



Undersökning av vatten, ytsediment och ytjord vid Segelsällskapet Brunnsvikens (SSB) marina i Brunnsviken

av

Britta Eklund

Institutionen för tillämpad miljövetenskap (ITM), Stockholms universitet

Ann-Kristin Eriksson Wiklund

Institutionen för tillämpad miljövetenskap (ITM), Stockholms universitet

Maria Pettersson

Miljöförvaltningen, Stockholms stad

Institutionen för tillämpad miljövetenskap

Department of Applied Environmental Science

Undersökning av vatten, ytsediment och ytjord vid Segelsällskapet Brunnsvikens (SSB) marina i Brunnsviken

av

Britta Eklund

Institutionen för tillämpad miljövetenskap (ITM), Stockholms universitet

Ann-Kristin Eriksson Wiklund

Institutionen för tillämpad miljövetenskap (ITM), Stockholms universitet

Maria Pettersson

Miljöförvaltningen, Stockholms stad

2012-04-24

Förord

Denna undersökning har utförts som en del av den avancerade kursen Strategier i miljörisk- och miljöfarlighetsbedömning vid institutionen för tillämpad miljövetenskap (ITM) vid Stockholms universitet där FD Ann-Kristin Wiklund och docent Britta Eklund har varit kursansvariga. Stockholms miljöförvaltning har stått för kostnaderna för de kemiska analyserna medan provtagning av vatten, sediment och jord har utförts inom kursen. Förutom att kemiska analyser gjordes på proven testades giftigheten av lakvatten som framställts från sedimentproverna mot två testorganismer, mikroalgen *Pseudokirchneriella subcapitata* och kräftdjuret *Nitocra spinipes*. Dessa resultat redovisas i studenternas rapport "Sediment and surface water toxicity analysis in Brunnsviken marina".

Sammanfattning

I december 2011 provtogs vatten, sediment och jord på en marina (Segelsällskapet Brunnsviken, SSB) i den sydligaste delen av Brunnsviken. Dessa prover jämfördes med prover från ett referensområde vid Bergianska trädgården. Vattenprover togs på 10 cm djup, för sedimentanalyser provtogs de översta 4 cm och för markanalyser togs den översta 0,5 cm. Halterna vid marinan överskred olika av Naturvårdsverket uppställda riktvärden eller förslag på riktvärden både för vatten (utom koppar i ett prov), sediment och mark.

I vattenproverna vid marinan var kopparhalterna nära det av Naturvårdsverket föreslagna gränsvärdet medan zinkhalterna var nästan de dubbla.

Sedimentens metallhalter har bedömts enligt Naturvårdsverkets bedömningsgrunder för avvikelse från jämförvärden. I marinan överskreds halterna för ”mycket stor avvikelse” ca 7 gånger för koppar och bly och ca 4 gånger för zink. Ett riktvärde för summan polycykliska aromatiska kolväten (PAH) på 2,5 mg/kg TS överskreds mer än 12 gånger i ytsedimentet och ca 24 gånger i det djupare sedimentet och halten tributyltenn (TBT) var nästan 3 gånger högre än vad som i Norge anses vara mycket högt.

PAH fanns i högre halter i sedimenten än i jordprover från båtuppläggningsplatsen medan för övriga mätta substanser var halterna högre i markproverna från båtuppläggningsplatsen än i sedimenten i marinan.

För jord från båtuppläggningsplatsen visade medelvärdena av tre prover förhöjda värden för koppar, bly och zink på ca 24, 13 respektive 8 gånger jämfört med riktvärdena för mindre känslig markanvändning (MKM) enligt Naturvårdsverkets generella riktvärden för förorenad mark. Då ett uppskattat MKM-värde på 2 mg TBT/kg TS (se bakgrund i rapport av Eklund och Eklund 2011) används för jord så överskreds detta 22 gånger.

Överlag visar resultaten att både sedimenten och marken vid marinan är starkt förorenade av ett flertal ämnen. Halterna är i nivå med den övre 25 percentilen som har påträffats på andra liknande platser (Eklund och Eklund 2011). Det finns ytterligare tre båtklubbar i Brunnsviken vilket innebär att föroreningssituationen i sjöns tillrinningsområde kan vara mer omfattande än vad enbart denna undersökning visar.

Samtliga analyserade ämnen är potentiellt mycket giftiga och då halterna är väldigt höga finns det stor anledning att ta fram riktlinjer för hur farliga ämnen ska hanteras på denna och liknande platser för att minimera fortsatt spridning av giftiga substanser från båtverksamhet.

Innehållsförteckning

Förord	3
Sammanfattning	4
1 Bakgrund	6
2 Syfte.....	6
3 Metod	7
4 Resultat och diskussion	8
4.1 Vatten	8
4.2 Sediment	9
4.3 Jord	14
5 Slutsatser	18
6 Referenser	19

Bilagor

A Figur över provtagningsplatserna

B Analysresultat av vatten

C Analysresultat av sediment

D Analysresultat av jord

1 Bakgrund

För att förhindra påväxt av organismer på båtskrov målas dessa traditionellt med färg som läcker ämnen, vilka är giftiga för vattenlevande organismer (till exempel tributyltenn (TBT), koppar och zink). Denna hantering sker oftast på båtuppläggningsplatser i närheten av småbåtshamnar. I en nyligen publicerad rapport (Eklund och Eklund 2011) där man sammanställt markundersökningar utförda på båtuppläggningsplatser i ett flertal svenska kustkommuner konstateras att dessa områden i allmänhet är starkt förorenade med avseende både på metaller (koppar, zink, bly, kvicksilver och kadmium) och organiska föreningar (TBT, polycykliska aromatiska kolväten (PAH)). Detta innebär uppenbara risker för spridning av dessa ämnen till angränsande vattenområden liksom till grundvatten. I en tidigare studie upptäcktes höga halter av TBT, PAH, koppar, bly och zink i sedimentet från en mindre marina på Djurgården (Eklund et al 2008). Halterna av flera av de analyserade ämnena var högst närmast slipen där båtarna togs upp och indikationer fanns på att halterna kan vara ännu högre uppe på båtuppläggningsplatsen.

Brunnsviken blev efter landhöjningen en insjö någon gång på 1700-talet. Denna kom att användas som en avstjälningsplats och blev allt mer förorenad. För att förbättra tillståndet sprängdes en kanal vid Ålkistan 1863 och sedan dess är Brunnsviken förbunden med Lilla Värtan och Östersjön. I senare tid har sediment i Brunnsviken undersökts vid några tillfällen och då i prover från de centrala delarna av viken (Östlund m. fl 1997, Sternbeck m fl 2003, Cato och Appler 2011). I Brunnsviken finns fyra båtklubbar där den äldsta är segelsällskapet Brunnsviken (SSB) som har funnits längst in i Brunnsviken i mer än 100 år. Både mark från båtuppläggningsplatsen, sedimentet och vattnet i hamnen har undersökts i denna undersökning och jämförts med motsvarande prover från Bergianska trädgården.

2 Syfte

Syftet med denna undersökning var dels att i ytsediment, yttjord och vatten undersöka halterna av ämnen relaterade till målning och underhåll av båtar vid en marina i Brunnsviken och jämföra dem med halterna i prover tagna vid ett referensområde vid Bergianska trädgården, och dels att undersöka sedimentens giftighet genom att utföra biologiska tester på dessa för att därefter relatera till halter i sedimenten (presenteras i en separat studentrapport "Sediment and surface water toxicity analysis in Brunnsviken marina"). Detta för att få en bild av föroreningssituationen vid båtuppläggningsplatser och småbåtshamnar som underlag till eventuella saneringsinsatser och behov av skyddsåtgärder för att undvika fortsatt påverkan.

3 Metod

Efter kontakt med segelsällskapet Brunnsviken (SSB) utfördes provtagning den 1 december 2011. De olika provtagningsstationerna framgår av figur i Bilaga A.

Två vattenprover togs med en vattenhämtare av plast från vartdera området på ca 0,1 m djup. För sedimentproverna användes en rörprovtagare av Vilnertyp försedd med en skiktsskivare så att sediment från olika djup kunde samlas in separat. Sedimentprover togs från tre stationer vid vartdera området (se figur 1 i Bilaga A) och prov från djupet 0-4 cm samlades in. (Ursprungligen togs prov dels från djupen 0-2 cm och från 2-4 cm, men för att få tillräckligt med material för att kunna utföra både kemiska analyser och biologiska tester var vi tvungna att slå samman sedimentproverna till ett prov som då representerade djupet 0- 4 cm).

Jordproverna togs på djupet 0-0,5 cm med en planterspade från tre stationer vid vartdera området.

I vatten analyserades metallerna koppar(Cu), bly (Pb), tenn (Sn) och zink (Zn).

På samtliga sediment- och jordprov utfördes torrviktsbestämning liksom glödförlust och beräkning av totalt organiskt material, samt analys av metallerna koppar, bly, tenn och zink.

För varje område gjordes ett samlingsprov för sediment och ett för jord genom att väga upp lika delar från vartdera av de tre proverna tagna för varje matris vid respektive område. På samlingsproven utfördes analys av polycykliska aromatiska kolväten (PAH) och tennorganiska föreningar. Samlingsproven användes även för utlakning med milliQ vatten som efterliknar regnvatten. Dessa vatten testades med mikroalgen *Pseudokirchneriella subcapitata* och kräftdjuret *Nitocra spinipes* och beskrivs i studenternas rapport (Utas m.fl. 2012).

I en sedimentpropp som togs på stationen M3 var sedimentet väsentligt annorlunda med mycket ljusare brungrå färg på ca 20-30 cm djup. För att kunna jämföra ytsedimenten med djupare äldre sediment togs även ett prov av detta.

Samtliga kemiska analyser utfördes av konsultfirman ALS Scandinavia, som är ackrediterad för samtliga analyser utom för de tennorganiska föreningarna, vilka utförde efter en tysk standard.

4 Resultat och diskussion

Vid insamlingstillfället varierade salthalten i vattnet mellan 3 och 3,2 ‰ och temperaturen mellan 4,8 och 5,5 °C.

4.1 Vatten

Resultaten av metallanalyserna i vattenproverna presenteras i tabell 1.

Tabell 1. **Vattenprover.** Halter av **metallerna** koppar (Cu), bly (Pb), tenn (Sn) och zink (Zn) i vatten tagna på 0,1 m djup utanför Bergianska trädgården och utanför marinan Segelsällskapet Brunnsviken (se karta Bilaga A).

Provtagningsplats	Cu µg/l	Pb µg/l	Sn µg/l	Zn µg/l
Referens vid Bergianska, R1	2,0	0,4	< 0,5	8,7
Referens vid Bergianska, R2	3,3	0,3	< 0,5	8,9
Medelvärde ± stav	2,7 ± 0,9	0,3 ± 0,03	< 0,5	8,8 ± 0,09
Marina, M1	2,4	1,1	< 0,5	11
Marina, M2	5,1	2,9	< 0,5	21
Medelvärde ± stav	3,8 ± 2,0	2,0 ± 1,2	< 0,5	16 ± 6,9

Halterna av koppar, bly och zink var överlag högre i vattenproverna från marinan än från referensområdet. Vattendirektivets miljö kvalitetsnorm (MKN) för bly är 7,2 µg/L (årsmedelvärde) (Direktiv 2008/105/EG), och överskreds inte i något av vattenproverna. Naturvårdsverkets förslag till gränsvärden för koppar och zink har satts på 4 respektive 8 µg/L. Dessa gränsvärden överskreds för koppar i ett av vattnen från marinan och för zink i samtliga vattenprover, både från referensområdet och från marinan. Det var överlag högre halter av samtliga metaller i vattenproverna från marinan än i vattenproverna från referensområdet.

4.2 Sediment

Analyserna i sediment presenteras dels relaterat till sedimentens torrsubstans och dels till mängd organiskt kol. De oorganiska parametrarna presenteras i tabell 2a relaterat till sediment torrsvikt och i tabell 2b relaterat till mängd organiskt kol. På motsvarande sätt redovisas halter av PAH'er i sediment i tabellerna 3a och 3b och i tabell 4a och 4b redovisas halter av tennorganiska föreningar.

Tabell 2a. **Sedimentprover.** Torrsvikt (TS), glödförlust (Loss on ignition=LOI), organiskt kol (total organic carbon=TOC) samt halter (mg/kg TS) av **metallerna** koppar (Cu), bly (Pb), tenn (Sn) och zink (Zn) i sediment utanför Bergianska trädgården och utanför marinan Segelsällskapet Brunnsviken (SSB) i Brunnsviken (se karta Bilaga A).

Ytsediment (0-4 cm)							
Provtagningsplats	TS	LOI	TOC	Cu	Pb	Sn	Zn
	%	%	%	mg/kg TS	mg/kg TS	mg/kg TS	mg/kg TS
Referens vid Bergianska, R1	65,0	3,6	2,1	19,2	19,6	3,81	116
Referens vid Bergianska, R2	87,8	0,6	0,35	4,77	7,02	0,44	28,8
Referens vid Bergianska, R3	84,0	1,8	1,00	3,17	4,78	0,62	28,6
Medelvärde ± stav	78,9 ± 12,2	2,0 ± 1,5	1,2 ± 0,9	9,05 ± 8,83	10,5 ± 7,99	1,62 ± 1,90	57,8 ± 50,4
Marina, M1	34,7	8,1	4,7	888	894	28,7	1230
Marina, M2	13,6	20	11	497	824	62,8	1770
Marina, M3	10,6	22	13	310	649	46,9	1530
Medelvärde ± stav	19,6 ± 13,1	17 ± 7,4	9,6 ± 4,3	565 ± 295	789 ± 126	46,1 ± 17,1	1510 ± 271
Marina, M3, 20-30 cm djup	19,6	17,6	10,2	162	316	39,8	937

Tabell 2b. **Sedimentprover.** Halter (g/kg OC) av **metallerna** koppar (Cu), bly (Pb), tenn (Sn) och zink (Zn) i sediment utanför Bergianska trädgården och utanför marinan Segelsällskapet Brunnsviken (SSB) i Brunnsviken (se karta Bilaga A).

Ytsediment (0-4 cm)				
Provtagningsplats	Cu	Pb	Sn	Zn
	g/kg OC	g/kg OC	g/kg OC	g/kg OC
Referens vid Bergianska, R1	0,91	0,93	0,18	5,5
Referens vid Bergianska, R2	1,4	2,0	0,13	8,2
Referens vid Bergianska, R3	0,32	0,48	0,062	2,9
Medelvärde ± stav	0,87 ± 0,52	1,1 ± 0,78	0,12 ± 0,060	5,5 ± 2,7
Marina, M1	190	19	0,61	26
Marina, M2	4,4	7,3	0,56	16
Marina, M3	2,4	5,1	0,37	12
Medelvärde ± stav	8,6 ± 9,0	11 ± 7,5	0,51 ± 0,13	18 ± 7,4
Marina, M3, 20-30 cm djup	1,6	3,1	0,39	9,2

Medelvärde för torrvikten av sedimenten från Bergianska trädgården uppgår till 79 % medan medelvärdet för sedimenten från marinan endast är 19,6 %. Inom marinan ses en ökning i innehåll av organiskt material utåt från land. Både glödförlusten (LOI) och mängd organiskt material (TOC) är i samtliga fall betydligt högre i marinans sedimentprover än i referensproverna.

Metallhalterna mätt som mg/kg TS är i samtliga prover i marinan betydligt högre jämfört med referensproverna utanför Bergianska trädgården. Även då halterna normaliseras mot mängden organiskt kol, som är högre i sedimenten vid marinan än vid referensplatsen, är de betydligt högre i marinan. Enligt avvikelseklasser uppställda av Naturvårdsverket (NV 1999) är samtliga halter i referensproven inom klassen "ingen eller obetydlig avvikelse". Gränsen för denna klass är för koppar < 15, för bly < 25 och för zink < 85 mg/kg TS. För tenn finns inte några avvikelseklasser upprättade. På samtliga stationer i marinan är halterna av koppar, bly och zink långt över klassen "mycket stor avvikelse", för vilken gränserna för koppar är > 80, för bly > 110 och för zink > 350 mg/kg TS. För koppar och bly överskreds gränsvärdet för "mycket stor avvikelse" ca 7 gånger och för zink ca 4 gånger.

När det gäller sedimentet från djupare lager (20 – 30 cm på M3) så var halterna ca hälften av vad de var i ytskiktet men fortfarande klart över gränsen för "mycket stor avvikelse".

Högst halter av koppar och bly uppmättes i sedimenten tagna längst in i marinan medan något lägre värden uppmättes längre ut i hamnområdet.

I tidigare undersökningar av sediment i Brunnsviken har provtagning gjorts bland annat vid en punkt mitt ute i viken väster om Frescati Hage som kan ses som en referenspunkt (Östlund m.fl. 1997, Sternbeck m.fl. 2003). Där har man uppmätt en torrsvikt på 4-5% vilken är mer lik den torrsvikt som uppmättes i marinans sediment än den i sedimenten vid Bergianska. De uppmätta metallhalterna 1997 och 2002 var 220, 240 och 770 mg/kg TS respektive 230, 220 och 890 mg/kg TS för koppar, bly och zink, det vill säga lägre än medelhalterna för dessa metaller i sedimenten från marinan.

Även en annan sedimentundersökning visar lägre halter av koppar, bly och zink vid en punkt väster om Bergianska än medelhalterna i sedimenten från marinan (Cato och Apler 2011). Studien som utfördes vid 29 platser inom Stockholms stad, Stockholms läns kustvatten samt i Mälarens östligaste del visar också att kopparhalten i Brunnsviken 2007 (187 mg/kg TS, TS = 5%) var den näst högsta efter Strömmen (242 mg/kg TS). Även den näst högsta halten av bly (145 mg/kg TS) och den högsta zinkhalten (755 mg/kg TS) inom studien uppmättes i Brunnsviken. I jämförelse med dessa halter är medelhalterna som uppmätts i marinan mer än dubbelt så höga för alla tre metallerna.

Tabell 3a. **Sedimentprover.** Halter (**mg/kg TS**) av **polycykliska aromatiska kolväten (PAH)** i sediment utanför Bergianska trädgården och utanför marinan Segelsällskapet Brunnsviken (SSB) i Brunnsviken (se karta Bilaga A).

Provtagningsplats	PAH Σ16 ¹ mg/kg TS	PAH Cancero- gena ² mg/kg TS	PAH Summa övriga mg/kg TS	PAH Summa L ³ mg/kg TS	PAH Summa M ⁴ mg/kg TS	PAH Summa H ⁵ mg/kg TS
Ref., Bergianska, poolat	< 1,3	0,41	0,36	< 0,15	0,36	0,41
Marina, poolat	31	14	17	1,1	14	16
Marina M3, 20-30 cm djup	63	0,40	63	40	23	0,20

¹ Σ16 = naftalen, acenaftylen, acenaften, fluoren, fenantren, antracen, fluoranten, pyren, benso(a)antracen, krysen, benso(b)fluoranten, benso(k)fluoranten, benso(a)pyren, dibenso(ah)antracen, benso(ghi)perylene och indeno(123cd)pyren

² Cancerogena PAH = benso(a)antracen, krysen, benso(b)fluoranten, benso(k)fluoranten, benso(a)pyren, dibenso(ah)antracen och indeno(123cd)pyren

³ Summa PAH L = naftalen, acenaften och acenaftylen

⁴ Summa PAH M = fluoren, fenantren, antracen, fluoranten och pyren

⁵ Summa PAH H = benso(a)antracen, krysen, benso(b)fluoranten, benso(k)fluoranten, benso(a)pyren, indeno(1,2,3-c,d)pyren, dibenso(a,h)antracen och benso(g,h,i)perylene

(Naturvårdsverket 2008)

Analys av PAHer i sediment har utförts på 16 olika PAH-föreningar (se rådata i Bilaga C).

Liksom för metallerna är halterna av PAH betydligt högre i sedimenten från marinan än i de från referensplatsen, även då halterna normaliseras mot mängden organiskt kol. Ett riktvärde på 2,5 mg/kg TS finns för summan av 11 av dessa 16 PAH (ej naftalen, acenaften, acenaftylen, fluoren och dibenso(ah)antracen) (Uppdaterad tabell 30 från NV rapport 4914, 1999). Detta riktvärde överskreds ca 12 gånger i marinans ytsediment och ca 24 gånger i det djupare sedimentet (från 20-30 cm).

Tabell 3b. **Sedimentprover.** Halter (g/kg OC) av **polycykliska aromatiska kolväten (PAH)** i sediment utanför Bergianska trädgården och utanför marinan Segelsällskapet Brunnsviken (SSB) i Brunnsviken (se karta Bilaga A).

Provtagningsplats	PAH Σ16 ¹ mg/kg OC	PAH Cancero- gena ² mg/kg OC	PAH Summa övriga mg/kg OC	PAH Summa L ³ mg/kg OC	PAH Summa M ⁴ mg/kg OC	PAH Summa H ⁵ mg/kg OC
Ref., Bergianska, poolat	< 110	36	31	<13	31	36
Marina, poolat	320	150	180	11	150	170
Marina M3, 20-30 cm djup	620	2,0	620	390	230	2,0

¹ Σ16 = naftalen, acenaftylen, acenaften, fluoren, fenantren, antracen, fluoranten, pyren, benso(a)antracen, krysen, benso(b)fluoranten, benso(k)fluoranten, benso(a)pyren, dibenso(ah)antracen, benso(ghi)perylene och indeno(123cd)pyren

² Cancerogena PAH = benso(a)antracen, krysen, benso(b)fluoranten, benso(k)fluoranten, benso(a)pyren, dibenso(ah)antracen och indeno(123cd)pyren

³ Summa PAH L = naftalen, acenaften och acenaftylen

⁴ Summa PAH M = fluoren, fenantren, antracen, fluoranten och pyren

⁵ Summa PAH H = benso(a)antracen, krysen, benso(b)fluoranten, benso(k)fluoranten, benso(a)pyren, indeno(1,2,3-c,d)pyren, dibenso(a,h)antracen och benso(g,h,i)perylene
(Naturvårdsverket 2008)

I studien presenterad av Sternbeck m.fl. (2003) uppmättes summan av 16 PAH till 3,7 mg/kg TS i ytsediment och i undersökningen av Cato och Apler (2007) till 5,0 mg/kg TS, vilka båda är betydligt lägre halter än vad som uppmätts i marinans sediment.

I provet från djupa sediment vid M3 är halterna av de flesta PAHerna högre än i ytskiktet. Det är bara halterna av de tyngre PAHerna (summa H) som är lägre i de djupare sedimenten. Historiskt har området som idag används som båtuppläggningsplats haft en hel del industriell verksamhet där en del kan ha genererat PAHer som då har ansamlats i de djupare sedimenten.

I nära anslutning till den här delen av Brunnsviken finns tungt trafikerade vägar. Öster om Roslagsvägen ligger det tidigare industriområde Albano där det förekommit verksamheter som klassats som miljöfarliga. Inom marinans närområde finns utlopp för dagvatten som avleds orenat band annat från Roslagsvägen och före detta Albano industriområde. Detta kan också tänkas vara en källa till PAHer, både historiskt och idag.

Tabell 4a. **Sedimentprover.** Halter ($\mu\text{g/kg TS}$) av **tennorganiska föreningar** i sediment utanför Bergianska trädgården och utanför marinan Segelsällskapet Brunnsviken (SSB) i Brunnsviken (se karta Bilaga A).

Provtagningsplats	MBT $\mu\text{g/kg TS}$	DBT $\mu\text{g/kg TS}$	TBT $\mu\text{g/kg TS}$	MFT $\mu\text{g/kg TS}$	DFT $\mu\text{g/kg TS}$	TFT $\mu\text{g/kg TS}$
Bergianska, poolat ref	1,26	1,45	3,02	< 0,9	< 0,9	< 0,9
Marina, poolat	< 1	358	270	29	< 1	136
Marina M3, 20-30 cm djup	14,4	33,7	19,9	1,22	1,16	< 1

Se Bilaga C för en förklaring till förkortningar

Tabell 4b. **Sedimentprover.** Halter (mg/kg OC) av **tennorganiska föreningar** i sediment utanför Bergianska trädgården och utanför marinan Segelsällskapet Brunnsviken (SSB) i Brunnsviken (se karta Bilaga A). Monobutyltenn (MBT), dibutyltenn (DBT), tributyltenn (TBT), monofenyltenn (MFT), difenyltenn (DFT), trifenyltenn (TFT).

Provtagningsplats	MBT mg/kg OC	DBT mg/kg OC	TBT mg/kg OC	MFT mg/kg OC	DFT mg/kg OC	TFT mg/kg OC
Bergianska, poolat ref	0,11	0,13	0,26	<0,08	<0,08	<0,08
Marina, poolat	<1	360	270	29,0	<1	140
Marina M3, 20-30 cm djup	14	34	20	1,2	1,2	<1

TBT tillhör de i vattendirektivet (2008/105/EG) prioriterade farliga ämnen där utsläppen ska upphöra eller stegvis elimineras. I Sverige finns inget riktvärde för TBT eller andra tennorganiska föreningar i sediment. I Norge har man satt $100 \mu\text{g TBT/kg TS}$ som ett mycket högt värde (SFT 1997). Med tanke på detta är den uppmätta halten av TBT mycket hög i sedimenten i marinan. En jämförelse med det enda prov från sediment djupare ner vid M3 visar att de tennorganiska halterna här är betydligt lägre än i ytskiktet. Detta indikerar att det i denna marina liksom i marinan från Djurgården (Eklund et al 2008) fortfarande sprids TBT från båtverksamheten. Även de övriga tennorganiska föreningarna förekommer i betydligt högre halter i marinan jämfört med i sedimenten utanför Bergianska trädgården både baserat på mg/kg TS och mg/kg OC .

4.3 Jord

Analyserna av oorganiska parametrar i det översta jordlagret (0-0,5 cm) presenteras liksom sedimenten dels per kg torrsustans och dels baserat på mängd kol. De oorganiska resultaten presenteras i tabell 5a och 5b, PAHer i tabell 6a och 6b och tennorganiska föreningar i tabell 7a och 7b.

Tabell 5a. **Jordprover.** Torrsvikt (TS), glödförlust (Loss on ignition=LOI), organiskt kol samt halter (mg/kg TS) av **metallerna** koppar (Cu), bly (Pb), tenn (Sn) och zink (Zn) i yttjordprover (0-0,5 cm) tagna utanför Bergianska trädgården och utanför marinan Segelsällskapet Brunnsviken (se karta Bilaga A).

Provtagningsplats	TS %	LOI %	TOC %	Cu mg/kg TS	Pb mg/kg TS	Sn mg/kg TS	Zn mg/kg TS
Referens vid Bergianska, R1	62,8	18,8	10,9	44,3	63,6	4,44	346
Referens vid Bergianska, R2	71,9	12,3	7,1	24,6	38,2	1,56	95,1
Referens vid Bergianska, R3	62,4	26,1	15,2	18,9	52,0	1,99	76,3
Medelvärde	65,7	19,1	11,1	29,3	51,3	2,7	172
± stav	± 5,4	± 6,9	± 4,1	± 13,3	± 12,7	± 1,6	±151
Marina, M1	84,5	7,3	4,2	6670	9520	170	4320
Marina, M2	89,1	5,8	3,3	6270	4990	445	5960
Marina, M3	91,9	2,3	1,3	1330	1300	49,9	1220
Medelvärde	84,5	5,1	2,9	4757	5270	222	3833
± stav	± 3,7	± 2,6	± 1,5	±2974	±4117	± 203	±2407

Tabell 5b. **Jordprover.** Halter (g/kg OC) av **metallerna** koppar (Cu), bly (Pb), tenn (Sn) och zink (Zn) i yttjordprover (0-0,5 cm) tagna utanför Bergianska trädgården och utanför marinan Segelsällskapet Brunnsviken (se karta Bilaga A).

Provtagningsplats	Cu g/kg OC	Pb g/kg OC	Sn g/kg OC	Zn g/kg OC
Referens vid Bergianska, R1	0,41	0,58	0,041	3,2
Referens vid Bergianska, R2	0,35	0,54	0,022	1,3
Referens vid Bergianska, R3	0,12	0,34	0,013	0,50
Medelvärde ± stav	0,29 ± 0,15	0,49 ± 0,13	0,025 ± 0,014	1,7 ± 1,4
Marina, M1	160	230	4,1	100
Marina, M2	190	150	14	180
Marina, M3	102	100	3,8	94
Medelvärde ± stav	150 ± 45	160 ± 64	7,1 ± 5,5	130 ± 48

För jorden gäller det omvända förhållandet för torrsvikt, glödförlust och mängd organiskt material jämfört med för sedimentproverna. Markproverna på båtupplägningsplatsen innehåller mycket mer grus och sten och har en högre torrsvikt än referensproverna från Bergianska trädgården. Däremot är glödförlusten och mängden organiskt material mindre än hälften i markproverna från båtupplägningsplatsen jämfört med referensproverna.

Metallhalterna i jord är i samtliga prover från båtuppläggingsplatsen signifikant högre ($p < 0,001$) jämfört med referensproverna från Bergianska trädgården. Detta trots att jorden vid båtuppläggingsplatsen innehåller mer grus och sten och har en högre torrsvikt än jorden vid referensplatsen. Naturvårdsverket har satt upp riktvärden för halter som är acceptabla för olika typer av markanvändning. Riktvärdet för känslig markanvändning (KM) är tänkt att gälla där människor bor och vistas dagligen, medan riktvärdet för mindre känslig markanvändning (MKM) gäller för industrimark och liknande. Riktvärden för KM och MKM finns för bland annat koppar, bly och zink medan det för tenn saknas jämförelsevärden för mark. De uppmätta halterna av koppar och zink i referensproverna ligger under KM-värdet på 80 respektive 250 mg/kg TS. I två av proverna överskrider blyhalten precis KM-värdet på 50 mg/kg TS. I markproverna från båtuppläggingsplatsen är medelvärdena för metaller mellan fyra och tio gånger högre än riktvärdena för känslig markanvändning (KM). Även riktvärdena för MKM som för koppar, bly och zink är 200, 400 respektive 500 mg/kg TS överskreds med marginal, och är ca 24, 13 respektive 8 gånger högre än MKM-värdet för respektive ämne. För samtliga metaller är variationen mellan proverna stor och följer inte riktigt varandra. I jämförelse med vad som påträffats på andra likande platser (Eklund och Eklund 2011) är halterna av koppar, bly och zink att betrakta som höga.

Överlag är halterna av PAH i jorden betydligt lägre än vad som uppmättes i sedimenten (tabell 3). Summan 16 PAH är ca 4 gånger så hög som det av Naturvårdsverket uppsatta riktvärdet på 45 mg/kg TS (tabell uppdaterad 2008-10-24 på www.naturvardsverket.se, Eklund och Eklund 2011).

Tabell 6a. **Jordprover. Halter (mg/kg TS) av polycykliska aromatiska kolväten (PAH) i jordprover (0-0,5 cm) från Bergianska trädgården och från båtuppläggningsplatsen för Segelsällskapet Brunnsviken (SSB) i Brunnsviken (se karta Bilaga A).**

Provtagningsplats	PAH $\Sigma 16^1$ mg/kg TS	PAH Cancero- gena ² mg/kg TS	PAH Summa övriga mg/kg TS	PAH Summa L ³ mg/kg TS	PAH Summa M ⁴ mg/kg TS	PAH Summa H ⁵ mg/kg TS
Ref., Bergianska, poolat	1,9	0,82	1,0	< 0,15	0,93	0,92
Marina, poolat	5,9	3,9	1,9	< 0,15	1,4	4,5

¹ $\Sigma 16$ = naftalen, acenaftylen, acenaften, fluoren, fenantren, antracen, fluoranten, pyren, benso(a)antracen, krysen, benso(b)fluoranten, benso(k)fluoranten, benso(a)pyren, dibenso(ah)antracen, benso(ghi)perylene och indeno(123cd)pyren

² Cancerogena PAH = benso(a)antracen, krysen, benso(b)fluoranten, benso(k)fluoranten, benso(a)pyren, dibenso(ah)antracen och indeno(123cd)pyren

³ Summa PAH L = naftalen, acenaften och acenaftylen

⁴ Summa PAH M = fluoren, fenantren, antracen, fluoranten och pyren

⁵ Summa PAH H = benso(a)antracen, krysen, benso(b)fluoranten, benso(k)fluoranten, benso(a)pyren, indeno(1,2,3-c,d)pyren, dibenso(a,h)antracen och benso(g,h,i)perylene
(Naturvårdsverket 2008)

Tabell 6b. **Jordprover. Halter (mg/kg OC) av polycykliska aromatiska kolväten (PAH) i jordprover (0-0,5 cm) från Bergianska trädgården och från båtuppläggningsplatsen för Segelsällskapet Brunnsviken (SSB) i Brunnsviken (se karta Bilaga A).**

Provtagningsplats	PAH $\Sigma 16^1$ mg/kg OC	PAH Cancero- gena ² mg/kg OC	PAH Summa övriga mg/kg OC	PAH Summa L ³ mg/kg OC	PAH Summa M ⁴ mg/kg OC	PAH Summa H ⁵ mg/kg OC
Ref., Bergianska, poolat	17	7,4	9,0	<1	8,4	8,3
Marina, poolat	201	133	64,8	<5	47,7	153

¹ $\Sigma 16$ = naftalen, acenaftylen, acenaften, fluoren, fenantren, antracen, fluoranten, pyren, benso(a)antracen, krysen, benso(b)fluoranten, benso(k)fluoranten, benso(a)pyren, dibenso(ah)antracen, benso(ghi)perylene och indeno(123cd)pyren

² Cancerogena PAH = benso(a)antracen, krysen, benso(b)fluoranten, benso(k)fluoranten, benso(a)pyren, dibenso(ah)antracen och indeno(123cd)pyren

³ Summa PAH L = naftalen, acenaften och acenaftylen

⁴ Summa PAH M = fluoren, fenantren, antracen, fluoranten och pyren

⁵ Summa PAH H = benso(a)antracen, krysen, benso(b)fluoranten, benso(k)fluoranten, benso(a)pyren, indeno(1,2,3-c,d)pyren, dibenso(a,h)antracen och benso(g,h,i)perylene
(Naturvårdsverket 2008)

Tabell 7a. **Jordprover.** Halter ($\mu\text{g/kg TS}$) av tennorganiska föreningar i jordprover (0-0,5 cm) från Bergianska trädgården och från båtupplägningsplatsen för Segelsällskapet Brunnsviken (SSB) i Brunnsviken (se karta Bilaga A). Monobutyltenn (MBT), dibutyltenn (DBT), tributyltenn (TBT), monofenyltenn (MFT), difenyltenn (DFT), trifenyltenn (TFT).

Provtagningsplats	MBT $\mu\text{g/kg TS}$	DBT $\mu\text{g/kg TS}$	TBT $\mu\text{g/kg TS}$	MFT $\mu\text{g/kg TS}$	DFT $\mu\text{g/kg TS}$	TFT $\mu\text{g/kg TS}$
Ref, Bergianska, poolat	1,31	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1
Marina, poolat	2990	2930	44800	143	7,29	173

Tabell 7b. **Jordprover.** Halter (mg/kg OC) av **tennorganiska föreningar** i jordprover (0-0,5 cm) från Bergianska trädgården och från båtupplägningsplatsen för Segelsällskapet Brunnsviken (SSB) i Brunnsviken (se karta Bilaga A). Monobutyltenn (MBT), dibutyltenn (DBT), tributyltenn (TBT), monofenyltenn (MFT), difenyltenn (DFT), trifenyltenn (TFT).

Provtagningsplats	MBT mg/kg OC	DBT mg/kg OC	TBT mg/kg OC	MFT mg/kg OC	DFT mg/kg OC	TFT mg/kg OC
Ref, Bergianska, poolat	0,012	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Marina, poolat	102	100	1530	4,88	0,249	5,90

Inget jämförelsevärde för mark finns framtaget för TBT. I en nyligen utgiven rapport (Eklund och Eklund 2011) har man med utgångspunkt från finska riktvärden för summan av TBT och TFT satt 1 mg/kg TS som riktvärde för KM och 2 mg/kg TS som riktvärde för MKM. Jämfört med dessa värden är halten av TBT på det sammanslagna markprovet från tre platser på båtupplägningsplatsen ca 22 gånger högre än riktvärdet för MKM. I jämförelse med andra motsvarande platser ligger halterna av TBT bland de högre (Eklund och Eklund 2011). Det TBT som påträffas i ytmarkskiktet är sannolikt rester från avskrapad färg. Eftersom TBT-halten är ca 7 gånger högre än halterna av dess nedbrytningsprodukter, dibutyltenn (DBT) och monobutyltenn (MBT), verkar det inte ha skett någon snabb nedbrytning. Detta överensstämmer med tidigare observationer som visar att TBT i färg som finns kvar på båtarna inte nämnvärt verkar brytas ner utan huvudsakligen finns kvar i form av TBT (Eklund et al 2008).

5 Slutsatser

I alla vattenproverna tagna inom marinan överskred halterna de av Naturvårdsverket föreslagna gränsvärdena för koppar och zink samt gränsvärdet för bly i vattendirektivets bilaga X över prioriterade ämnen (2008/105/EG). Metallhalterna var betydligt högre i marinan än i vattenprover tagna i referensområdet ute i Brunnsviken. Halterna av samtliga mätta substanser (koppar, bly, tenn, zink, PAH och tennorganiska föreningar) var mycket höga både i sediment i hamnområdet vid marinan och i marken på båtuppställningsplatsen. I sedimenten översteg halterna den högsta avvikelseklassen ”mycket stor avvikelse” enligt Naturvårdsverkets bedömningsgrunder för sediment med en faktor fyra och upp till 25 gånger. Även för mark var medelvärdena mellan 4 och 24 gånger högre än riktvärdena för MKM. PAH fanns i högre halter i sedimenten än i marken på båtuppläggningsplatsen medan det var tvärtom för alla övriga mätta substanser.

Halterna av både koppar, bly, zink och TBT vid marinan i Brunnsviken var i nivå med den övre 25 percentilen som har uppmätts vid 34 andra båtuppläggningsplatser som finns sammanställda i en nyligen utgiven rapport (Eklund och Eklund 2011), det vill säga kan betraktas som höga i jämförelse med vad som påträffats på andra likande platser. Det finns ytterligare tre båtklubbar i Brunnsviken vilket innebär att föroreningssituationen i sjöns tillrinningsområde kan vara mer omfattande än vad enbart denna undersökning visar.

Samtliga analyserade ämnen är potentiellt mycket giftiga och då halterna är så höga finns det stor anledning att snarast ta fram riktlinjer för hur farliga ämnen ska hanteras på denna och liknande platser för att minimera fortsatt spridning av giftiga substanser från båtverksamhet.

6 Referenser

Cato, I., Apler, A. (2011) Metaller och miljögifter i sediment – inom Stockholms stad och Stockholms län 2007. Länsstyrelsen Stockholms län, Rapport 2011:19

Direktiv 2008/105/EG (2008) Europaparlamentets och Rådets direktiv 2008/105/EG av den 16 december 2008 om miljökvalitetsnormer inom vattenpolitikens område.

Eklund, B., Elfström, M., Borg, H. (2008). TBT originates from pleasure boats in Sweden in spite of firm restrictions. *Open Env. Sci*, 2, 124-132.

Eklund, D., Eklund, B. (2011) Förorening av båtuppläggningsplatser – en sammanställning av utförda undersökningar i svenska kustkommuner. Rapport till Havs och vattenmyndigheten 22 december 2011, 27 s plus 4 bilagor.

NV (1999) Bedömningsgrunder för miljökvalitet, sjöar och vattendrag. Naturvårdsverket Rapport 4913.

NV (1999) Bedömningsgrunder för miljökvalitet – Kust och hav. Naturvårdsverket Rapport 4914.

NV (2008) Förslag till gränsvärden för särskilda förorenande ämnen. Stöd till vattenmyndigheterna vid statusklassificering och fastställande av MKN. Rapport 5799.

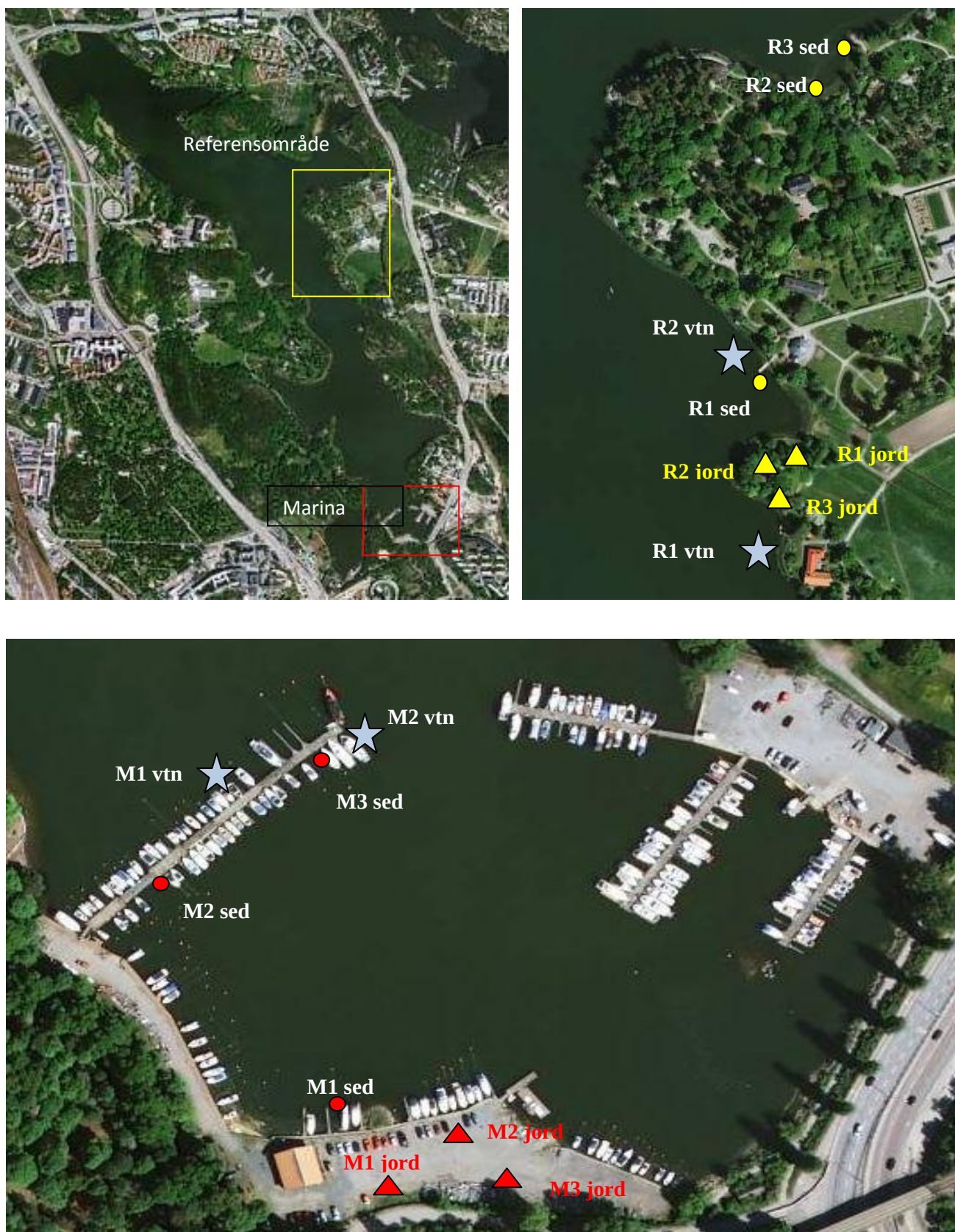
SFT (1997) Miljømål for vannforekomsene: Nyttetvurdering av å opprettholde eller forbedre miljøkvalitet. SFT 1997 – 196 s. – Rapport 97:36 – Bestillingsnr: TA-1503.

Sternbeck, J., Brorström-Lundén, E., Remberger, M., Kaj, L., Palm, A., Junedahl, E., Cato, I., (2003) WFD Priority substances in sediments from Stockholm and the Svealand coastal region. IVL, Rapport B 1538

Utas, A., Jarsén, Å, Kröpli, D., Sjösten, F., Wagenführ, L. (2012) Sediment and surface water toxicity analysis in Brunnsvikens marina. Report from a course in Strategies for Environmental Risk and Hazard Assessments, Department of Applied Environmental Science, Stockholm University.

Östlund, P., Sternbeck, J., Brorström-Lundén, E., (1998) Metaller, PAH, PCB och totalkolväten i sediment runt Stockholm – flöden och halter. IVL, Rapport B 1297

Bilaga A



Figur 1. Provtagningsplatser är utsatta som stjärntecken för vattenproverna, som punkter för sedimentproverna och som trianglar för jordproverna.

Bilaga B

Analysresultat för vatten

From: ALS Scandinavia AB, Aurorum 10, 977 75 Luleå.

Tfn: 0920/28 99 00. Fax: 0920/28 99 40. Email: info.LU@alsglobal.com

To: Stockholms Universitet Ref: Britta Eklund [britta.eklund@itm.su.se]

Program: V3ABAS

Ordernumber: L1129503 (;)

Report created: 2011-12-14 by App1.LU

ELEMENT	SAMPLE	Marina		medel	sdav	Referens			
		M1 vatten	M2 vatten			R1 vatten	R2 vatten		
Filtrerad		Nej	Nej			Nej	Nej		
Cu	µg/l	2,4	5,16	3,78	1,95	2,01	3,31	2,66	0,92
Pb	µg/l	1,11	2,86	1,985	1,24	0,354	0,309	0,3315	0,03
Sn	µg/l	<0.5	<0.5			<0.5	<0.5		
Zn	µg/l	11	20,8	15,9	6,93	8,74	8,87	8,805	0,09

Please note: This report is preliminary and does not contain all relevant information.

For the definitive and complete reporting of the results, reference is made to the corresponding signed final report from ALS Scandinavia AB

Bilaga C

Analysresultat av sediment

From: ALS Scandinavia AB, Maskinvägen 2, 183 25 Täby.

Tfn: 08/52 77 52 00. Fax: 08/768 3423. Email: info.ta@alsglobal.com

To: ITM Inst. tillämpad miljöforskning Ref: Britta Eklund [Britta.Eklund@itm.su.se]

Program: JORD

Ordernumber: T1118991 (;)

Report created: 2011-12-15 by anna-karin.revell

ELEMENT	SAMPLE	Sedimentprover					M3 sed från				
		R 1	R 2	R 3	R poolat	M 1	M 2	M 3	M poolat	från 20-30cm	
TS_105°C	%	65	87,8	84	76,4	34,7	13,6	10,6	19	19,6	
Cu	mg/kg TS	19,2	4,77	3,17		888	497	310		162	
Pb	mg/kg TS	19,6	7,02	4,78		894	824	649		316	
Zn	mg/kg TS	116	28,8	28,6		1230	1770	1530		937	
Sn	mg/kg TS	3,81	0,44	0,618		28,7	62,8	46,9		39,8	
glödförlust	% av TS	3,6	0,6	1,8		8,1	19,5	22		17,6	
TOC	% av TS	2,1	0,35	1		4,7	11,3	12,8		10,2	
TS_105°C	%				76,4				19,5	20,3	
naftalen	mg/kg TS				*****				*****	*****	
acenaftilen	mg/kg TS				*****				*****	*****	
acenaften	mg/kg TS				*****				*****	*****	
fluoren	mg/kg TS				*****				*****	*****	
fenantren	mg/kg TS				*****				*****	*****	
antracen	mg/kg TS				*****				*****	*****	
fluoranten	mg/kg TS				*****				*****	*****	
pyren	mg/kg TS				*****				*****	*****	
bens(a)antracen	mg/kg TS				*****				*****	*****	
krysen	mg/kg TS				*****				*****	*****	
bens(b)fluoranten	mg/kg TS				*****				*****	*****	
bens(k)fluoranten	mg/kg TS				*****				*****	*****	
bens(a)pyren	mg/kg TS				*****				*****	*****	
dibens(ah)antracen	mg/kg TS				*****				*****	*****	
benso(ghi)perylene	mg/kg TS				*****				*****	*****	
indeno(123cd)pyren	mg/kg TS				*****				*****	*****	
PAH, summa 16	mg/kg TS				*****				*****	*****	
PAH, summa cancerogena	mg/kg TS				*****				*****	*****	
PAH, summa övriga	mg/kg TS				*****				*****	*****	
PAH, summa L	mg/kg TS				*****				*****	*****	
PAH, summa M	mg/kg TS				*****				*****	*****	
PAH, summa H	mg/kg TS				*****				*****	*****	
monobutyltenn	µg/kg TS				1,26				<1	14,4	
dibutyltenn	µg/kg TS				1,45				358	33,7	
tributyltenn (TBT)	µg/kg TS				3,02				270	19,9	
tetrabutyltenn	µg/kg TS				<0.9				<1	<1	
monooktyltenn	µg/kg TS				<0.9				8,47	7,03	
dioktyltenn	µg/kg TS				<0.9				16,8	1,16	
tricyklohexyltenn	µg/kg TS				<0.9				9,18	<1	
monofenyltenn	µg/kg TS				<0.9				29	1,22	
difenyltenn	µg/kg TS				<0.9				<1	1,16	
trifenyltenn	µg/kg TS				<0.9				136	<1	

Please note: This report is preliminary and does not contain all relevant information.

For the definitive and complete reporting of the results, reference is made to the corresponding signed final report from ALS Scandinavia AB

Bilaga D

Analysresultat av jordprover

From: ALS Scandinavia AB, Maskinvägen 2, 183 25 Täby.

Tfn: 08/52 77 52 00. Fax: 08/768 3423. Email: info.ta@alsglobal.com

To: ITM Inst. tillämpad miljöforskning Ref: Britta Eklund [Britta.Eklund@itm.su.se]

Program: JORD

Ordernumber: T1118991 (;)

Report created: 2011-12-15 by anna-karin.revell

ELEMENT	SAMPLE	Jordprover			Soil				
		Soil R 1	Soil R 2	Soil R 3	pooled	Soil M 1	Soil M 2	Soil M 3	I poolat M
TS_105°C	%	62,8	71,9	62,4	66,7	84,5	89,1	91,9	87,5
Cu	mg/kg TS	44,3	24,6	18,9		6670	6270	1330	
Pb	mg/kg TS	63,6	38,2	52		9520	4990	1300	
Zn	mg/kg TS	346	95,1	76,3		4320	5960	1220	
Sn	mg/kg TS	4,44	1,56	1,99		170	445	49,9	
glödförlust	% av TS	18,8	12,3	26,1		7,3	5,8	2,3	
TOC	% av TS	10,9	7,1	15,2		4,2	3,3	1,3	
TS_105°C	%				66,9				87,5
naftalen	mg/kg TS				*****				*****
acenaftylen	mg/kg TS				*****				*****
acenaften	mg/kg TS				*****				*****
fluoren	mg/kg TS				*****				*****
fenantren	mg/kg TS				*****				*****
antracen	mg/kg TS				*****				*****
fluoranten	mg/kg TS				*****				*****
pyren	mg/kg TS				*****				*****
bens(a)antracen	mg/kg TS				*****				*****
krysen	mg/kg TS				*****				*****
bens(b)fluoranten	mg/kg TS				*****				*****
bens(k)fluoranten	mg/kg TS				*****				*****
bens(a)pyren	mg/kg TS				*****				*****
dibens(ah)antracen	mg/kg TS				*****				*****
benso(ghi)perylene	mg/kg TS				*****				*****
indeno(123cd)pyren	mg/kg TS				*****				*****
PAH, summa 16	mg/kg TS				*****				*****
PAH, summa cancerogena	mg/kg TS				*****				*****
PAH, summa övriga	mg/kg TS				*****				*****
PAH, summa L	mg/kg TS				*****				*****
PAH, summa M	mg/kg TS				*****				*****
PAH, summa H	mg/kg TS				*****				*****
monobutyltenn	µg/kg TS				1,31				2990
dibutyltenn	µg/kg TS				<1				2930
tributyltenn (TBT)	µg/kg TS				<1				44800
tetrabutyltenn	µg/kg TS				<1				801
monooktyltenn	µg/kg TS				<1				40,9
dioktyltenn	µg/kg TS				<1				2,13
tricyklohexyltenn	µg/kg TS				<1				<0.9
monofenyltenn	µg/kg TS				<1				143
difenyltenn	µg/kg TS				<1				7,29
trifenyltenn	µg/kg TS				<1				173

Please note: This report is preliminary and does not contain all relevant information.

For the definitive and complete reporting of the results, reference is made to the corresponding signed final report from ALS Scandinavia AB

