

Örebro 2004-10-01

Till Samhällsbyggnadskontoret
Mats Nebaeus
Umeå Kommun

**Studie av i vatten lösta miljögifter i Djupbäcken
Umeå kommun 2004**

Fem provtagningsstationer förläggs i Djupbäcken enligt karta från Miljökontoret. Från dessa fem stationer är SPMD prover samt en blank analyserade på PCB (79 isomerer), PAHs, OCPs och toxicitet (Microtox, Daphnia och algtest) av lipofilt extrakt samt även tungmetaller i (>10 som finns kalibrerade) som är provtagna med DGT. Exposmeter AB ombesörjer provtagningen. Provtagningen sker under cirka tjugofyra dagar med start 24/06/2004.

Provtagning metoder

För mätning av PCB, Mikrotox, Daphnia och Alg testerna såväl som metallerna användes integrerande provtagningstekniker som går under namnen SPMD (semipermeable membrane devices) och DGT (diffusive gradients in thin films). Båda dessa tekniker provtar under cirka tre veckor den lösta fraktionen av substanser i vattnet. Provtagningen sker helt passivt genom diffusion in i provtagaren, varefter den lösta koncentrationen av respektive substans i vattnet kan beräknas eller estimeras. Teknikerna har använts vid ett flertal undersökningar i Sverige och utomlands. Den vetenskapliga bakgrunden är mycket väl dokumenterad i internationella vetenskapliga tidskrifter.

Kort presentation av de integrerande, passiva provtagningsmetoderna

Inom yrkeshygieniska mätningar är det välbekant med passiv integrerande provtagningar (så kallade dosimetrar). De provtagningsmetoder som vi föreslår används på samma sätt eftersom risken för effekter på organismer framför allt uppstår vid långvarig exponering eller vid pulsartade utsläpp. Ett tidsvägt medelvärde (TWA, time weighted average) på den primärt biotillgängliga koncentrationen av substanser i vattnet är därför synnerligen relevant att undersöka. Med dessa metoder kan man beräkna den tidsvägda medelvärdeskonzentrationen av lipofila substanser och labila metaller i vattnet. Man kan dessutom erhålla motsvarande värden på toxiciteten, varvid V_{tox} (volym av extrakt som orsakar toxicitet, EC50) per dag anges. Vid provtagningen så förkoncentreras substanserna i provtagaren, varvid ett membran (som väger 5 gram) representerar flera hundra liter

vatten. Detta koncentrat används därefter för både kemiska analyser och (för SPMD) till toxicitetstester.

Denna kombination av kemiska analyser och toxicitetstester från samma provtagningsextrakt, förenklar utvärderingen, eftersom extrapoleringar mellan olika provtagningsmatriser (slam, sediment, vatten, organismer) inte behöver göras. Normalt erhålles ett detekterat toxicitetsvärde vid undersökningarna eftersom proverna är koncentrerade. Detta värde kan sedan utvärderas gentemot andra typer av vatten för att beskriva den ökade toxiciteten som uppstått i lakvattnet. Vid andra tester som utförs med enstaka vattenprov erhålles ofta icke detekterade värden. Vid passiv provtagning undviker man dessutom risken att vara på plats och provta vid fel tidpunkt. Många substanser läcker ut från deponier under kortare perioder såsom vid nederbörd, högt grundvatten, eller andra tidpunkter orsakade av aktiviteter inne i deponin. Den föreslagna metoden provtar under cirka tre veckors tid med kontinuerlig provtagning, varvid dessa diskontinuerliga utflöden kommer att innefattas i det slutliga provet. En bättre beskrivning av vattnet erhålles naturligtvis om man genomför flera på varandra följande treveckorsprovtagningar.

Endast den lösta fasen av lipofila substanser och metaller provtas, varför effekter av till exempel ammoniak och andra joner redan vid provtagningsstadiet utesluts från utvärderingen. Detta förenklar framför allt toxicitetsutvärderingen.

Fördelar med passiv, integrerande provtagning:

- Representerar situationen i vattnet under tre veckor medan ett enstaka vattenprov representerar några sekunder.
- Provtar den toxiskt primärt relevanta fraktionen eftersom substanser bundna till partiklar i vattnet normalt inte upptas i organismer.
- Detektionsgränserna för både de kemiska analyserna och toxicitetstesterna är mångfaldigt bättre för passiv provtagning och kan detektera 2-3 tiopotenser lägre värden. Detta medför att utvärderingen av resultat kan göras med reala värden och inte med detektionsgränser.

Metallanalys metodspefifikation

Analys av vattenprov utan föregående uppslutning. Analys har skett enligt EPA-metoder (modifierade) 200.7 (ICP-AES) och 200.8 (ICP-SMS).

Organic analys metodspefifikation

Efter provtagningen förvarades SPMDs i frys vid -20°C. Därefter dialyserades proven, delades i två hälften (för GC/MS analys och för toxicitet) och analyserades därefter på LRGC/MS/MS Ion trap enligt standardmetoder. Flera isotopmärkta standards tillsattes efter dialys och uppdelning i två fraktioner. Dessa ämnen analyserades därefter för att beräkna återfinningsgraden under analysförfarandet samt för intern kalibrering av kvantifieringen.

För analys av PAH som gjordes med HPLC/FLD krävs ingen uppärbetning efter dialysen. För den utökade analysen av resterande PAHs användes en dubbel kiselgelkolonn. För klororganiska pesticider användes deaktiverad kiselgelkolonn och för PCBs används en multi-kiselgelkolonn.

Bioassay

Bioluminescence assay : Microtox

Bioassay with crustacean: Daphnia magna

Toxicitetstesterna utförs på extrakten enligt europeiska standardmetoder. EC50 värdena beräknades med icke-linjär regression och som slutresultat uttrycks toxiciteten i $V_{tox}(50)$ värden som beskriver medeltoxiciteten per dag. Resultaten presenteras som både EC50 and $V_{tox}(50)$. EC50 uttrycks som milliliter av provet per liter av testlösning. Ju lägre EC50 desto högre är toxiciteten. V_{tox} beräkningarna gör att man kan jämföra resultat från SPMD provtagningar med olika antal dagars exponering, vid olika platser och mellan olika projekt.

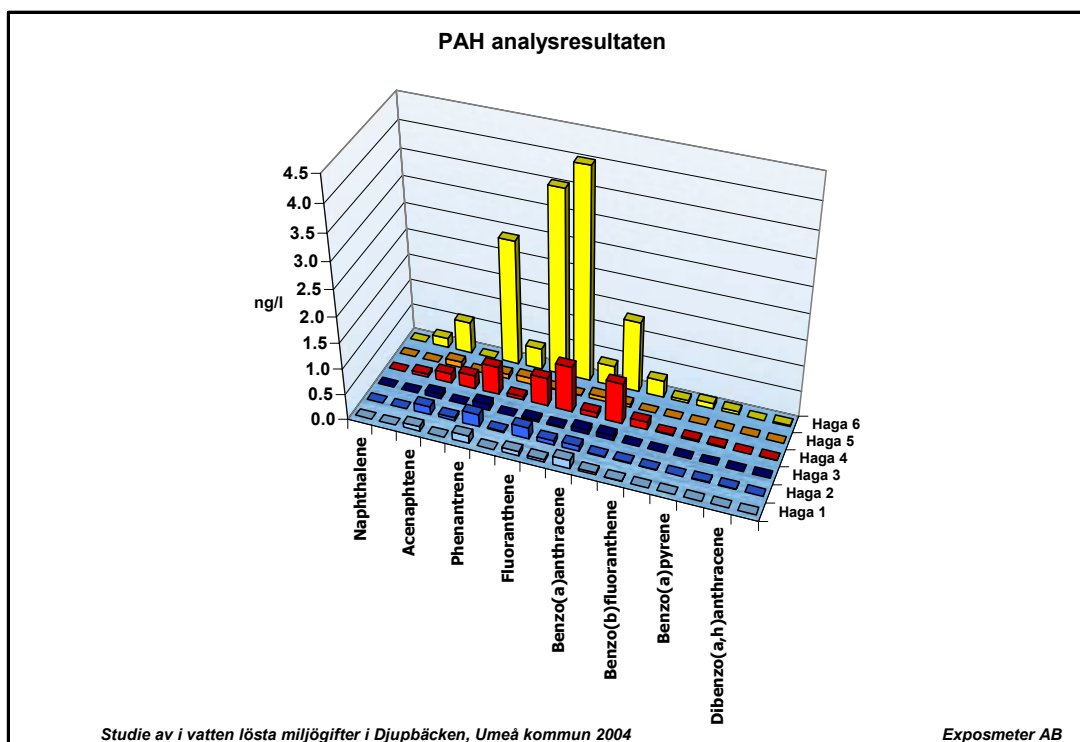
Metal analysresultat

	Haga 2	Haga 3	Haga 4	Haga 5	Haga 6
	µg/L				
Fe	58	49	67	1.3	123
Al	39	64	18	1.0	66
Ba	0.4	0.7	0.2	0.1	0.6
Cd	0.02	0.01	0.02	<0.001	0.02
Co	0.3	0.2	0.3	0.01	0.2
Cr	0.02	0.03	0.02	0.01	0.2
Cu	0.6	0.3	0.8	0.2	1.5
Mn	11	3.1	2.2	0.03	4.0
Ni	1.3	0.6	1.5	0.2	2.0
Pb	0.1	0.06	0.03	<0.009	0.3
Zn	9.5	3.4	12	0.6	17
<small>Studie av i vatten lösta miljögifter i Djupbäcken, Umeå kommun 2004 Exposmeter AB</small>					

PAH analysresultaten

	Haga 1	Haga 2	Haga 3	Haga 4	Haga 5	Haga 6
	ng/l					
Naphthalene	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Acenaphthylene	<0.02	<0.02	<0.02	0.1	<0.03	0.2
Acenaphtene	0.1	0.2	0.1	0.2	0.1	0.6
Fluorene	ND	0.1	ND	0.3	ND	ND
Phenantrene	0.1	0.2	0.1	0.5	0.1	2.4
Anthracene	<0.01	0.02	<0.01	0.1	0.1	0.4
Fluoranthene	0.1	0.2	0.04	0.6	0.02	3.6
Pyrene	0.1	0.1	0.02	0.9	0.01	4.0
Benzo(a)anthracene	0.2	0.1	0.1	0.1	0.1	0.4
Chrysene	0.04	0.02	0.1	0.8	0.1	1.4
Benzo(b)fluoranthene	0.01	0.02	<0.0045	0.1	<0.004	0.3
Benzo(k)fluoranthene	<0.004	0.01	<0.004	0.02	<0.003	0.05
Benzo(a)pyrene	<0.004	<0.004	<0.004	0.03	<0.003	0.1
Benzo(g,h,i)perylene	<0.0075	0.02	<0.0075	0.02	<0.003	0.06
Dibenzo(a,h)anthracene	<0.009	0.01	<0.009	<0.0065	<0.006	<0.006
Indeno(1,2,3-c,d)pyrene	<0.0065	<0.006	<0.0065	0.01	<0.005	0.03
SUM PAHs	0.6	1.0	0.4	3.7	0.5	14
<small>Studie av i vatten lösta miljögifter i Djupbäcken, Umeå kommun 2004 Exposmeter AB</small>						

Probable human carcinogen*	Haga 1	Haga 2	Haga 3	Haga 4	Haga 5	Haga 6
	ng/l					
Benz(a)anthracene	0.2	0.1	0.1	0.1	0.1	0.4
Benz(a)pyrene	<0.004	<0.004	<0.004	0.03	<0.003	0.1
Benzo(b)fluoranthene	0.01	0.02	<0.0045	0.1	<0.004	0.3
Benzo(k)fluoranthene	<0.004	0.01	<0.004	0.02	<0.003	0.05
Chrysene	0.04	0.02	0.1	0.8	0.1	1.4
Dibenz(a,h,)anthracene	<0.009	0.01	<0.009	<0.0065	<0.006	<0.006
Indeno(1,2,3-cd)pyrene	<0.0065	<0.006	<0.0065	0.01	<0.005	0.03
SUM	0.2	0.2	0.2	1.1	0.1	2.3
* according U.S. Environmental Protection Agency classification						
Studie av i vatten lösta miljögifter från jordtipp i Ersmark, Umeå kommun 2004 Exposmeter AB						

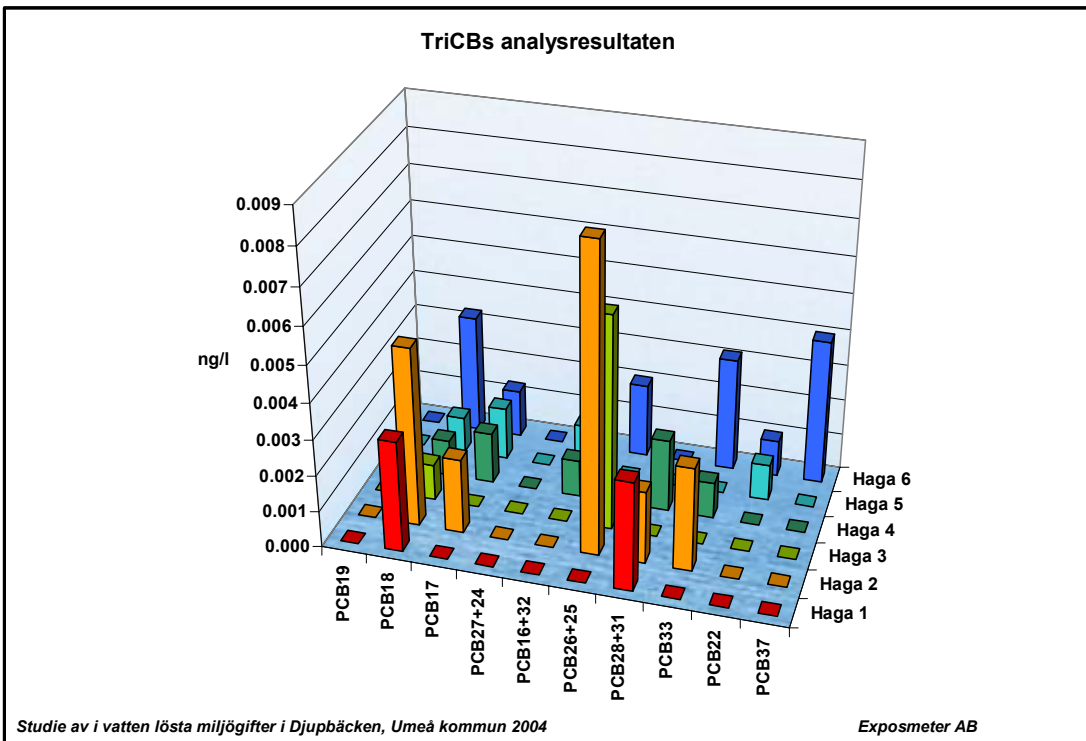
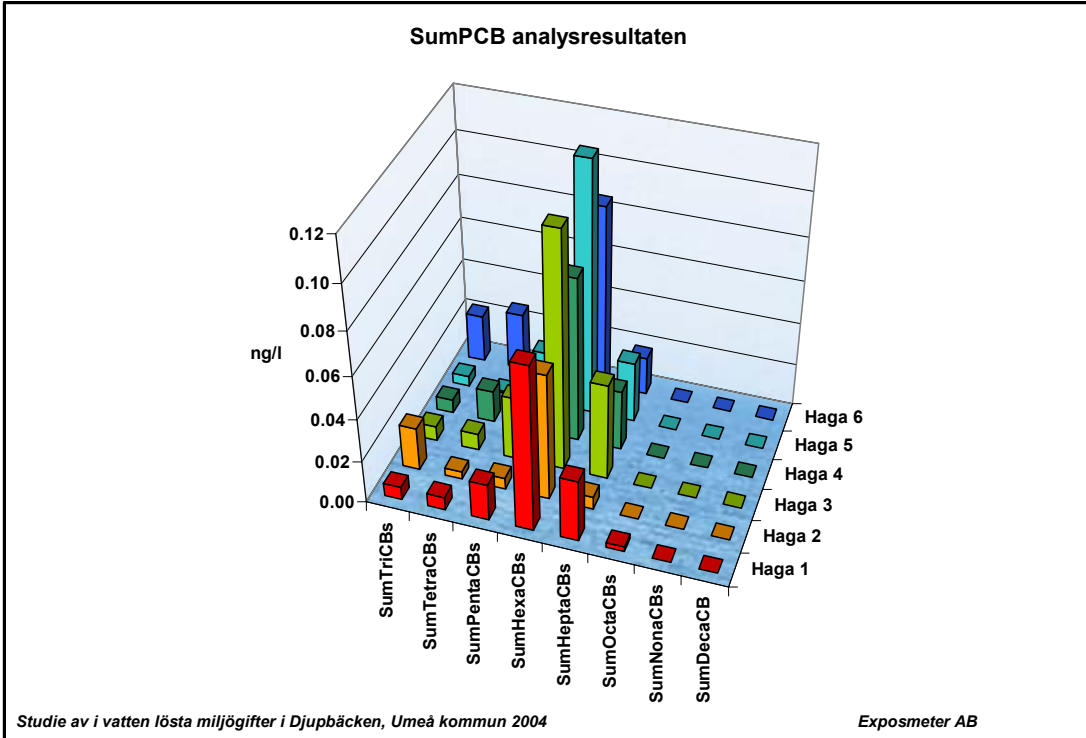


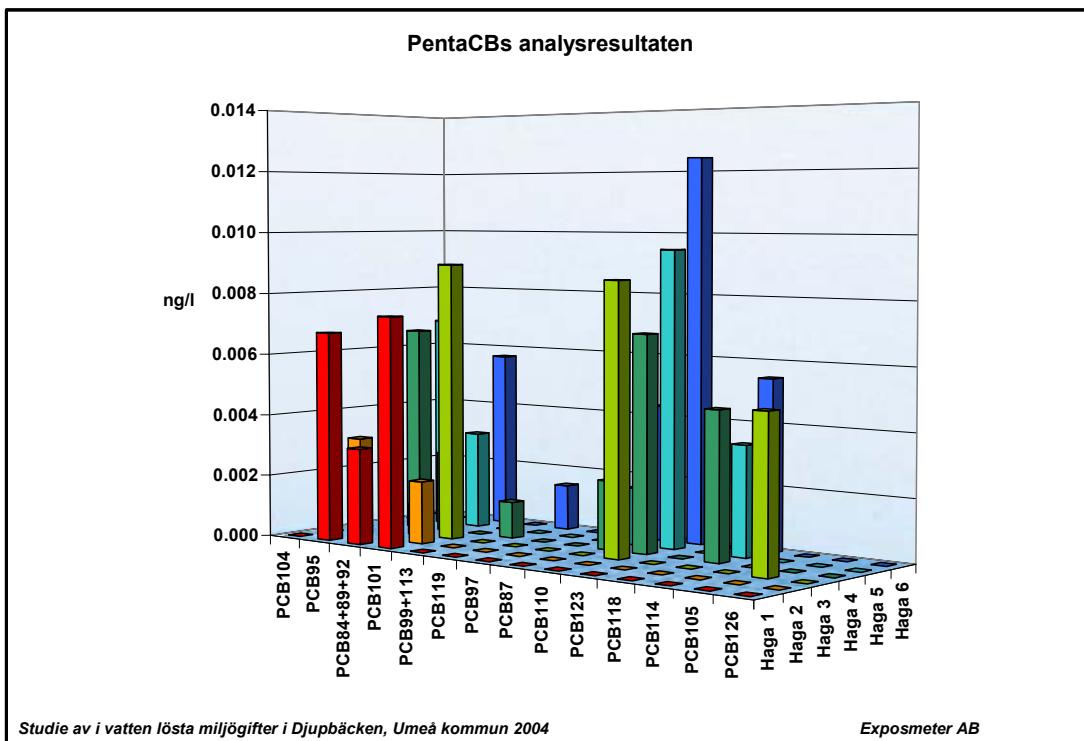
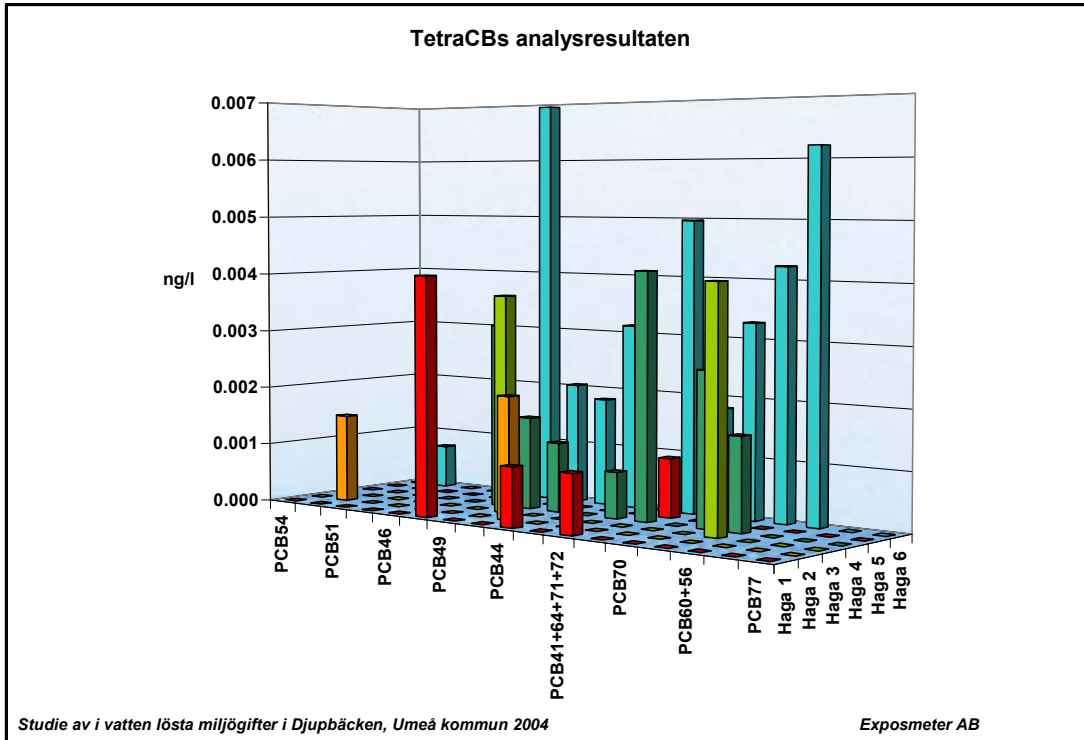
	Haga 1	Haga 2	Haga 3	Haga 4	Haga 5	Haga 6
	ng/l					
TriCBs						
PCB19	<0.0015	<0.002	<0.002	<0.001	<0.001	<0.001
PCB18	0.003	0.005	0.001	0.001	0.001	0.003
PCB17	<0.0015	0.002	<0.002	0.001	0.001	0.001
PCB27+24	<0.0015	<0.002	<0.002	<0.001	<0.001	<0.0007
PCB16+32	<0.0015	<0.002	<0.002	0.001	0.001	0.001
PCB26+25	<0.002	0.008	0.006	<0.001	<0.001	0.002
PCB28+31	0.003	0.002	ND	0.002	ND	ND
PCB33	<0.002	0.003	<0.002	0.001	<0.001	0.003
PCB22	<0.002	<0.002	<0.002	<0.001	0.001	0.001
PCB37	<0.003	<0.003	<0.004	<0.001	<0.002	0.004
TetraCBs						
PCB54	<0.001	<0.002	<0.0015	<0.0009	<0.001	<0.0008
PCB53	<0.001	0.001	<0.002	<0.0007	<0.001	0.001
PCB51	<0.001	<0.0015	<0.002	<0.0007	<0.001	<0.0007
PCB45	<0.001	<0.0015	<0.002	<0.0007	<0.001	<0.0007
PCB46	<0.001	<0.0015	<0.002	<0.0007	<0.001	<0.0007
PCB52	0.004	<0.0015	<0.002	0.003	ND	0.007
PCB49	<0.001	<0.002	0.004	0.002	<0.001	0.002
PCB48+47	<0.001	0.002	<0.002	0.001	<0.001	0.002
PCB44	0.001	<0.007	<0.002	ND	<0.001	0.003
PCB42	<0.002	<0.002	<0.002	0.001	<0.001	<0.0007
PCB41+64+71+72	0.001	<0.002	<0.003	0.004	0.001	0.005
PCB74	<0.002	<0.002	<0.003	<0.001	<0.001	0.002
PCB70	<0.002	<0.003	<0.003	0.003	<0.002	0.003
PCB80+66	<0.002	<0.003	0.004	0.002	<0.002	0.004
PCB60+56	<0.002	<0.003	<0.003	<0.001	<0.002	0.006
PCB81	<0.003	<0.004	<0.003	<0.002	<0.002	<0.002
PCB77	<0.005	<0.006	<0.006	<0.003	<0.004	<0.003
PentaCBs						
PCB104	<0.002	<0.002	<0.002	<0.001	<0.001	<0.0007
PCB95	0.007	0.003	0.006	0.007	0.007	ND
PCB84+89+92	0.003	<0.002	0.001	0.003	0.003	0.006
PCB101	0.007	0.002	0.009	ND	ND	ND
PCB99+113	<0.002	<0.002	<0.002	0.001	<0.001	0.001
PCB119	<0.005	<0.006	<0.0065	<0.003	<0.004	<0.002
PCB97	<0.002	<0.002	<0.002	<0.001	<0.001	<0.001
PCB87	<0.002	<0.002	<0.002	0.002	0.002	0.004
PCB110	<0.004	<0.006	0.009	0.007	0.009	0.012
PCB123	<0.003	<0.004	<0.003	<0.002	<0.002	<0.001
PCB118	<0.003	<0.004	<0.004	0.005	0.004	0.005
PCB114	<0.002	<0.003	<0.003	<0.002	<0.002	<0.001
PCB105	<0.003	<0.004	0.005	<0.002	<0.003	<0.002
PCB126	<0.004	<0.005	<0.005	<0.002	<0.003	<0.002

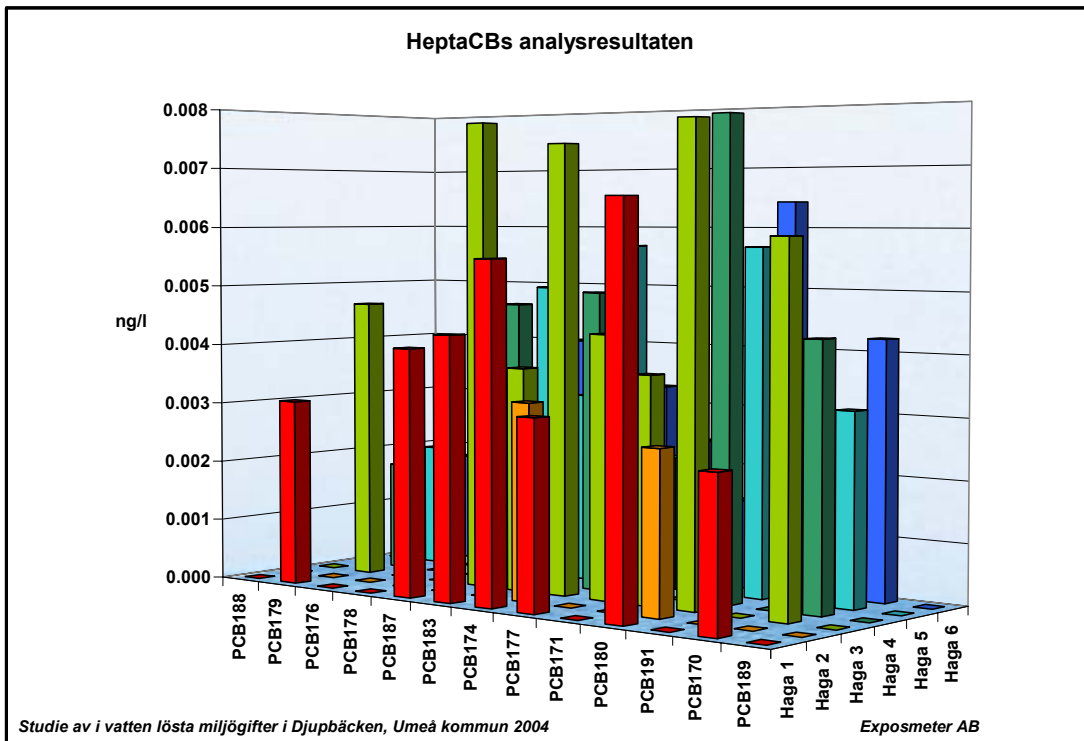
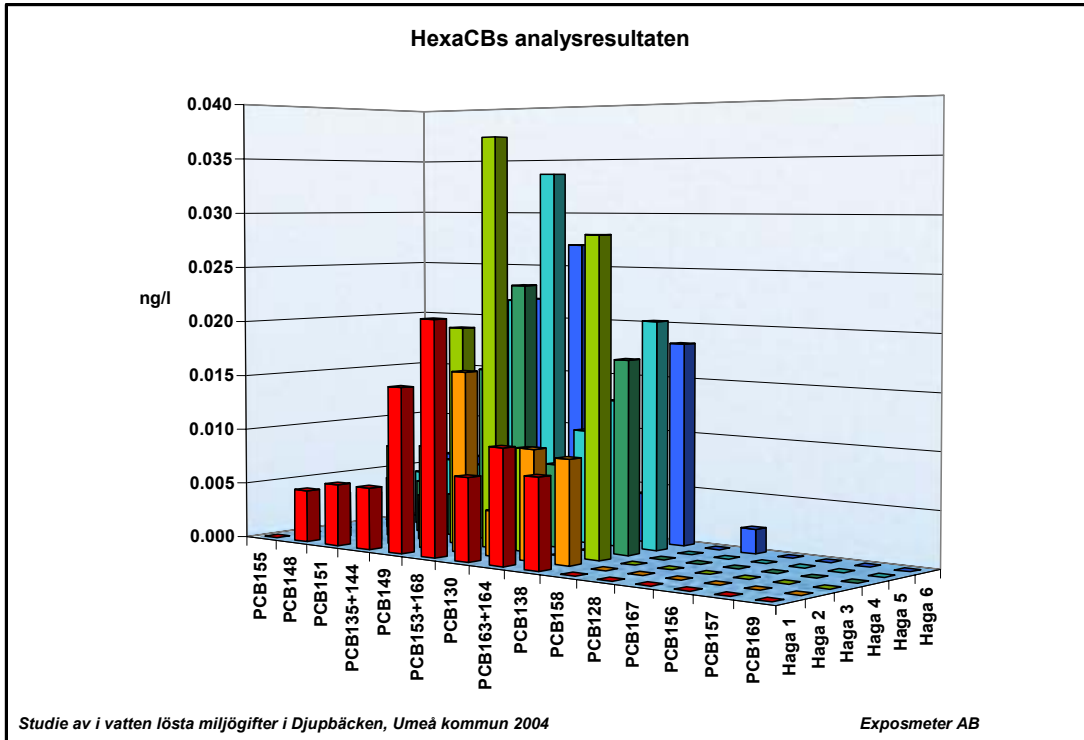
	Haga 1	Haga 2	Haga 3	Haga 4	Haga 5	Haga 6
	ng/l					
HexaCBs						
PCB155	<0.003	<0.003	<0.003	<0.001	<0.002	<0.001
PCB148	0.005	0.004	0.003	0.005	0.005	0.006
PCB151	0.006	0.004	0.008	0.005	0.006	0.006
PCB135+144	0.006	0.003	0.004	0.004	0.006	0.006
PCB149	0.015	0.009	0.020	0.02	0.02	0.02
PCB153+168	0.02	0.02	0.04	0.02	0.03	0.03
PCB130	0.007	0.004	0.009	0.007	0.010	0.007
PCB163+164	0.010	0.010	ND	ND	0.013	0.004
PCB138	0.008	0.009	0.03	0.02	0.02	0.02
PCB158	<0.007	<0.01	<0.008	<0.004	<0.006	<0.004
PCB128	<0.002	<0.003	<0.002	<0.001	<0.002	0.002
PCB167	<0.003	<0.005	<0.004	<0.002	<0.003	<0.002
PCB156	<0.003	<0.005	<0.004	<0.002	<0.003	<0.002
PCB157	<0.003	<0.004	<0.004	<0.002	<0.003	<0.002
PCB169	<0.004	<0.007	<0.005	<0.003	<0.005	<0.003
HeptaCBs						
PCB188	<0.003	<0.003	<0.003	<0.002	<0.002	<0.0015
PCB179	0.003	<0.002	0.005	0.002	0.002	0.002
PCB176	<0.002	<0.002	<0.003	<0.001	<0.002	<0.001
PCB178	<0.002	<0.002	<0.003	<0.001	0.002	<0.001
PCB187	0.004	<0.002	0.008	0.005	0.005	0.004
PCB183	0.004	<0.002	0.004	0.003	0.003	0.003
PCB174	0.006	0.003	0.007	0.005	0.006	0.003
PCB177	0.003	<0.003	0.004	0.002	0.002	0.002
PCB171	<0.002	<0.003	0.004	<0.001	<0.002	0.001
PCB180	0.007	0.003	0.008	0.008	0.006	0.006
PCB191	<0.004	<0.005	<0.004	<0.002	<0.003	<0.002
PCB170	0.002	<0.003	0.006	0.004	0.003	0.004
PCB189	<0.004	<0.005	<0.004	<0.003	<0.004	<0.002
OctaCBs						
PCB202	<0.003	<0.003	<0.003	<0.001	<0.002	<0.001
PCB201	<0.004	<0.004	<0.003	<0.002	<0.002	<0.001
PCB199	<0.002	<0.002	<0.002	<0.001	<0.002	<0.001
PCB203+196	<0.002	<0.002	<0.002	<0.001	<0.002	<0.001
PCB194	0.002	<0.003	<0.002	<0.001	<0.002	<0.001
PCB205	<0.007	<0.009	<0.007	<0.004	<0.006	<0.003
Nona CBs						
PCB208	<0.002	<0.002	<0.002	<0.001	<0.001	<0.0009
PCB206	<0.004	<0.005	<0.003	<0.002	<0.003	<0.002
PCB207	<0.004	<0.006	<0.004	<0.002	<0.004	<0.002
DecaCBs						
PCB209	<0.005	<0.008	<0.005	<0.003	<0.005	<0.003

	Haga 1	Haga 2	Haga 3	Haga 4	Haga 5	Haga 6
	<i>ng/l</i>					
SumTriCBs	0.01	0.02	0.01	0.01	0.00	0.02
SumTetraCBs	0.01	0.004	0.01	0.01	0.001	0.03
SumPentaCBs	0.02	0.01	0.03	0.02	0.02	0.05
SumHexaCBs	0.08	0.06	0.1	0.08	0.1	0.09
SumHeptaCBs	0.03	0.01	0.05	0.03	0.03	0.02
SumOctaCBs	0.002	ND	ND	ND	ND	ND
SumNonaCBs	ND	ND	ND	ND	ND	ND
SumDecaCB	ND	ND	ND	ND	ND	ND
SUM of PCBs	0.1	0.1	0.2	0.2	0.2	0.20
<i>Studie av i vatten lösta miljögifter i Djupbäcken, Umeå kommun 2004 Exposmeter AB</i>						

7PCBs	Haga 1	Haga 2	Haga 3	Haga 4	Haga 5	Haga 6
	<i>ng/l</i>					
PCB28+31	0.003	0.002	ND	0.002	ND	ND
PCB52	0.004	<0.0015	<0.002	0.003	ND	0.007
PCB101	0.007	0.002	0.009	ND	ND	ND
PCB118	<0.003	<0.004	<0.004	0.005	0.004	0.005
PCB153+168	0.02	0.02	0.04	0.02	0.03	0.03
PCB138	0.008	0.009	0.03	0.02	0.02	0.02
PCB180	0.007	0.003	0.008	0.008	0.006	0.006
<i>Studie av i vatten lösta miljögifter i Djupbäcken, Umeå kommun 2004 Exposmeter AB</i>						

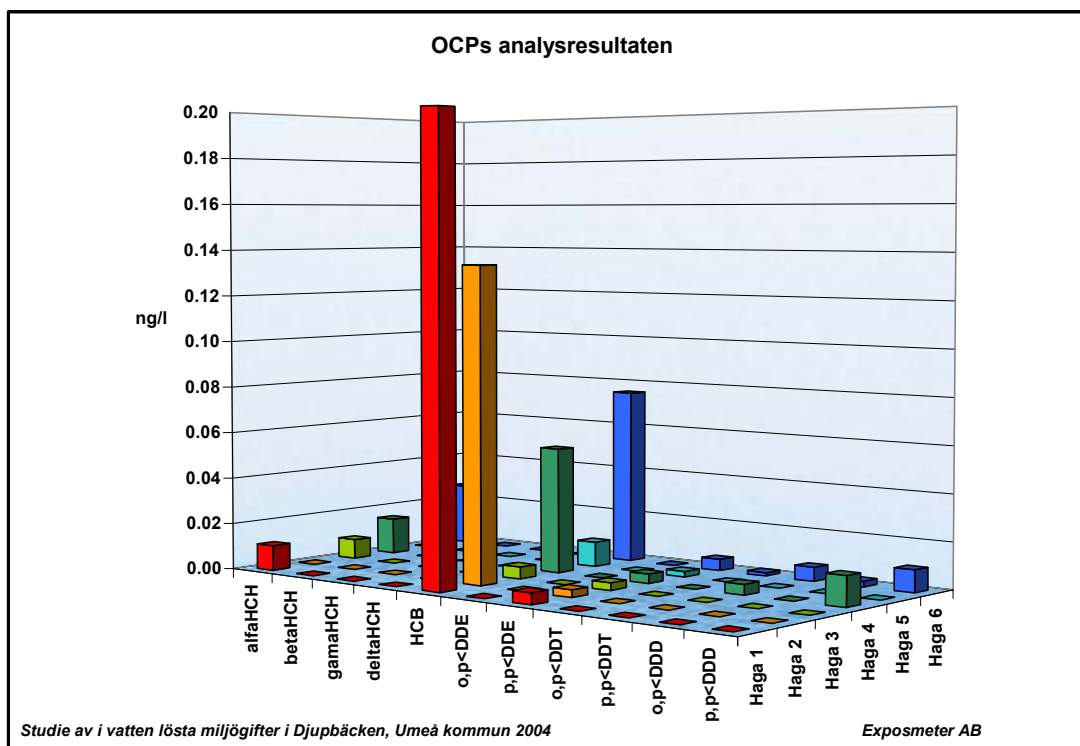






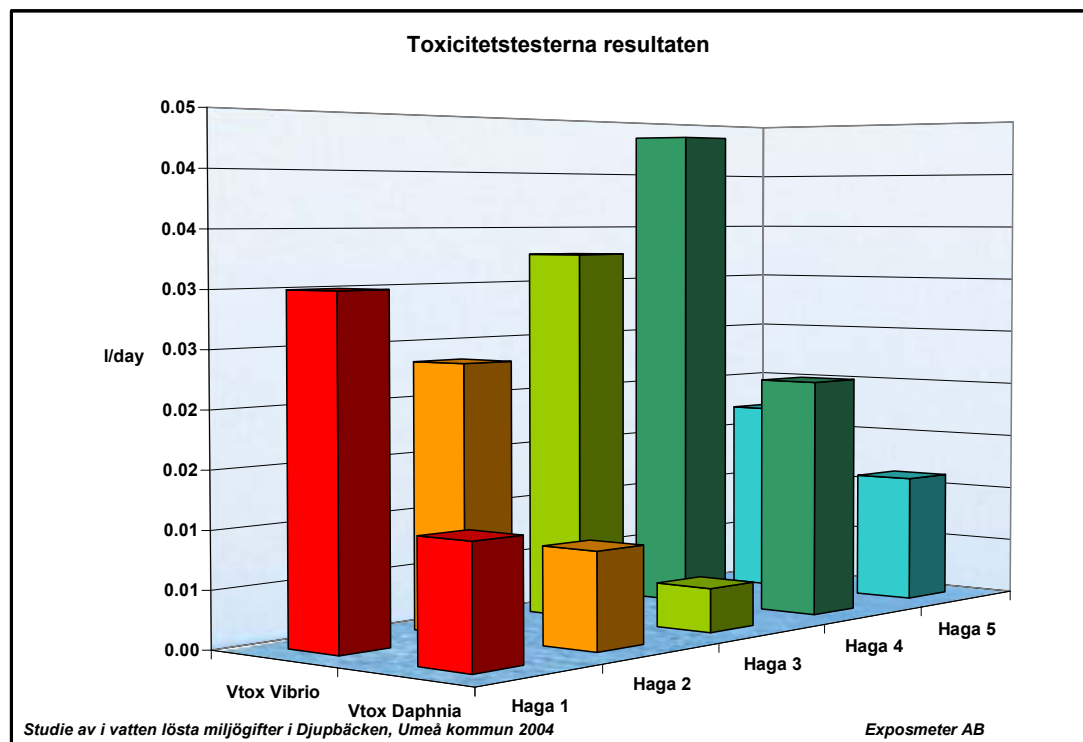
OCPs analysresultaten

	Haga 1	Haga 2	Haga 3	Haga 4	Haga 5	Haga 6
	<i>ng/l</i>					
alfaHCH	0.01	<0.007	0.01	0.02	<0.005	0.03
betaHCH	<0.03	<0.03	<0.04	<0.02	<0.02	<0.02
gamaHCH	ND	ND	ND	ND	ND	ND
deltaHCH	<0.04	<0.05	<0.05	<0.03	<0.03	<0.03
HCB	0.20	0.13	0.01	0.05	0.01	0.08
o,p<DDE	<0.001	<0.001	<0.002	<0.001	<0.001	<0.0008
p,p<DDE	0.005	0.003	0.003	0.004	0.002	0.005
o,p<DDT	<0.002	<0.002	<0.003	<0.002	<0.002	0.001
p,p<DDT	<0.004	<0.004	<0.006	0.005	<0.003	0.01
o,p<DDD	<0.003	<0.0035	<0.005	<0.0025	<0.0025	0.00
p,p<DDD	<0.006	<0.007	<0.0095	0.01	<0.005	0.01
Sum of HCHs	0.011	ND	0.008	0.015	ND	0.1
HCB	0.2	0.1	0.01	0.1	0.01	0.1
Sum of DDTs	0.005	0.003	0.003	0.02	0.002	0.1
Sum of OCPs	0.2	0.1	0.0	0.1	0.0	0.3
<i>Studie av i vatten lösta miljögifter i Djupbäcken, Umeå kommun 2004</i>						
<i>Exposmeter AB</i>						



Toxicitet

	Haga 1	Haga 2	Haga 3	Haga 4	Haga 5
EC50 Vibrio, ml/l	1.1	1.5	1.0	0.8	2.1
EC50 Daphnia, ml/l	3.2	4.2	8.7	1.6	3.2
Vtox Vibrio, l/day	0.03	0.02	0.03	0.04	0.02
Vtox Daphnia, l/day	0.01	0.01	0.00	0.02	0.01
<i>Studie av i vatten lösta miljögifter i Djupbäcken, Umeå kommun 2004</i>					
<i>Exposmeter AB</i>					



Diskussion

Provpunkter

Provpunkterna benämns Haga 1, Haga 2 osv till Haga 6. Nedan beskrivs kortfattat de olika positionerna till provpunkterna.

Haga 1 provtogs högt upp inom gamla I20-området och då också nära deponin på Ersmarksberget.

Haga 2 provtogs strax uppströms fotbollsplanen på gamla I20 området, Detta är samma provpunkt som förra årets I20.

Haga 3 provtogs i den andra grenen av utloppet från Ersmarkstippen strax innan bäcken passerar E4, dvs strax innan bäcken når kyrkogården.

Haga 4 provtogs där bäcken kommer fram från kulverteringen intill Hagaskolan,

Haga 5 provtogs i en reservoar vid Hemvägen innan järnvägen.

Haga 6 provtogs där djupbäcken kommer fram ur kulverteringen nedanför Norrlands Universitetssjukhus. Det är samma punkt som använts i tre tidigare undersökningar.

Metaller

I denna undersökning studerades 11 metaller lösta i vatten. Järn uppvisade högsta halter följt av aluminium och därefter zink. Denna bild är densamma som föregående år men halterna är betydligt lägre under 2004 och Zn kom före Al i koncentration. För många metaller är halterna högst i provpunkt 6. Ingen av metallerna uppvisar oroande värden. Istället avviker punkt 5 med mycket låga värden och man kan ifrågasätta vilken typ av vatten som provtogs i denna punkt.

Polyaromatiska kolväten

Halterna av polyaromatiska kolväten, PAH, var högst i punkt 6 följt av punkt 4. Sammantaget var halterna mycket låga under tidsperioden. Alla provpunkter är i nivå med halterna i Umeälven vid undersökningen 1998. Vid denna tid undersöktes även dagvattenutlopp och halterna var cirka 1-4 gånger högre i dagvatten 1998 jämfört med föreliggande undersökning. Sammansättningen av PAH var likartad vid båda undersökningarna.

Polyklorerade bifenyler

Halterna av polyklorerade bifenyler (PCB) var låga i alla provpunkter. Sammansättning var likartad med en antydning till påslag av lågklorerad eller färsk PCB i punkt 6.

Klororganiska pesticider samt hexaklorbensen

Halterna av de klororganiska pesticiderna var låga i alla stationer. Hexaklorbensen (HCB) uppvisade förhöjda koncentrationer i provpunkt 1, 2, 4 och 6. I tidigare undersökningar har HCB-halterna varit högre i punkt 6. I denna studie var halterna i den västra grenen av bäcken inom gamla I20-området högre än i punkt 6. HCB har inte mätts i den delen av avrinningsområdet tidigare. Koncentrationen HCB i punkt 1 är cirka 20 gånger högre än det lägsta uppmätta värdet i punkt 3. Nedströms punkt 1 har halten minskat med 30% i punkt 2.

Toxicitet

Mätningarna av toxicitet är ej fullständiga ännu. Det kan dock konstateras att bland de fem första stationerna så har Hagaparken nedströms kyrkogården mm den högsta toxiciteten för både *Vibrio fischeri* (Microtox) och för *Daphnia magna*. Detta är också något högre toxicitet jämfört med undersökningen 2003.

Sammanfattning.

Halterna i 2004 års studie är oftast lägre än 2003 års studie. År 2003 gjordes antagandet att den torra sommaren under provtagningsperioden bidrog till att läckaget från omgivande

markområden till bäcksystemet kunde vara lägre. De lägre halter som vi i år ofta finner antyder att det skett en utspädningseffekt i år. Några kontinuerliga flödesmätningar i de olika bäckgrenarna har inte gjorts, varför man inte kan relatera till total mängd transporterat. Man kan dock säga att under provtagningen sommaren 2004 har vattenkoncentrationerna av de flesta mätta substanser varit lägre än under 2003.

Den något förhöjda toxiciteten i punkt 4 visar att substanser som ej analyserats i denna studie kan finnas där och bidra till toxiciteten. Vattnet var också påfallande grumligt och tecken på mycket högt näringsinnehåll samt skumning iaktogs vid provtagningstillfällena.

Förhöjda halter av HCB kunde återigen konstateras i punkt 6, dock lägre halter än tidigare. Detta kan vara en utspädningseffekt av det myckna regnandet. Nytt för årets undersökning var de ännu högre halterna av HCB inom gamla I20-området i punkt 1 och 2. Om man inkluderar antagandet om utspädningseffekt så kan man anse att HCB-halterna är kraftigt förhöjda i detta område.

References

James N. Huckins, Jimmie D. Petty. A Guide for the Use of Semipermeable Membrane Devices (SPMDs) as Samplers of Waterborne Hydrophobic Organic Contaminants API, publication number 4690, march 2002.

Vladimir Koci. Toxicological Evaluation of exposed SPMD membranes. CEJC (1) 2003, 28-34.

Davison, W. and Zhang, H. In situ speciation measurements of trace components in natural waters using thin-film gels. *Nature*, 367, 546-548.