundaåsystemet till mynningen i Rosersbergsviken och vidare sydvart i Skarven/Mälaren.

PCB-halterna i Oxundaåsystemet uppströms om Oxundasjön var väsentligt lägre än i sjön. Halterna i den av dagvatten belastade Ladbrodammen var inte påtagligt förhöjda. Nedströms om Oxundasjön syns en tydlig avtagande gradient med sjunkande halter med ökande avstånd. ΣPCB_7 -halten i den sydligaste provtagningspunkten i Skarven 0,019 $\mu\text{g}/\text{kg ts}$ var av en storleksordning som kan betrakta som ett bakgrundsvärde i Stockholmsregionen (Östlund et al., 1998).

De beräknade vattenburna in- och utflödena av ΣPCB_7 till och från Oxundasjön baserat på genomsnittlig vattenföring multiplicerade med genomsnittligt uppmätta PCB-koncentrationer sammanfattas i **Tabell 4**.

Tabell 4. Genomsnittliga vattenflöden, genomsnittligt uppmätta PCB-koncentrationer (två mättillfällen) och beräknade PCB-flöden i vattendrag till och från Oxundasjön.

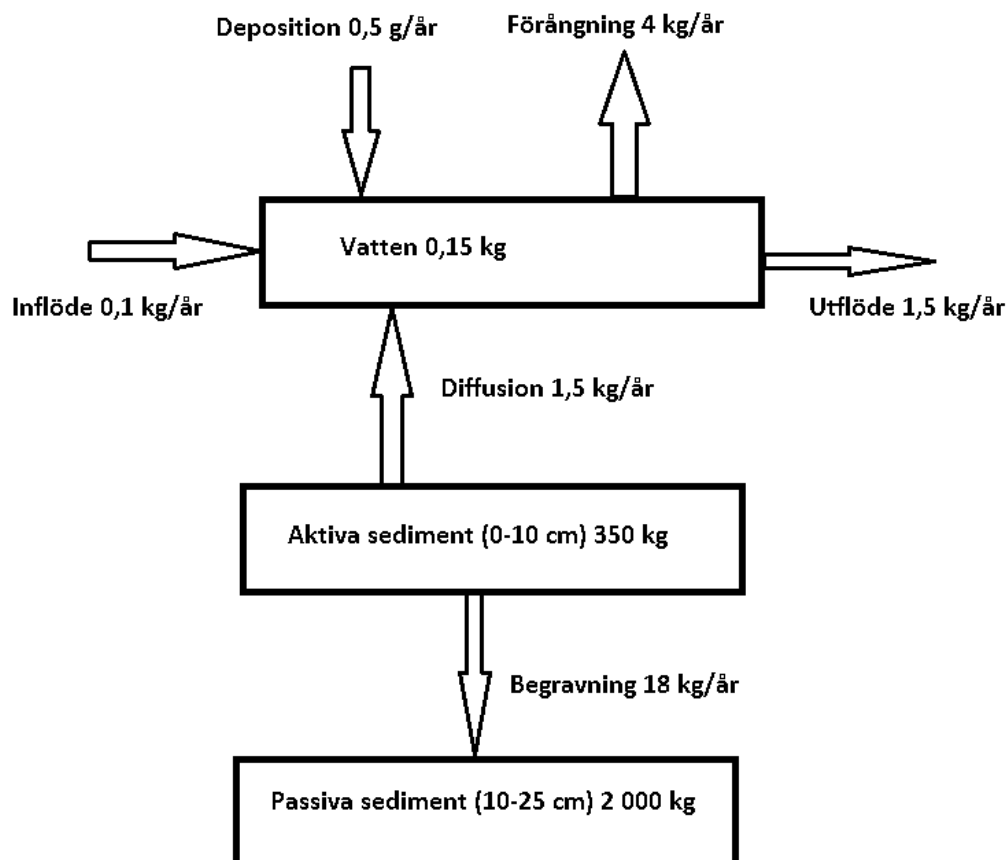
Vattendrag	Vattenflöde	Koncentration ΣPCB_7	Flöde ΣPCB_7
	m ³ /s	ng/l	g/år
Inflöde Väsbyån	0,86	0,69	19
Inflöde Verkaån	0,68	0,087	2
Ej mätta tillflöden	0,06	0,087	0,2
Utflöde Marängsåån	1,6	5,65	285

Från **Tabell 4** kan konstateras att transporten av PCB ut från sjön är väsentligt högre (storleksordningen en faktor 10) än dagens tillförsel. Detta utgör ytterligare en indikation på att den historiska tillförseln varit betydligt högre. För att erhålla de sedimentkoncentrationer och motsvarande tillförselmängder (3-4 kg ΣPCB_7 /år) som uppmätts i djupare liggande sedimentlager (**Fig. 4; Fig. 5**) bör ΣPCB_7 -koncentrationen i inflödande vatten varit av storleksordningen 100 ng/l att jämföra med dagens uppmätta nivåer på < 1 ng/l.

Den årliga diffusiva transporten mellan vatten och luft beräknades till en nettodiffusion från vatten till luft motsvarande **0,8 kg/år för ΣPCB_7** , varav över 90 % utgörs av de två lågklorerade kongenerna PCB 28 och PCB 52. Då denna beräkning bygger på antagandet att halterna i luft motsvarar de som uppmättes i Örserumsviken 1999-2000 (Palm et al., 2001) råder en viss osäkerhet kring det uppskattade flödet. För en säkrare bestämning krävs platsspecifika mätningar av lufthalter i närheten av Oxundasjön. Som en jämförelse kan nämnas att den totala atmosfäriska depositionen av ΣPCB_7 vid provstation Aspvreten år 2013 uppmättes till 0.18 ng/m² dag (NV, 2015), vilket skulle motsvara en deposition motsvarande 0.1 g/år på Oxundasjön. Sålunda är nettodiffusionen från vatten till luft betydligt större än den atmosfäriska depositionen och Oxundasjön kan därmed anses utgöra en källa till PCB för omgivande miljö.

Nettodiffusionen mellan vatten och sediment beräknades till **0,3 kg/år för ΣPCB_7** från sediment till vatten, där 85 % utgjordes av PCB 28. Diffusionen mellan sediment och vatten uppskattades alltså vara något lägre än diffusionen mellan vatten och luft, vilket skulle kunna tyda på att inflöden från närliggande mark eller vatten som bidrar till den atmosfäriska avgången eller att systemet inte befinner sig i jämvikt, varvid en i alla avseenden överensstämmande massbalans vid en viss given tidpunkt inte nödvändigtvis uppnås. En annan potentiell felkälla är givetvis osäkerheter i beräkningsmetodiken.

I **Figur 7** ges en sammanfattande beskrivning av uppskattade flöden och mängder av PCB i Oxundasjön, där resultaten för ΣPCB_7 räknats upp till $\Sigma\text{PCB}_{\text{tot}}$. Det kan konstateras att den dominerande poolen för PCB återfinns i sedimenten och att de mängder som uppmätts transporteras genom vattenmassan i förhållande till sedimentdrivna flöden i princip är försumbara. Det är även intressant att notera att mindre än 20 % av den totala PCB-mängden återfinns i de översta 10 centimetrarna av sedimenten, vilka brukar anses som biotillgängliga och biologiskt aktiva (Håkanson, 1999) medan huvudelen återfinns i biologiskt passiva sediment. Utifrån gjorda antaganden om sedimenttillväxt (0,5 cm/år) och antagandet av den externa tillförseln är negligerbar innebär detta att kvarvarande mängd av PCB i ytliga sedimentlager inom 20-30 år bör ha undandragits biosfären och begravts under recent avsatta sediment. Osäkerheten i denna prognos är emellertid betydande. Utvecklingen över tid när det gäller PCB-halter i vatten, sediment och biota i Oxundasjön-Rosersbergsviken vid olika scenarier är icke desto mindre synnerligen viktig att klarlägga för att bedöma behovet av eventuella åtgärder. Under våren 2016 kommer detta att belysas genom utnyttjande av matematiska modellberäkningar (Hållén, in prep.).



Figur 7. Estimerade massflöden av $\Sigma\text{PCB}_{\text{tot}}$ till, från och inom Oxundasjön.

4 Tentativa slutsatser

Från de nu genomförda mätningarna och översiktliga beräkningar som gjorts i föreliggande rapport kan följande preliminära slutsatser dras:

- PCB-kontamineringen av Oxundasjön är spridd över praktiskt taget hela sjöns bottenyta.
- PCB-halterna är högre i djupare liggande sedimentlager, vilket indikerar att PCB-tillförseln historiskt varit betydligt högre.
- Den sammanlagda mängden PCB i sjösedimenten uppgår utifrån preliminära beräkningar till drygt 2 000 kg, vilket gör föroreningssituationen unik i sitt slag i Sverige.
- Närmare hälften av den sammanlagda PCB-mängden i sjösedimenten återfinns i närheten av Väsbyåns mynning. Denna siffra är dock osäker och behöver följas upp med kompletterande mätningar.
- Mindre än 20 % av den sammanlagda PCB-mängden återfinns i ytliga biologiskt aktiva sediment.
- I sediment nedströms Oxundasjön i Roserbergsviken och vidare ut i Mälarfjärden noteras en tydlig avtagande gradient med ökande avstånd till Oxundasjön.
- PCB-transporten in till Oxundasjön med tillrinnande vattendrag är väsentligt lägre än den beräknade exporten.
- Oxundasjön utgör en PCB-källa till omgivande miljö genom spridning via luft och vatten. Uppmätta halter i vatten och sediment och beräknade flöden till luft utgör dock *inte* ett hot mot närboendes hälsa. Däremot begränsar förekommande halter av dioxinlika PCB i fisk från sjön möjligheten till konsumtion av denna.
- Givet beräknade flöden och massbalans förefaller det sannolikt att de förhöjda halter av PCB som nyligen uppmäts i fisk från Oxundasjön och Rosersbergsviken i grunden härrör från sjöns sediment.
- Det är nödvändigt att nogsamt analysera situationen och bedöma effekten av olika åtgärder givet olika scenarier och de naturgivna förutsättningarna samt genomföra kompletterande undersökningar innan ett eventuellt beslut om åtgärder kan fattas.

5 Referenser

- Ejhed, H., Cousins, A.P., Andersson, H., Wallberg, P. & Hansson K., 2013 Utveckling av påverkansanalysmodell miljögifter - Schablonhalter för utsläpp från diffusa källor samt utveckling av mark- och sedimentmodul till påverkansanalysmodellen
<http://www.ivl.se/download/18.372c2b801403903d2752ccc/1380616356287/B2125+.pdf>
- Elert, M., Fanger, G. & Höglund, L-O., 2000. Långtidseffekter på utsläpp av PCB och kvicksilver från deponerade sediment vid Örserumsviken. Kemakta AR 2000-16.
- Håkanson, L., 1999. Water pollution – methods to rank and remediate chemical threats to aquatic ecosystems. Backhuys Publishers, Leiden, 277 p.
- Håkanson, L. & Jansson M., 1983. Principles of Lake Sedimentology. Springer-Verlag, Berlin Heidelberg, 316 p.
- Jonsson, P., 2014. Sonarkartering av objekt på Oxundasjöns botten. JP Sedimentkonsult rapport 2014:4.
- Karlsson, M., 2014. PCB i nedre Oxundaåsystemet. IVL-rapport U4925.
- Karlsson, M., Johansson, N. & Malmaeus, M., 2015. Aktiv och passiv vattenprovtagning i Väsbyån. IVL-rapport U5481.
- Konieczny, R. & Moulard, L., 1997. Tolkning av PCB-profiler og beregning av totalt PCB-innhold i marine sediment, Rapport 97:33, Statens forurensningstilsyn, Oslo.
- Lewis, W.K. & Whitman W.G., 1924. Principles of Gas Absorption. Industrial & Engineering Chemistry 16: 1215-1220.
- NV, 1999. Sanering av Järnsjön Emån, Naturvårdsverket rapport 4991.
- NV, 2015. Miljöövervakningsdata - Organiska miljögifter i luft och nederbörd, [http://www3.ivl.se/db/plsql/dvpopdep\\$.startup](http://www3.ivl.se/db/plsql/dvpopdep$.startup), 2015.
- Palm, A., Wängberg, I. & Brorström-Lundén, E., 2001. Kvicksilver och organiska miljögifter i Örserumsviken: Utvärdering av mätresultat. IVL-rapport B1433.
- Palm, A., Cousins, I., Gustafsson, Ö., Axelman, J., Grunder, K., Broman, D., et al., 2004. Evaluation of sequentially-coupled POP fluxes estimated from simultaneous measurements in multiple compartments of an air–water–sediment system. Environmental Pollution 128: 85-97.
- Palm Cousins, A., Wängberg, I. Ramström, C, Hermansson, C. Junedahl, E. & Brorström-Lundén, E., 2007. Kvicksilver och organiska miljögifter i Örserumsviken. Del 2: Efter saneringen. IVL-rapport B1705.
- Whitman W.G., 1962. The two film theory of gas absorption. International Journal of Heat and Mass Transfer 5:429-433.
- Östlund, P., Sternbeck, J. & Brorström-Lundén, 1998. Metaller, PAH;PCB och totalkolväten i sediment runt Stockholm – flöden och halter. IVL rapport B1297.

Bilaga 1 – Positioner och vattendjup vid sedimentprovtagningsstationer

Geodetiskt datum: RT 90 2,5 gon V

Station	x	y	Djup (m)
Ox 1	6605799	1615096	3,9
Ox2	6606192	1615621	5,3
Ox3	6605919	1615706	6,0
Ox4	6605785	1616192	5,5
Ox5	6605315	1616739	4,5
Ox6	6605583	1617078	2,6
Ox7	6604965	1617183	4,1
Ox8	6604578	1617442	3,6
Ox9	6604304	1617551	3,0
Ox10	6603926	1617770	1,9

Bilaga 2 – Foton av sedimentkärnor från Oxundasjön samt ytsediment från Ladbrodammen



Station 1



Station 2



Station 3



Station 4



Station 5



Station 6



Station 7



Station 8



Station 9



Station 10



Ladbrodammen 1



Ladbrodammen 2



IVL Svenska Miljöinstitutet AB, Box 210 60, 100 31 Stockholm
Tel: 010-7886500 Fax: 010-7886590
www.ivl.se