

Sedimentkonsult HB

Metaller och organiska miljöföroreningar i Riddarfjärden 2018

av
Per Jonsson



Mottagare:

Stockholms stad
Miljöförvaltningen
Miljöanalys
Box 8136
104 20 Stockholm

Sollenkroka den 6 februari 2019

JP Sedimentkonsult Rapport 2019:1

Adress

JP Sedimentkonsult HB
Västernäsvägen 17
139 74 Djurhamn
per@jpsedimentkonsult.se
www.jpsedimentkonsult.se

Telefon

08-57163744
070-5208057

Postgiro

219638-4

Bankgiro

5943-4704

Org.nr

969720-0815

INNEHÅLLSFÖRTECKNING

SAMMANFATTNING	3
1 UPPDRAG OCH SYFTE	6
1.1 Beställare	6
1.2 Syfte	6
1.3 Arbetsmoment	6
2 BEDÖMNINGSGRUNDER	7
2.1 Bedömningsgrunder metaller	7
2.2 Bedömningsgrunder organiska miljögifter	8
3 OMRÅDESBESKRIVNING	10
3.1 Djupkartering	10
4 RESULTAT	10
4.1 Kartering med side scan sonar	10
4.1.1 Iakttagelser från sonarunderlaget	11
4.1.1.1 Översiktligt	11
4.1.1.2 Detaljer	12
4.1.1.2.1 Rörledningar	12
4.1.1.2.2 Brofundament	14
4.1.1.2.3 Vrak	15
4.1.1.2.4 Tunnlar	17
4.2 Sedimentprovtagning	18
4.3 Sedimentkärnor	18
4.4 Sedimentologiska basparametrar	19
4.5 Bottendynamik	20
4.6 Föroreningar	22
4.6.1 Areell fördelning	22
4.6.1.1 Metaller	22
4.6.1.2 Organiska föroreningar	24
4.6.1.2.1 Polycykliska aromatiska kolväten – PAH	25
4.6.1.2.2 Organiska tennföreningar	26
4.6.1.2.3 Polyklorerade bifenyler och polybromerade difenyler	28
4.6.1.2.4 Irgarol	29
4.6.1.2.5 Perfluoroktansulfonsyra – PFOS	29
4.6.2 Föroreningshistorik	30
4.6.2.1 Metaller	30
4.6.2.2 Organiska föroreningar	32
4.6.2.2.1 Polyaromatiska kolväten – PAH	32
4.6.2.2.2 Organiska tennföreningar	33
4.6.2.2.3 Polyklorerade bifenyler - PCB	35
4.6.2.2.4 Bromerade flamskyddsmedel	36
4.6.3 Datering	37
REFERENSER	38
- Bilaga 1 Material och metoder	
- Bilaga 2 Protokoll inkluderande positioner och djup, fotografier av sedimentkärnor	

ANALYSRESULTAT

Analysresultaten redovisas på Miljöbarometern Stockholm

(<http://miljobarometern.stockholm.se/>)

SAMMANFATTNING

Sonarkartering har genomförts i Riddarfjärden dels i juli 2015, dels den 5 juli 2018 inom navigeringsbara delar längs ett flertal transekter av varierande längd. Undersökningen visade på en stor mängd ekon förorsakade av mänsklig aktivitet av olika slag som t.ex. brofundament, rörledningar, tunnlar etc. Många vrak av varierande storlekar upptäcktes i Riddarfjärden. Den största ansamlingen noterades i den nordvästra delen mellan Fredhäll och Alvik.

Sedimentprovtagning genomfördes den 6 september 2018 på 19 stationer i Riddarfjärden varav 8 är från samma stationer som provtogs 2015 och 11 är nya stationer för 2018. Samtliga kärnor utom en uppvisar strukturer i olika delar av lagerföljden. Nio av kärnorna har tydliga varvstrukturer i det närmaste genom hela kärnorna. På alla stationer har ytsediment analyserats med avseende på föroreningar. Endast 4 av kärnorna har dock analyserats hela vägen ned för att beskriva fjärdens recenta historik.

I en opåverkad fjärd av Riddarfjärdens storlek skulle sannolikt gränsen mellan erosions- och transportbottnar å den ena sidan och ackumulationsbottnar å den andra legat på mellan 2 och 4 meter. Riddarfjärdens botten är dock i många delområden tämligen omblandade genom mänsklig påverkan. Aktiviteter som påverkat bottenmiljön är t.ex. anläggande av kajer, muddring/muddertippning, sand- och grustapp från fartygstrafik, slaggdumpning av slagg från ångpannor samt erosion orsakad av tryckvågor som alstras av fartygen. Det är därför inte möjligt att utifrån sonarkartering i kombination med sedimentprovtagning i djuptransekter från grunda områden mot djupare på vanligt sätt bestämma gränsen mellan ackumulation och erosion/transport. Sonarkarteringens resultat visar att Riddarfjärdens botten huvudsakligen täcks av mjuka sediment. Utifrån denna information i kombination med djupinformation från sjökort och en detaljerad djupkarta över fjärden kan vi konstatera att gränsen mellan A-botten och E/T-botten i öppna Riddarfjärden går vid ca 3 ± 1 m. Torrsubstanshalten i Riddarfjärdens ytsediment är i genomsnitt 22,3 % VS och glödningsförlusten 13,0 % TS.

Blyhalterna uppvisar en mycket stor avvikelse från bakgrunden i Riddarfjärden. Zinkhalterna har stor eller mycket stor avvikelse från jämförvärdet. Koppar har ett likartat fördelningsmönster som såväl bly som zink med mycket höga halter på stationerna utanför den östra delen av Långholmen. Även vid station R6 i Liljeholmsviken har mycket höga halter av bly, zink och koppar noterats. Den största avvikelsen vad gäller kvicksilver och kadmium noteras vid R6. Krom har tydlig avvikelse på några stationer medan kobolt och arsenik har liten eller obetydlig avvikelse från bakgrundsvärdena. Detsamma gäller för nickel som dock uppvisar mycket stor avvikelse på station L10 norr om Långholmen.

summaPAH11 uppvisar mycket höga halter i Riddarfjärdens ytsediment i relation till de svenska bedömningsgrunderna. De högsta halterna noteras norr och öster om Långholmen samt på station R6 i Liljeholmsviken. De enskilda kongenerna antracen och fluoranten uppvisar samma fördelningsbild som summaPAH11. Halterna av antracen i ytsedimenten ligger 3-27 gånger över HaV:s gränsvärde för god kemisk status på samtliga undersökta stationer. Vad gäller fluoranten överstiger halterna gränsvärdet på 5 stationer, dels i området öster och nord om Långholmen och i Liljeholmsviken.

Halten av TBT i öppna Riddarfjärden varierar mellan 28 och 1100 ng/g TS med ett medelvärde på 163 ng/g TS. Vilken bedömningsgrund som än används resulterar i att halterna av organiska tennföreningar är att karaktärisera som mycket höga i Riddarfjärdens ytsediment med det högsta värdet på station L18 strax öster om Långholmen, där även metaller och PAH-

er uppvisar de högsta värdena. Detta måste rimligen tyda på en icke försumbar nytillförsel av TBT.

Efter att användningen av tributyltenn begränsades i slutet på 1980- talet började Irgarol användas som ett av flera ersättningsämnen. Den är effektiv mot algpåväxt och har därför använts som biocid, huvudsakligen för båtbottnskydd. Inom EU pågår arbete med att ta fram miljökvalitetsnormer för Irgarol och man för fram att gränsvärdet för skydd av sedimentmiljön bör vara 0,18 ng/g TS. Huruvida detta är ratificerat eller ej är idag okänt. I Riddarfjärdens ytsediment varierar halterna mellan 5 och 67 ng/g TS, vilket är 28 – 370 gånger högre än det tilltänkta gränsvärdet. Den högsta halten uppmättes utanför Långholmens östra udde.

Halterna av sPCB7 varierade i Riddarfjärdens ytsediment mellan 53 och 130 ng/g TS, vilket är att klassificera som mycket höga halter. Halterna är dock av storleksordningen en tiopotens lägre än vad som noterats i Ulvsundasjön och Bällstaviken vid undersökningarna 2017.

PFOS-halter är endast detekterbara i två av stationerna från Riddarfjärden och ligger på mellan 1,6 och 2,4 ng/g TS (Fig. x) vilket är något lägre än vad som uppmättes i Magelungen. Dessa halter är låga i jämförelse med det riktvärde som gäller i Norge på 220 ng/g TS.

Bly-, kadmium-, koppar-, kvicksilver- och zinkhalterna visar tydliga trender på minskande halter mot sedimentytan på de fyra studerade stationerna. Dessa ämnen visar dock stor eller mycket stor avvikelse från bakgrundsvärdena på flera av provtagningsstationerna i Riddarfjärdens ytsediment.

De polycykliska aromatiska kolvätena uttryckta som summaPAH11 beskriver något olika haltprofiler i kärnorna från Riddarfjärden. Genom hela kärnorna är halterna att klassificera som mycket höga. Tydliga haltavtaganden sker gradvis och halterna är lägst i ytsedimenten men fortfarande att karaktärisera som mycket höga. Antracen och fluoranten beskriver i det närmaste identiska haltförlopp som summaPAH11.

Tributyltenn finns i mätbara halter i de övre knappt 50 centimeterna av sedimentpelaren i samtliga studerade kärnor. Pikarna ligger i R4, R5 och R8 på 20-35 cm medan piken i L3 ligger på endast ca 10 cm, vilket antyder avsevärt lägre sedimenttillväxt i denna kärna jämfört med övriga. Pikvärdena representerar sannolikt tiden kring 1990. Ovanför pikarna avtar halterna påtagligt i ytsedimenten. Nedbrytningsprodukterna MBT och DBT uppvisar likartade haltprofiler som TBT, men vissa mindre skillnader finns i haltfördelningarna.

Fenyltennföreningar har sedan 1960-talet haft en bred användning som bekämpningsmedel mot alg- och molluskpåväxt i båtbottnfärger samt mot svampangrepp. Det är därför inte förvånande att haltfördelningarna i sedimentkärnorna är mycket likartade som för TBT, MBT och DBT. Haltfördelningarna för fenyltennföreningarna avviker dock något från butyltennföreningarna genom att pikvärdena ligger något djupare i kärnorna, indikerande en något tidigare användning än butyltennföreningarna.

Halterna av sPCB7 i Riddarfjärdens ytsediment är mycket höga, främst i kärnan från L3, där halten är 4 200 ng/g TS på 5-10 centimeters sedimentdjup. Halterna i de djupare delarna av sedimentpelaren i övriga kärnor är höga och avtar påtagligt mot sedimentytan.

Polybromerade fenyletrar (PBDE) har under senare delen av 1900-talet ersatt PCB som flamskyddsmedel efter att detta ämne förbjudits i Östersjöregionen under 1970-talet. Halterna av sPBDE i Riddarfjärden är ca 3 gånger lägre än i Ulvsundasjön. Ingen halt uppmättes

djupare än 30 cm. Kongenern BDE 209 beskriver likartade fördelningsprofiler som sPBDE utom i R5 och R8 där mycket höga värden noteras på 20-30 cm i R5 och på 5-10 cm i R8. Halterna av BDE 209 är ca en tiopotens högre än sPBDE.

Sedimentkärnorna från L3, R4, R5 och R8 uppvisar tydliga tidstrender vad gäller metaller, organiska tennföreningar, sPCB7 och sPBDE vilket i kombination med lamineringarna innebär att en översiktlig datering kan göras utifrån kända storskaliga generella tidstrender för dessa föroreningar. Den genomsnittliga sedimenttillväxten kan sålunda beräknas till 5,6 mm/år i L3, 6,4 mm/år i R4, 12,1 mm/år i R5 och 7,8 mm/år i R8.

1 UPPDRAG OCH SYFTE

1.1 Beställare

Miljöförvaltningen
Stockholms Stad

1.2 Syfte

Syftet med de genomförda undersökningarna är:

- att inledningsvis i varje vattenområde genomföra en kartering av bottendynamiken med hjälp av side scan sonar och ekolod, dels för att avgöra var provtagningspunkterna lämpligen kan förläggas, dels för att identifiera eventuella främmande föremål på bottenarna.
- att genomföra yttäckande och representativa provtagningar av sediment i varierande antal punkter beroende på vattenområdets storlek, varav minst 4 sedimentkärnor som är representativa för Riddarfjärden.
- att analysera metaller och organiska miljögifter i ytsediment (0-2 cm), som representerar föroreningsbilden från de senaste åren.
- att analysera 10 skikt i en representativ sedimentkärna så att depositions hastigheten och den historiska föroreningsutvecklingen i sedimenten kan bestämmas.
- att sammanställa resultaten i en rapport som i text, med bilder och figurer beskriver föroreningssituationen i de olika vattenområdena.

I denna undersökning har vi använt ett klassificeringssystem av botten typer enligt Håkanson and Jansson (1983). Bottenarna karaktäriseras enligt följande:

- Ackumulationsbottenar (A-bottenar) är bottenar där finmaterial (medium silt, kornstorlek < 6 µm) deponeras kontinuerligt.
- Transportbottenar (T-bottenar) är bottenar med diskontinuerlig deposition av finmaterial, dvs. där perioder med ackumulation omväxlar med resuspensions- och transportperioder.
- Erosionsbottenar (E-bottenar) är bottenar där deposition av finmaterial ej sker.

1.3 Arbetsmoment

Arbetet har omfattat följande moment:

- Uppstartmöten
- Djupmätning
- Kartering med side scan sonar
- Upprättande av preliminär bottendynamisk karta som grundar sig på djupinformation och i fält insamlat material från side scan sonar och ekolod
- Provtagning av ytsediment från 17 stationer och sedimentkärnor från samma stationer för dokumentation av lagerföljder
- Provtagning av en representativ sedimentkärna för retrospektiv analys av historisk föroreningsutveckling
- Dokumentation av insamlade sedimentkärnor i laboratorium
- Provuttag på olika nivåer i lagerföljden
- Analys av prover (ytsediment samt djupprov i representativ sedimentkärna)
- Bearbetning och utvärdering av resultat
- Slutrapportering

2 BEDÖMNINGSGRUNDER

2.1 Bedömningsgrunder metaller

För att klassificera föroreningsgraden av metaller finns flera olika strategier att tillgå. Det är väl dokumenterat att det finns en betydande geografisk variation i sedimenten beroende på variationer i berggrund och mark. Eftersom sedimenthalterna av metaller i olika delar av landet är beroende av de lokala/regionala halterna i berggrund och lösa avlagringar (morän, lera etc.) är det därför lämpligt att ta fram regionala jämförvärden att jämföra de recenta halterna med. I föreliggande rapport har vi sålunda valt att bygga vår beräkning på prover från östra Mälaren, Stockholms mellanskärgård och en sjö i Stockholmsområdet (Jonsson 2018).

Resultaten från denna undersökning från 2018 har använts för att bygga upp ett klassningsschema för Stockholmsområdet (Tabell 1). Gränsen mellan klass 1 och 2 (jämförvärdet) har satts till det medelvärde som uppmätts i de sex kärnornas djupsediment. Övriga klassgränser bygger på tabell 36 i NV Rapport 4914 där avvikelsen från jämförvärdet varierar för de olika grundämnena.

Tabell 1 Klassning utifrån principen grundad på regionala bakgrundsvärden i Stockholmsområdet. Analys enligt svensk standard. (Från Jonsson 2018).

	Klass 1 Ingen/obetydlig avvikelse (mg/kg ts)	Klass 2 Liten avvikelse (mg/kg ts)	Klass 3 Tydlig avvikelse (mg/kg ts)	Klass 4 Stor avvikelse (mg/kg ts)	Klass 5 Mycket stor avvikelse (mg/kg ts)
Arsenik	≤ 6,8	6,8 - 12	13 - 19	20 - 31	≥ 32
Bly	≤ 20	21 - 32	33 - 52	53 - 88	≥ 89
Kadmium	≤ 0,37	0,37 - 0,93	0,94 - 2,2	2,3 - 5,6	≥ 5,7
Kobolt	≤ 15	15 - 26	27 - 44	45 - 75	≥ 76
Krom	≤ 56	56 - 67	68 - 84	85 - 101	≥ 102
Koppar	≤ 35	36 - 70	71 - 116	117 - 186	≥ 187
Kvikksilver	≤ 0,05	0,06 - 0,15	0,16 - 0,5	0,6 - 1,3	≥ 1,4
Nickel	≤ 39	40 - 59	60 - 86	87 - 129	≥ 130
Zink	≤ 121	122 - 182	183 - 290	291 - 508	≥ 509

Vid klassificeringen av Riddarfjärdens sediment har JP utifrån diskussionen ovan bedömt denna regionala bakgrundsklassificering mer relevant att använda än Naturvårdsverkets bedömningsgrunder för kust och hav (Naturvårdsverket 1999).

Som ett led i Sveriges implementering av EU:s vattendirektiv har Havs- och vattenmyndigheten utarbetat en föreskrift om klassificering och miljö kvalitetsnormer avseende ytvatten (HVMFS 2013:19 kompletterad med ändringar i HVMFS 2015:4). De flesta av gränsvärdena för uppnående av god kemisk status rör prioriterade ämnen som skall analyseras i vatten och för ett mindre antal även i biota. Endast för ett fåtal ämnen skall nationella gränsvärden gälla för sediment. Dessa ämnen är bly, kadmium, antracen, fluoranten och TBT. Dessa ämnen har analyserats i föreliggande undersökning och, förutom den nationella klassificeringen, görs särskilda värderingar av huruvida god kemisk status enligt HVMFS 2013:19 och 2015:4 uppnås på de enskilda stationerna.

För bly anges i HVMFS 2015:4 ett gränsvärde på 130 mg/kg TS för inlandsvatten. För kadmium anges gränsvärdet till 2,3 mg/kg TS.

2.2 Bedömningsgrunder organiska miljögifter

Havs- och vattenmyndighetens riktlinjer för klassificering och miljökvalitetsnormer avseende ytvatten (HVMFS 2013:19) anger gränsvärdena för uppnående av god kemisk status i sediment vad gäller antracen och fluoranten till 24 resp. 2000 µg/kg TS normerat till 5 % TOC-halt. Medelkolhalten i ytsediment (0-2 cm) från samtliga ytsedimentstationer är 4,8 %, vilket leder till att gränsvärdet för antracen blir 23 µg/kg TS och för fluoranten 1920 µg/kg TS.

Naturvårdsverket har i samarbete med SGU (Josefsson 2017) tagit fram en uppdaterad tabell där fördelningen av halter av organiska miljögifter i svenska marina sediment presenteras. Motsvarande tabell fanns tidigare publicerad i Naturvårdsverkets rapport 4914 (1999) Bedömningsgrunder för miljökvalitet – Kust och hav. Den uppdaterade tabellen (Tab. 2) omfattar prover tagna mellan 1986 och 2014 i marina sediment och inkluderar fler ämnen än tidigare t.ex. tennorganiska föreningar och PBDE. Nyttan av att använda tabellen som bedömningsgrund kan för många miljögifter diskuteras. I tillämpliga fall görs detta för de olika ämnena i kommande kapitel.

TBT (tributyltenn) är klassat som ett av de prioriterade ämnena i EU: s vattendirektiv. Användningen förbjöds i båtottenfärger för icke oceangående båtar under 25 meter i Sverige redan 1989. Liknande förbud för båtar över 25 m trädde i kraft i EU under perioden 2003–2007 och sedan 2008 råder ett totalförbud mot TBT i båtottenfärger (Magnusson och Samuelsson, 2012).

TBT (tributyltenn) är klassat som ett av de prioriterade ämnena i EU: s vattendirektiv. Användningen förbjöds i båtottenfärger för icke oceangående båtar under 25 meter i Sverige redan 1989. Liknande förbud för båtar över 25 m trädde i kraft i EU under perioden 2003–2007 och sedan 2008 råder ett totalförbud mot TBT i båtottenfärger (Magnusson och Samuelsson, 2012).

För TBT anges i Havs- och vattenmyndighetens riktlinjer för klassificering och miljökvalitetsnormer avseende ytvatten (HVMFS 2013:19) att gränsvärdet för uppnående av god kemisk status i sediment skall ligga på 1,6 µg/kg TS för TBT normerat till 5 % kolhalt (TOC). Medelkolhalten (TOC) i ytsediment (0-2 cm) från samtliga ytsedimentstationer i Riddarfjärden är 4,8 %, vilket leder till att gränsvärdet blir 1,5 µg/kg TS.

Tabell 2 Fördelning av uppmätta halter organiska miljögifter i marina sediment i svenska havsområden och ekonomisk zon ($\mu\text{g/kg}$ torrsvikt) under 1986-2014.

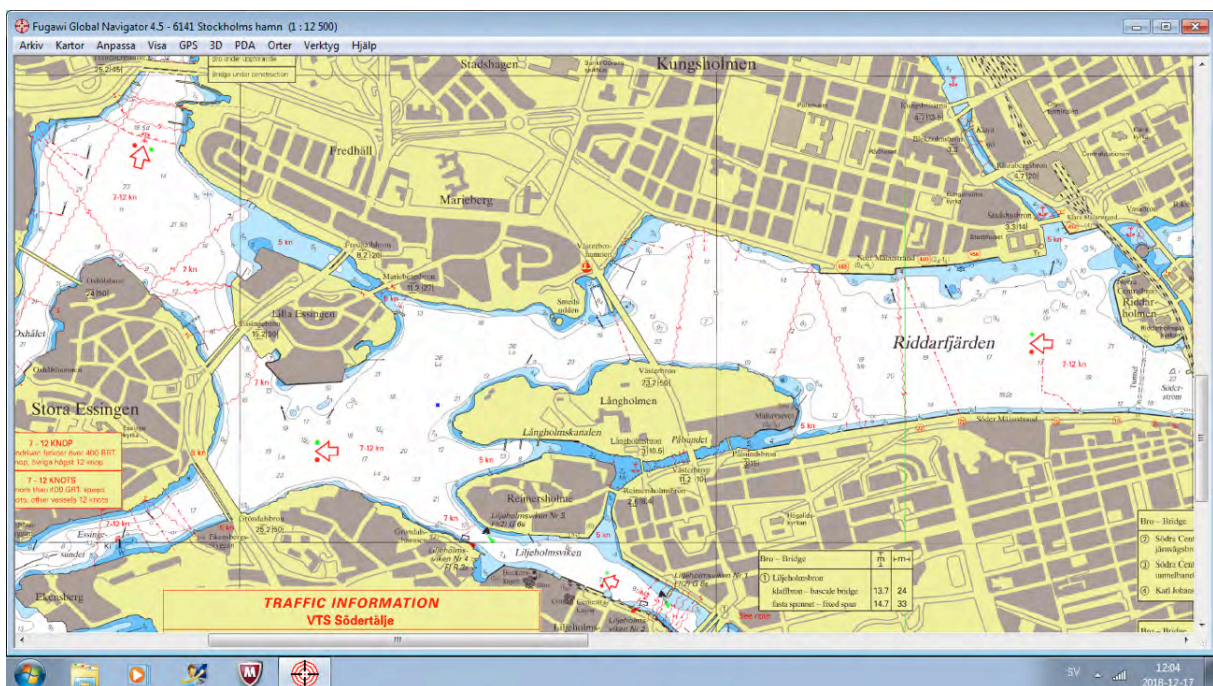
Ämne	Klass 1 Mycket låg halt	Klass 2 Låg halt	Klass 3 Medelhög halt	Klass 4 Hög halt	Klass 5 Mycket hög halt
Naftalen		<4,9	4,9-19	19-63	≥ 63
Acenaften			<5,5	5,5-33	≥ 33
Fluoren		<2,0	2,0-9,4	9,4-36	≥ 35
Fenantren	<7,0	7,0-17	17-50	50-150	≥ 150
Antracen	<1,0	1,0-3,1	3,1-11	11-45	≥ 45
Fluoranten	<18	18-45	45-140	140-390	≥ 390
Pyren	<12	12-30	30-100	100-380	≥ 380
Bens(a)antracen	<7,5	7,5-19	19-62	62-180	≥ 180
Krysen	<11	11-26	26-67	67-200	≥ 200
Bens(b)fluoranten	<32	32-69	69-200	200-440	≥ 440
Bens(k)fluoranten	<11	11-28	28-79	79-180	≥ 180
Bens(a)pyren	<12	12-31	31-99	99-240	≥ 240
Dibens(ah)antracen	<4,4	4,4-8,9	8,9-27	27-79	≥ 79
Bens(ghi)perylene	<22	22-62	62-180	180-400	≥ 400
Indeno(1,2,3-	<24	24-76	76-220	220-530	≥ 530
Summa PAH 11	<170	170-440	440-1200	1200-2800	≥ 2800
Summa PAH 15	<250	250-440	440-1200	1200-4700	≥ 4700
Summa PAH M1	<57	57-110	110-320	320-1700	≥ 1700
Summa PAH H2	<180	180-320	320-940	940-2600	≥ 2600
HCB	<0,020	0,020-0,15	0,15-0,45	0,45-1,6	$\geq 1,6$
PCB 28		<0,066	0,066-0,30	0,30-1,3	$\geq 1,3$
PCB 52		<0,12	0,12-0,40	0,40-1,9	$\geq 1,9$
PCB 101	<0,10	0,10-0,34	0,34-1,1	1,1-5,5	$\geq 5,5$
PCB 118	<0,084	0,084-0,31	0,31-0,84	0,84-3,6	$\geq 3,6$
PCB 138	<0,21	0,21-0,67	0,67-2,0	2,0-9,1	$\geq 9,1$
PCB 153	<0,20	0,20-0,61	0,61-2,0	2,0-7,9	$\geq 7,9$
PCB 180	<0,081	0,081-0,29	0,29-0,90	0,90-4,9	$\geq 4,9$
Summa PCB 7	<0,81	0,81-2,5	2,5-7,6	7,6-34	≥ 34
α -HCH	<0,006	0,006-0,04	0,04-0,17	0,17-0,36	$\geq 0,36$
β -HCH	<0,003	0,003-0,11	0,11-0,57	0,57-1,2	$\geq 1,2$
γ -HCH	<0,006	0,006-0,034	0,034-0,12	0,12-0,30	$\geq 0,30$
Summa HCH	<0,025	0,025-0,21	0,21-0,87	0,87-2,0	$\geq 2,0$
γ -klordan		<0,018	0,018-0,090	0,090-0,39	$\geq 0,39$
α -klordan		<0,006	0,006-0,082	0,082-0,30	$\geq 0,30$
trans-nonaklor		<0,021	0,021-0,088	0,088-0,30	$\geq 0,30$
Summa klordan		<0,063	0,063-0,27	0,27-0,81	$\geq 0,81$
p,p'-DDT		<0,019	0,019-0,29	0,29-2,0	$\geq 2,0$
p,p'-DDD	<0,029	0,029-0,32	0,32-1,7	1,7-5,3	$\geq 5,3$
p,p'-DDE	<0,057	0,057-0,32	0,32-1,2	1,2-3,6	$\geq 3,6$
Summa DDT	<0,32	0,32-0,89	0,89-3,5	3,5-10	≥ 10
PBDE 47		<0,045	0,045-0,11	0,11-0,37	$\geq 0,37$
PBDE 100			<0,041	0,041-0,14	$\geq 0,14$
PBDE 99		<0,047	0,047-0,13	0,13-0,47	$\geq 0,47$
PBDE 85			<0,15	0,15-0,55	$\geq 0,55$
PBDE 209 (Deca)			<2,4	2,4-13	≥ 13
EOCI	<200	200-830	830-2700	2700-5600	≥ 5600
EOBr	<180	180-590	590-1900	1900-3000	≥ 3000
EPOCI		<100	100-560	560-2100	≥ 2100
EPOBr		<88	88-480	480-700	≥ 700
monobutyltenn,		<1	1-10	10-20	≥ 20
dibutyltenn, DBT		<1	1-10	10-26	≥ 26
tributyltenn, TBT		<1	1-19	19-55	≥ 55

¹PAH M = fem PAH med medelhög molekylvikt

²PAH H = åtta PAH med hög molekylvikt

3 OMRÅDESBESKRIVNING

Riddarfjärden är centralt belägen i Stockholm och omfattar vattenområdet från Tranebergsbron och Stora Essingen i väst till Riksbron och Centralbron i öst (Miljöbarometern Stockholm). Fjärden omges till stor del av bebyggelse och kajer. Tillrinningsområdet runt fjärden är litet (329 ha) och vattenomsättningen domineras helt av det genomströmmande Mälardvatten. Utflödet regleras med dammluckor på fyra ställen nord och syd om Gamla Stan. Medelvattenföringen är ca 160 m³/sekund. Sjöytan är 300 ha. Sjövolymen är 22 Mm³ och den teoretiska omsättningstiden varierar mellan mindre än en dag och 1 månad. Djupförhållandena redovisas i Sjöfartsverkets hamnkort 6141 (Fig. 1). Största uppmätta djupet är 24,3 m (denna undersökning) väster om Fredhäll och medeldjupet ca 15 m. Likartade djupförhållanden påträffas väster om Långholmen.



Figur 1 Sjökortsutdrag Riddarfjärden (Sjökort 6141).

I sedimenten har höga halter av kvicksilver och koppar samt måttligt hög halt av kadmium noterats. Halterna av PAH och PCB är höga.

3.1 Djupkartering

Området är karterat tidigare dels via Sjöfartsverkets sjökort 6141 och djupmätning av Myrica AB 1999 (Myrica 1999). Av denna anledning utförde inte vi någon djupmätning.

4 RESULTAT

4.1 Kartering med side scan sonar

Sonarkartering har genomförts dels i juli 2015, dels den 5 juli 2018 inom navigeringsbara delar längs ett flertal transekter av varierande längd (Fig. 2). Provtagningsbåtens fart under karteringen var 4-5 knop. Sonarens svepvidd var normalt 2x70 m och sonarfisken bogserades på ett djup av 2-3 m. I Pålsundskanalen användes svepvidden 2x30 m.

Det breda omväxlande mörka/ljusa området i mitten på varje transekt representerar en blind sektor rakt under fisken. Ju bredare den blinda sektorn är desto större är vattendjupet.

I översikten visas undersökningens sonarplott inlagda i Google Earth. Man kan med fördel förstora bilderna i Word för att studera detaljer. Emellertid begränsas upplösningen i denna typ av fil. Vill man komma längre i detaljupplösning kan man studera separata kmz-filer som har samma geografiska utbredning som bilderna nedan. Behövs ännu högre detaljrikedom kan man studera de enskilda sonarfilerna som har en avsevärt bättre upplösning. För att kunna göra detta kan man gratis ladda ned programvaran DeepView FV från www.deepvision.se.

Undersökningen visade på en stor mängd ekon förorsakade av mänsklig aktivitet av olika slag som t.ex. brofundament, rörledningar, vrak, tunnlar etc.



Figur 2 Sonaröversikt över Riddarfjärden.

4.1.1 Iakttagelser från sonarunderlaget

I detta avsnitt görs en genomgång av speciella iakttagelser som gjorts från sonarplotten. Dessa har även bl.a. använts som underlag för att bestämma botten dynamiken i Riddarfjärden.

En stor mängd iakttagelser kan göras beträffande bottenformationer etc. utifrån side scan sonar-underlaget. Alla dessa speciella företeelser kan med fördel studeras genom systematisk genomgång av de enskilda sonar-filerna. I det följande nämns endast några mycket påtagliga iakttagelser som gjorts utifrån sonarplotten.

4.1.1.1 Översiktligt

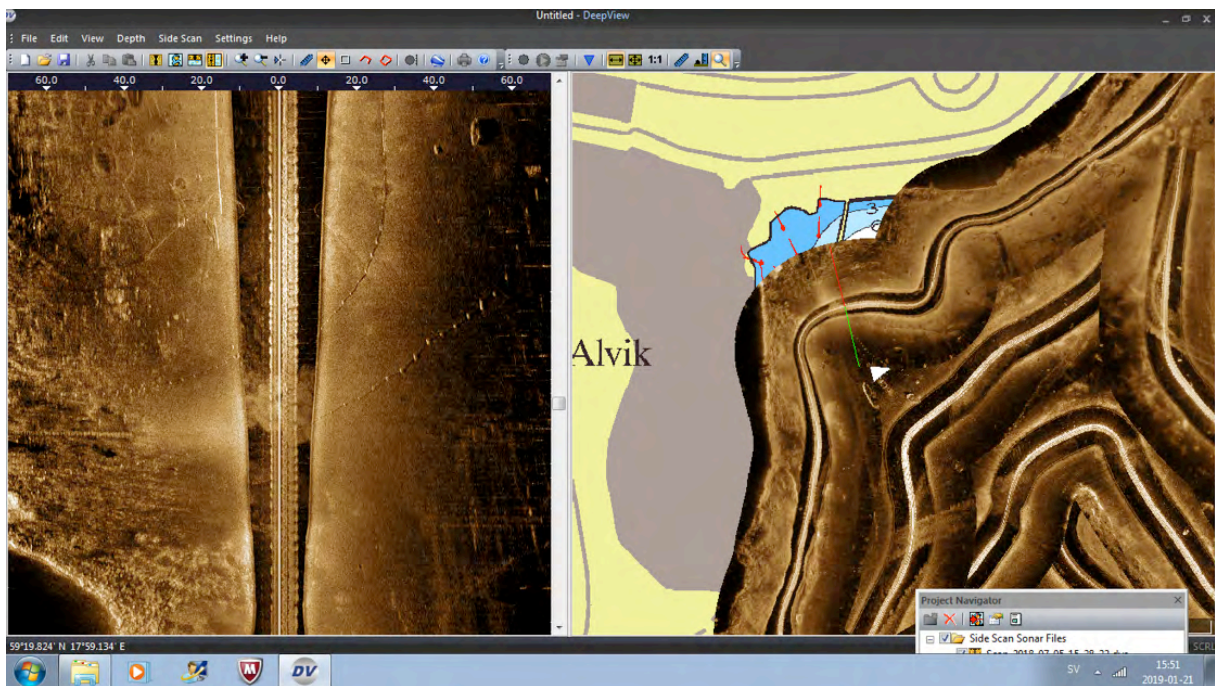
En stor del av bottenarean utgörs av mjukbottenar. Detta framgår av att de största arealerna visar en mörkt brun kulör. Ljusare partier indikerar hårdare, och därmed ofta, grundare bottenar. Bandet i mitten på transekten ligger rakt under sonaren och representerar ljudets gång genom den fria vattenmassan och utgör på detta vis en "blind" sektor under sonarfisken.

4.1.1.2 Detaljer

4.1.1.2.1 Rörledningar

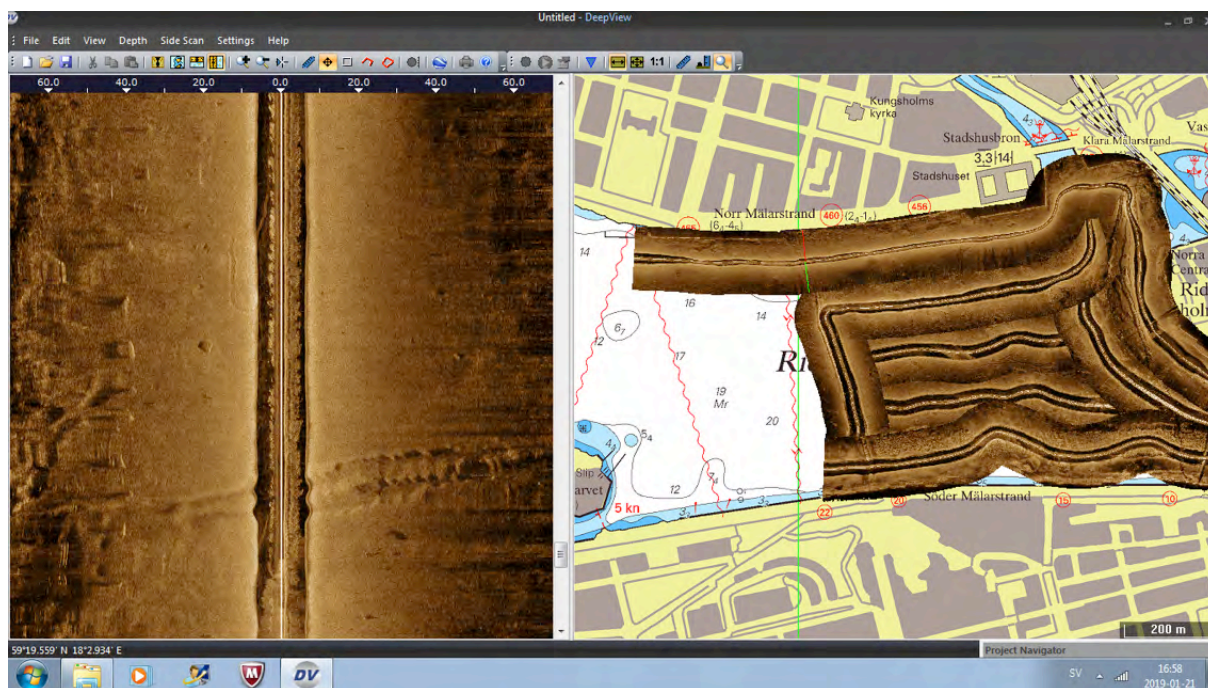
Rörledningar kan iakttas på flera håll i Riddarfjärden. Ett exempel är två ledningar som i sydlig riktning går ut från Alvik (Fig. 3). I sjökortet finns symboler för rörledningar på denna plats.

Den vänstra delen av figuren visar sonarplottet i detalj. Bilden är ytriktig och fartyget har gått nedifrån i bild och uppåt och det mörka spåret i mitten ligger rakt under sonarfisken. Det representerar en blind sektor rakt under fisken. Skalan i meter ut åt sidan återfinns i plottets övre del och visar avståndet från fartyget i sidled, i detta fall max 70 m styrbord och babord. Den högra delen av bilden visar sonarplotten inlagda i sjökortet. Uppförstoringssnittet representeras av ett **grönt/rött** streck snett upp till vänster och visar positionen för sonarplottet till vänster. Detta streck visar babord i den **röda** halvan och styrbord i den **gröna**. Denna typ av streck finns i alla sonarfigurerna nedan, men kan vara svår att hitta. Prova med att förstora texten till 500 % så brukar det gå att hitta var linjen går.



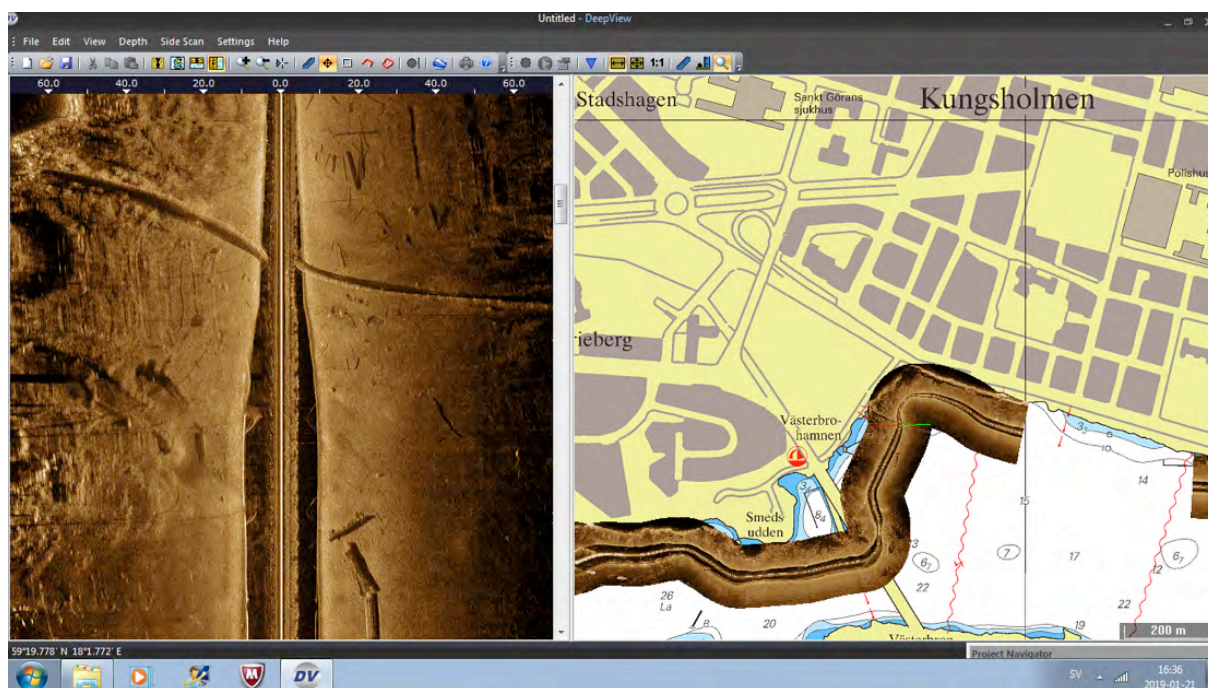
Figur 3 Detaljbild från Riddarfjärden visande rörledningar ut från Alvik.

En grov rörledning går mellan Norr Mälarstrand och Södermalm (Fig. 4). Den syns tydligt på flera av sonartransekterna från Kungsholms hamnplan mot Skinnarviksberget på Söder.



Figur 4 Detaljbild från östra Riddarfjärden visande rörledning ut från Norr Mälärstrand.

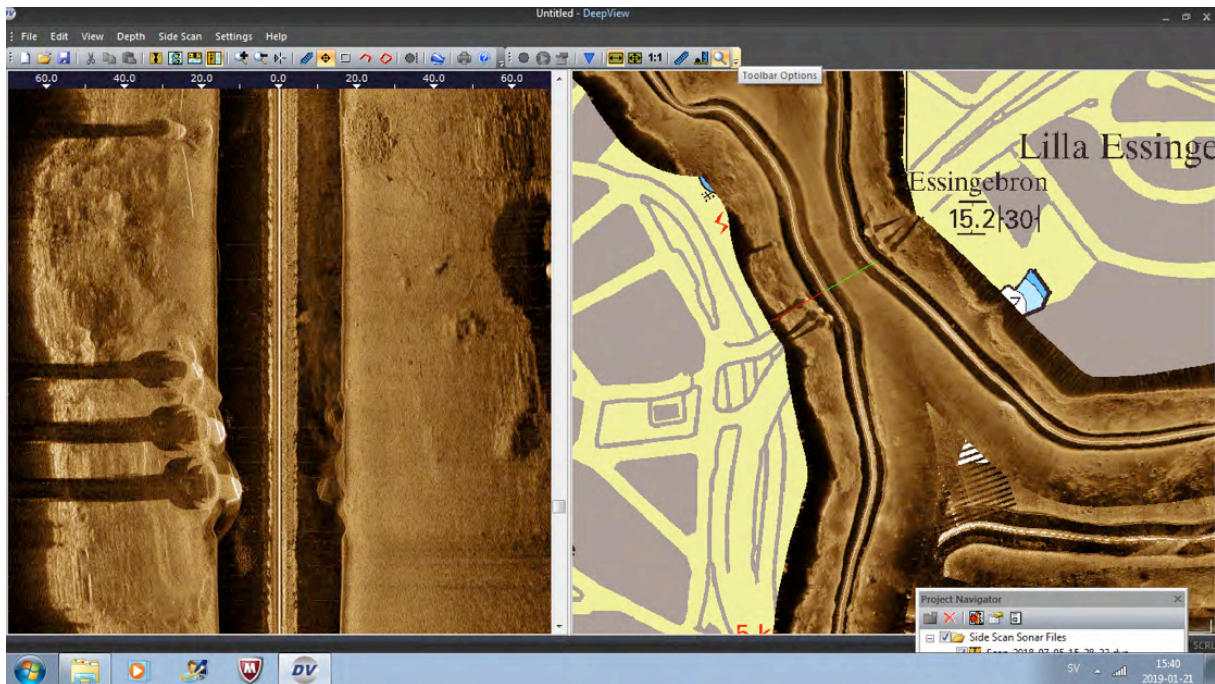
I figur 5 visas en detaljbild på en trolig dagvattenledning ut från Rålambshov. Rören sticker upp en bit ovanför botten, vilket framgår av den mörka skuggan vid sidan av ledningen. På samma sätt som solstrålarna ger skugga på land ger de uppstickande rören en akustisk skugga på botten. I den högra delen av figuren kan man även tydligt se förankrings-punkterna på ungefär 5 meters avstånd mellan tyngderna längs ledningen.



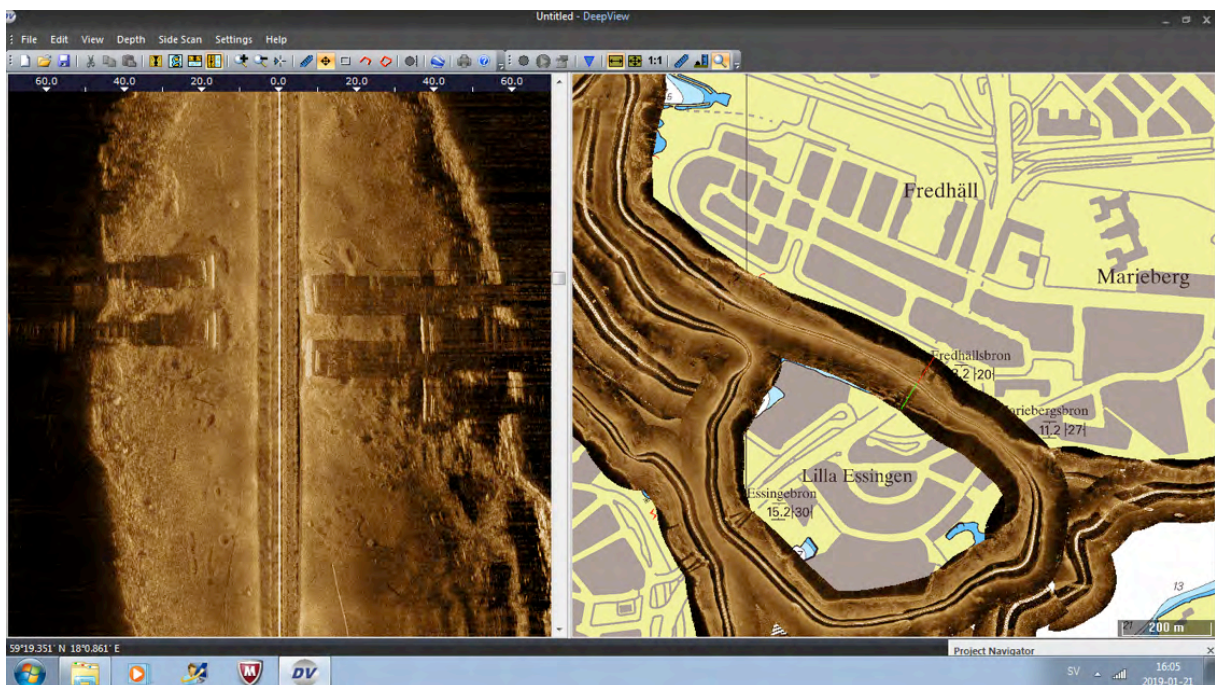
Figur 5 Detaljbild från Riddarfjärden visande rörledning utanför Rålambshov.

4.1.1.2.2 Brofundament

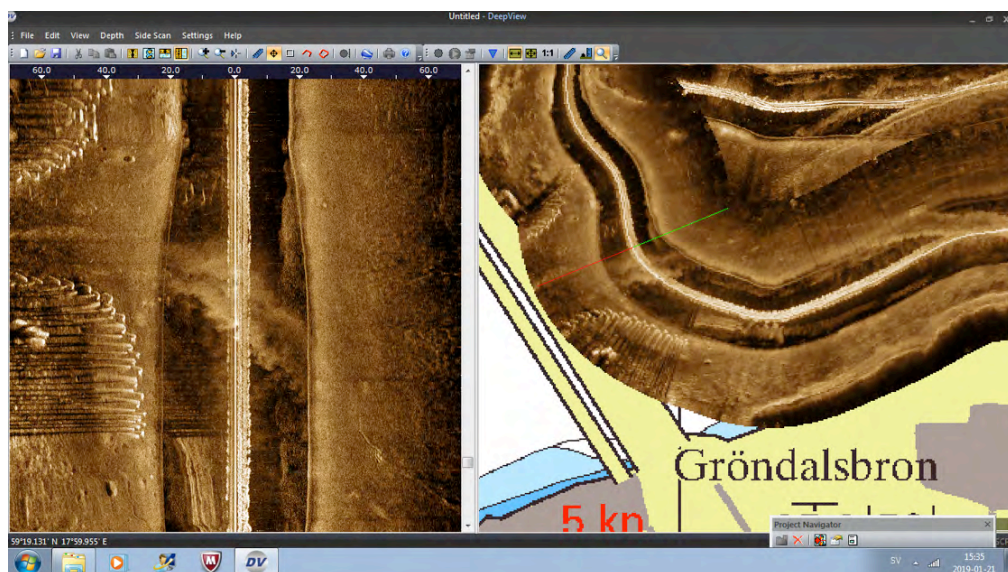
Fundamenten till Stockholms många broar syns tydligt på sonarplotten. Nedan ges några exempel på detta i figurerna 6-8.



Figur 6 Detaljbild från Riddarfjärden visande brofundament vid Essingebroarna.



Figur 7 Detaljbild från Riddarfjärden visande brofundamenten till Fredhällsbron.

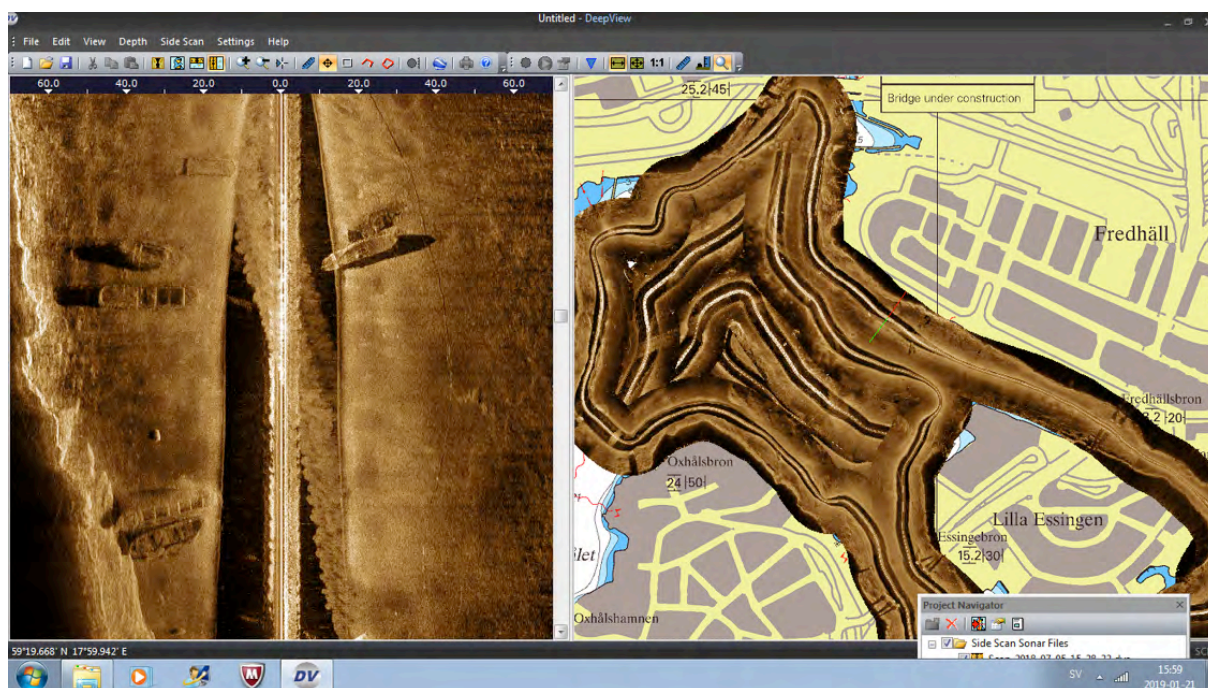


Figur 8 Detaljbild från Riddarfjärden visande brofundament och ledverk för farleden under Gröndalsbron. Det diffusa ekot som går diagonalt genom den vänstra delen av bilden är förorsakat av kvarvarande turbulens i vattnet efter passage av en båt in under Gröndalsbron.

4.1.1.2.3 Vrak

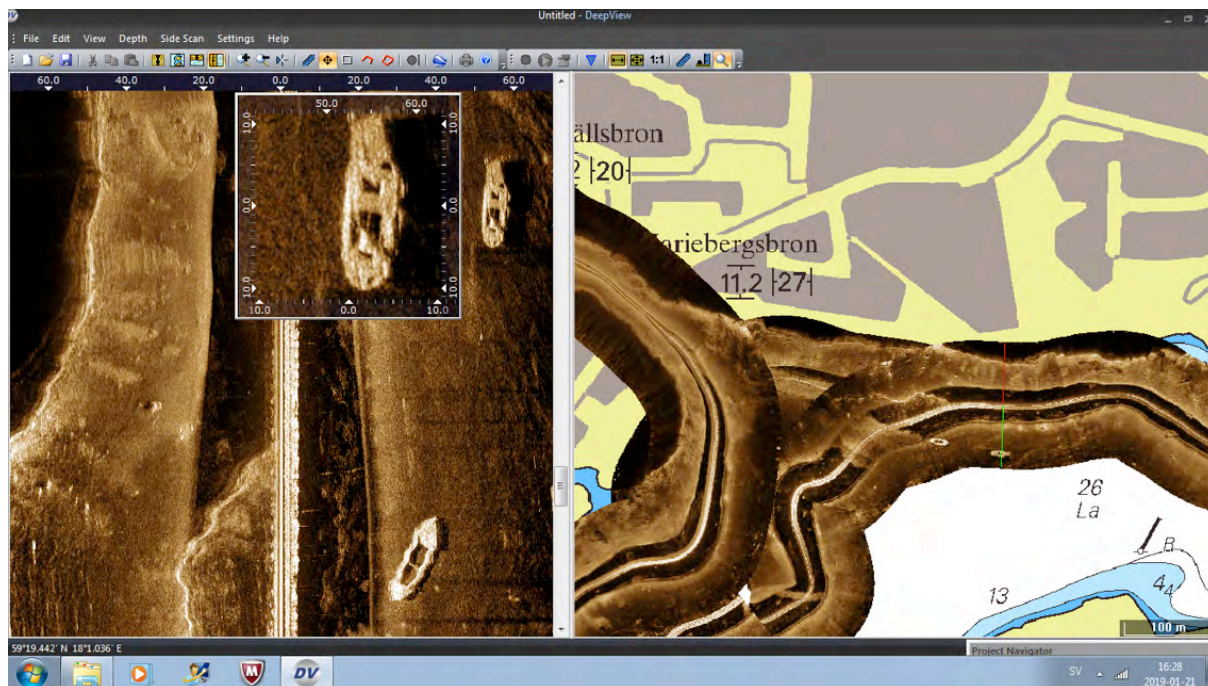
Många vrak av varierande storlekar upptäcktes i Riddarfjärden. Den största ansamlingen noterades i den nordvästra delen mellan Fredhäll och Alvik. I avsnittet nedan visas endast några exempel.

Utanför Fredhäll noterades sex närbelägna vrak med längd mellan 20 och 30 m och bredd 5-8 m (Fig. 9). Liknande ansamlingar har hittats i Stockholms skärgård utanför gamla skeppsvarv där den huvudsakliga verksamheten rört underhåll av pråmar. När de inte längre kunnat repareras sänkte man dem helt sonika på djupt vatten i närheten av varvet.



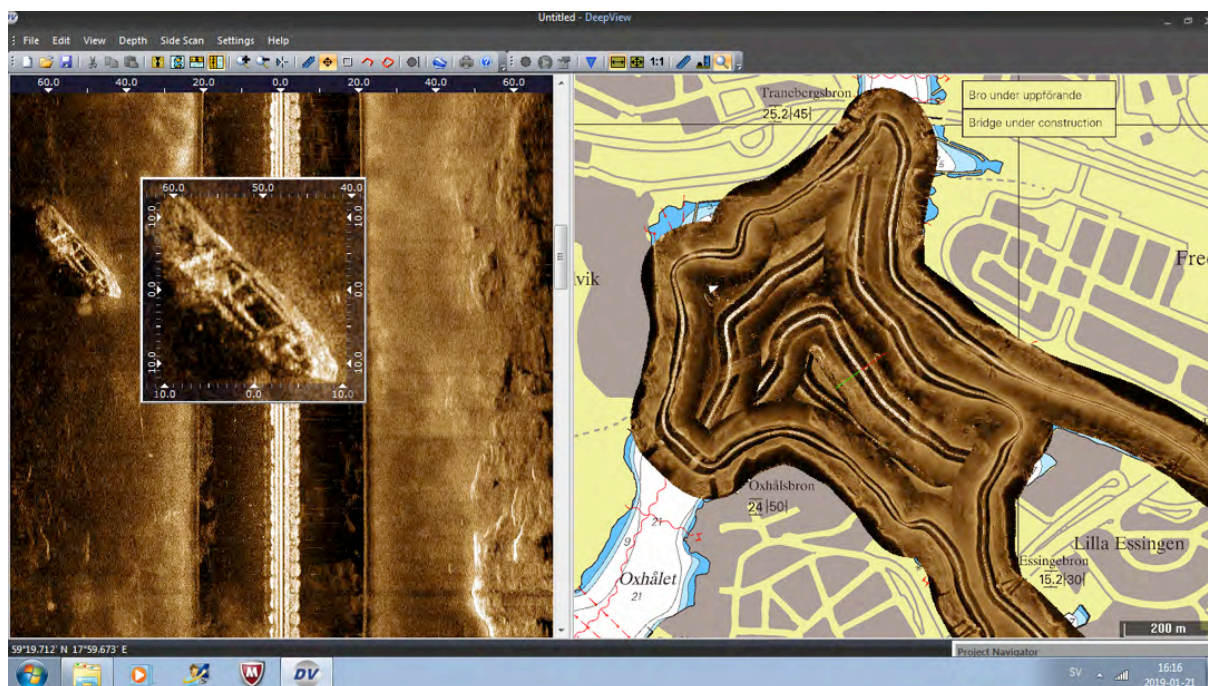
Figur 9 Detaljbild från västra Riddarfjärden visande sex vrak utanför Fredhäll.

Söder om Marieberg konstaterades 2 drygt 20 m långa vrak (Fig. 10). Rutan i sonarplottet till vänster är en uppförstoring (2 ggr) av plottet.



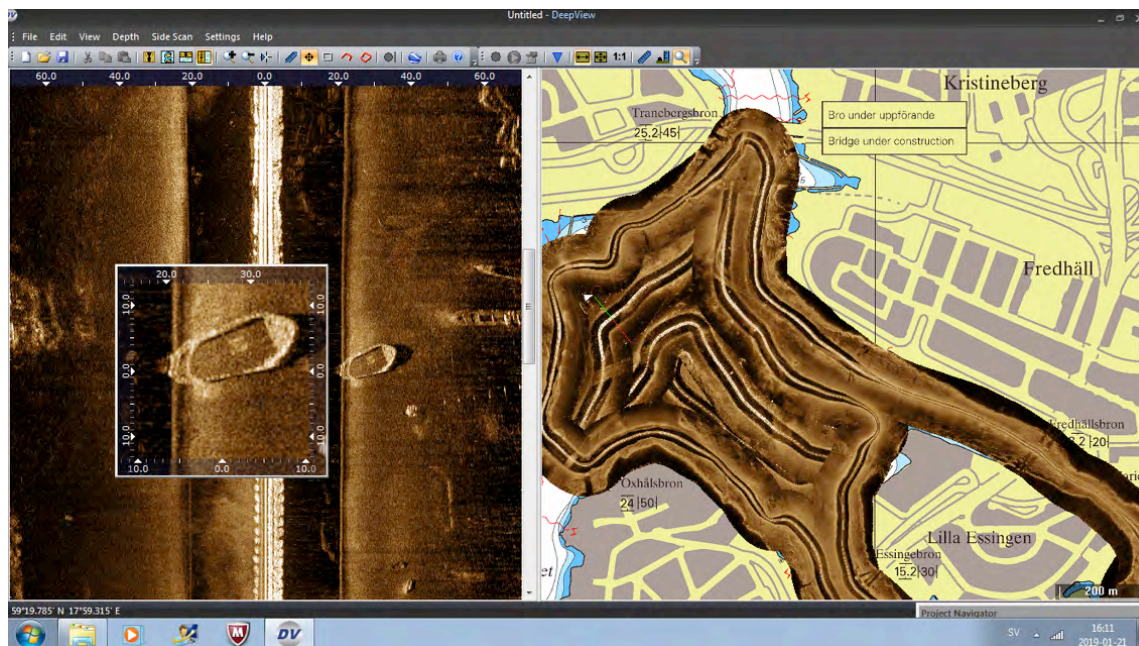
Figur 10 Detaljbild mellan Marieberg och Långholmens västra udde visande två drygt 20 m långa vrak

I den centrala delen av nordvästra Riddarfjärden visade sonarplottet ett drygt 30 m långt och ca 7 m brett vrak (Fig. 11)



Figur 11 Detaljbild från centrala nordvästra Riddarfjärden visande ett drygt 30 m långt och ca 7 m brett vrak

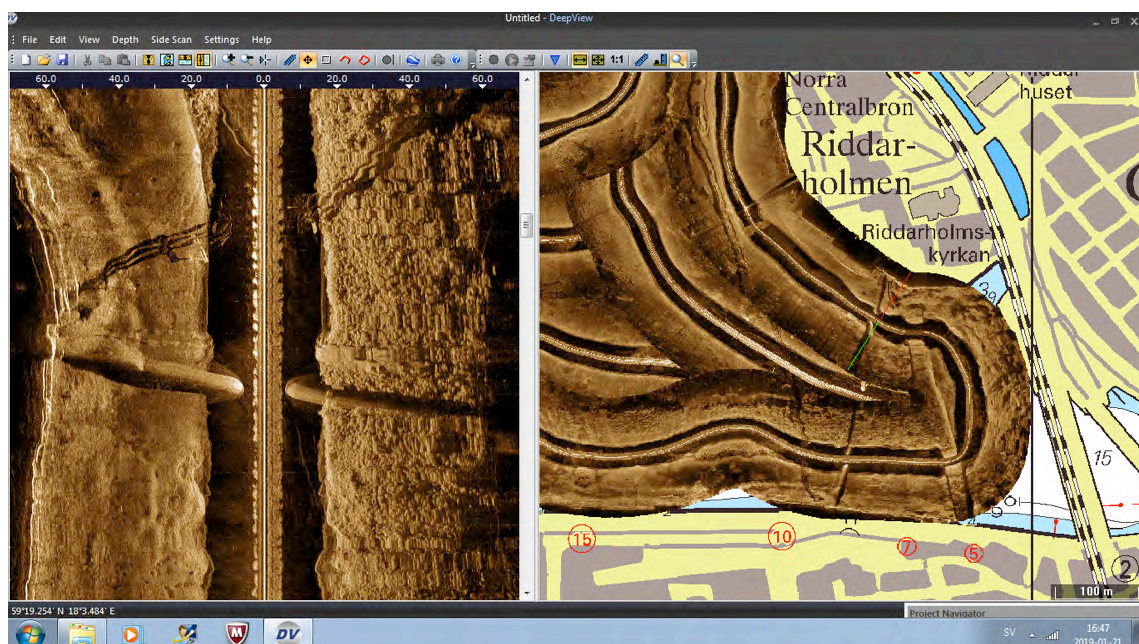
Strax utanför Alvik på drygt 20 meters djup ligger ett ca 20 m långt vrak och 7 m brett vrak (Fig. 12). I detaljplottet kan ytterligare två vrak konstaterades till höger om det uppförstörade vraket.



Figur 12 Detaljbild från nordvästra Riddarfjärden visande ett brett vrak utanför Alvik. Ytterligare två vrak kan urskiljas till höger om uppförstoringen.

4.1.1.2.4 Tunnlar

I området mellan Riddarholmen och Söder Mälarstrand kan en hel del ekon urskiljas som är kopplade till tunnelbyggnationerna för Citybanan. Tågtunneln (Citybanan 2019) kan urskiljas i den högra delen av figur 13 parallellt med järnvägsspåren ovan jord.



Figur 13 Tunnlar mellan Södermalm och Riddarholmen.

4.2 Sedimentprovtagning

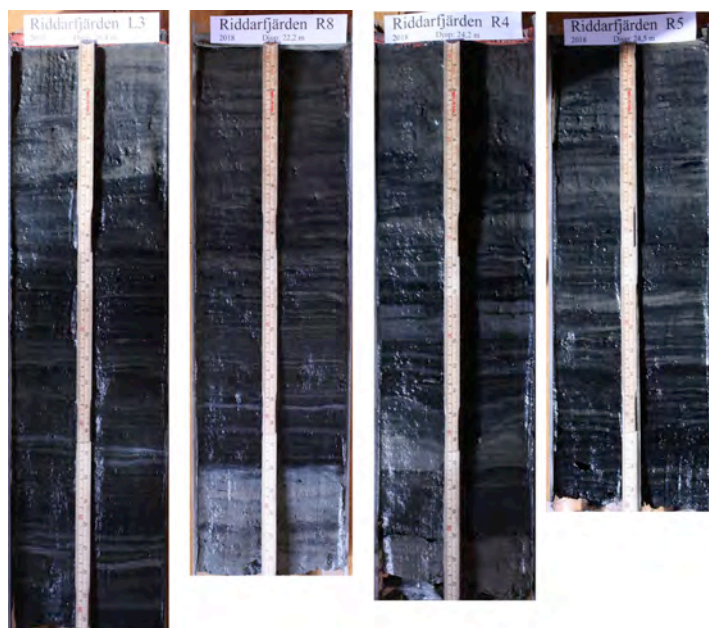
Sedimentprovtagning genomfördes den 6 september 2018 på 19 stationer i Riddarfjärden (Fig. 14) varav 8 är från samma stationer (L före stationsnumret; gul markering) som provtogs 2015 och 11 är nya stationer för 2018 (R före stationsnumret; röd markering).



Figur 14 Google Earth-bild över Riddarfjärden med sedimentprovstationerna inlagda.

4.3 Sedimentkärnor

Sedimentkärnor togs på 17 sedimentstationer i Riddarfjärden. På 2 stationer var det inte möjligt att ta kärnor, endast ytsediment. Bilder på kärnorna redovisas i Bilaga 2. Samtliga



Figur 15 Fyra sedimentkärnor från Drevviken. Bildernas förstoringar har justerats så att profilernas djup ska kunna jämföras.

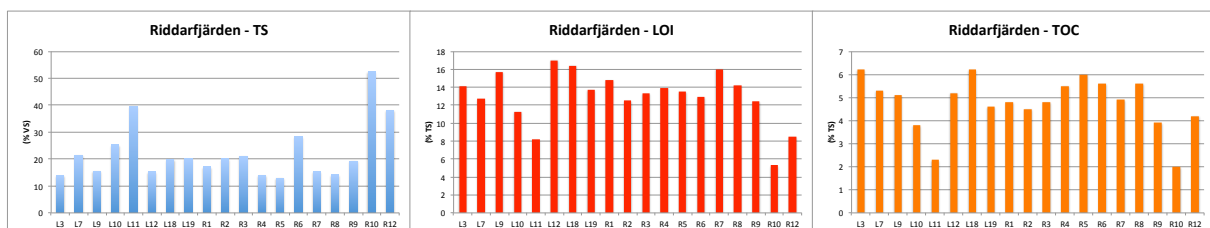
kärnor utom en uppvisar strukturer i olika delar av lagerföljden. Nio av kärnorna har tydliga varvstrukturer i det närmaste genom hela kärnorna. På alla stationer har ytsediment analyserats med avseende på föroreningar. Endast 4 av kärnorna har dock analyserats hela vägen ned (Fig. 15). I avsnitt 3.1.9 görs ett försök att datera dessa kärnor utifrån kända tidstrender av föroreningar.

4.4 Sedimentologiska basparametrar

Vattenhalt och glödförlust är två grundläggande sedimentparametrar som ofta används för att separera ut ackumulationsbottnar (A-bottnar) från erosions- och transportbottnar (E/T-bottnar). En tumregel är att torrsubstanshalten (TS) i ytsediment bör vara < 25 % för att sedimentet skall kunna karaktäriseras som en A-botten (Håkanson and Jansson, 1983). På motsvarande sätt bör glödförlusten (LOI) överstiga 10 % för att det med säkerhet skall röra sig om A-bottensediment. Empiriska undersökningar i kustområden och insjöar (Jonsson et al., 2003), där sedimenttillväxten till stor del är beroende av hög erosion av gamla glacial- och postglacialleror, visar att A-bottnar uppträder med LOI-halter ända ned mot 5 %.

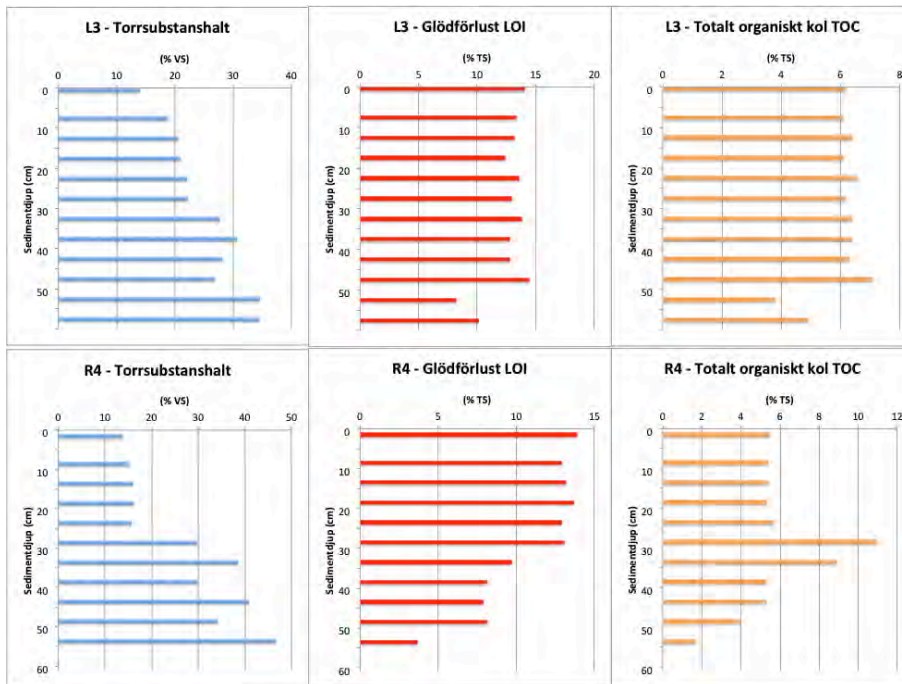
I Riddarfjärdens ytsediment (0-2 cm; Fig. 16) är torrsubstanshalten i genomsnitt 22,3 % VS och glödförbränningsförlusten 13,0 % TS. På stationerna L11, R10 och R12 är torrsubstanshalten påtagligt högre (38-52 % VS) än på övriga stationer, vilket indikerar erosions- eller transportsediment. I fältprotokollet för L11 noterades följande: ”Grus, slagg? 0-2 cm recent. Därunder fast lera. T-botten.” I fältprotokollet för R10 noterades följande: ”Grus i Geminihämtaren. Ingen kärna. Endast ytsediment taget.” I fältprotokollet för R12 noterades följande: ”Mycket grus. Ingen Geminikärna. Bara ytsediment taget.” Dessa tre stationer uppvisar avsevärt lägre organisk halt (LOI 5-8 % TS). Detta i kombination med de höga torrsubstanshalterna gör att dessa stationer kan karaktäriseras som transportbottnar. De kan dock användas vid beskrivning av den storskaliga föroreningssituationen.

Glödförlusten i Riddarfjärdens ytsediment (4,8 % TS) är en faktor 2,7 högre än TOC. Persson och Jonsson (2000) fann utifrån ett stort empiriskt underlag (n = 298) att förhållandet mellan LOI och TOC i nordvästra Egentliga Östersjöns utsjöområden är ungefär 2,2, vilket är något lägre än i Riddarfjärden.

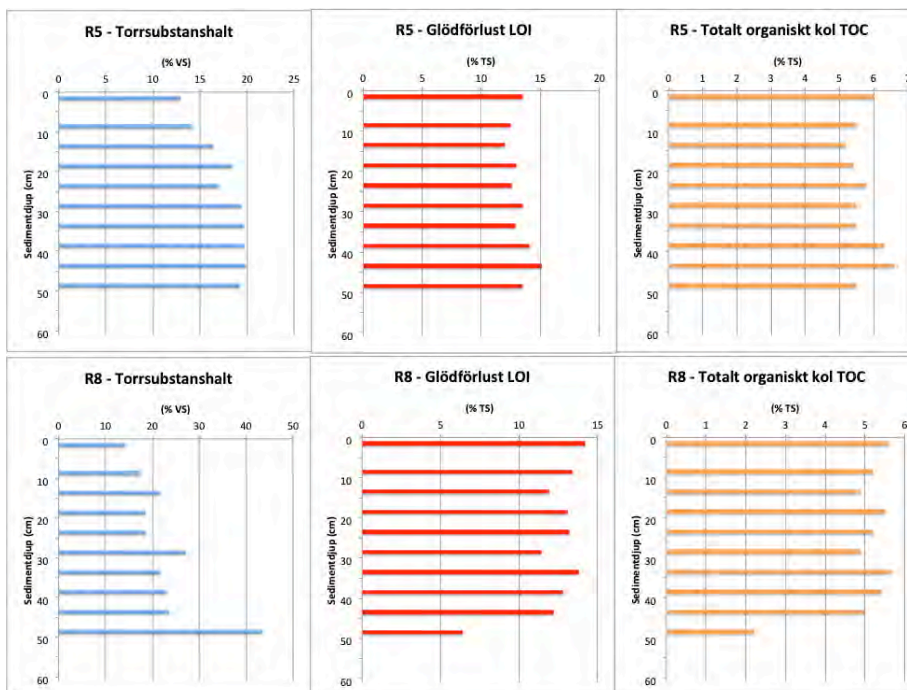


Figur 16 Torrsubstanshalt, glödförlust (LOI) och totalt organiskt kol (TOC) i ytsediment (0-2 cm) från Riddarfjärden.

Profilerna av TS, LOI och TOC i sedimentkärnorna L3, R4 (Fig. 17), R5 och R8 (Fig. 18) visar klart att dessa kärnor är tagna från goda ackumulationsbottnar. TS-halterna minskar successivt i alla kärnorna mot sedimentytan. Såväl LOI som TOC har likartade haltförlopp och har höga värden som indikerar ackumulation.



Figur 17 Torrsustanshalt, glödförlust (LOI) och totalt organiskt kol (TOC) i sedimentkärnorna L3 och R4 från Riddarfjärden.



Figur 18 Torrsustanshalt, glödförlust (LOI) och totalt organiskt kol (TOC) i sedimentkärnorna R5 och R8 från Riddarfjärden.

4.5 Bottendynamik

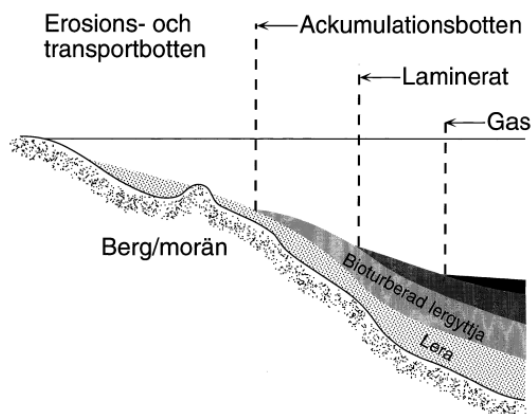
Omsättningen och depositionen av finmaterial i akvatiska miljöer är en av nyckelfaktorerna i ekologiska sammanhang eftersom finmaterialet har stor inverkan på såväl funktionen som karaktären hos ett akvatiskt ekosystem. Då man definierar fördelningen mellan olika botten typer (=bottendynamiska förhållanden) utgår man från det mest lätttrörliga finmaterialet (med partikelstorlek $< 0,006$ mm, eller medium silt), som också är viktigt i ekologiska

sammanhang eftersom det generellt har stor förmåga att binda olika typer av föroreningar (Håkanson and Jansson, 1983). För att på ett tillfredsställande sätt genomföra sedimentundersökningar i en fjärd fordras kännedom om vilka bottendynamiska förhållanden som råder på platsen.

Den viktigaste drivande kraften som avgör vid vilka djup olika botten typer uppträder är vinden. Den sträcka som vinden fritt kan påverka vågbildningen kallas för "fetch". Ju längre fetch, desto högre blir vågorna och desto djupare ligger vågbasen. Vågbasen är det djup till vilket vågorna på ytan ger upphov till turbulens djupare ned i vattenmassan. Den är av avgörande betydelse för var ackumulationsbotten för finsediment kan uppträda. Generellt kan säjas att ovanför vågbasen uppträder erosions- och transportbotten och under den finner man ackumulationsbotten. Undantag finns där den lokala strömsituationen kan ha stor betydelse för sedimentdynamiken.

Erfarenheten visar att A-botten kan uppträda i skyddade vikar och sjöar/fjärdar på endast någon eller några få meters djup. Spännvidden i djup är stor beroende på vattenområdets storlek och varierar från någon meter till 75-80 m i öppna exponerade lägen i Östersjön (Jonsson et al., 1990). Detta leder också till att gränsen mellan A-botten och E/T-botten självfallet varierar beroende på var i fjärden man befinner sig. Orsaken till detta är att den effektiva fetchen (den sträcka som vinden fritt kan påverka vågbildningen) varierar i rummet. Ju större fetch desto djupare vågbas som i sin tur leder till att gränsen för uppträdande av A-botten återfinns djupare ned. Om man mer i detalj önskar kartera detta bör en tätare sonarkartering genomföras kompletterad med mer verifierande insamlingar av sedimentkärnor från ett större antal lokaler runt fjärden. Man kan även teoretiskt (vid skrivbordet) beräkna såväl den effektiva fetchen, som vågbasen och gränsen mellan A-botten och E/T-botten. Metodiken för detta beskrivs i Håkanson and Jansson (1983).

Oftast återfinns E-/T-botten på mindre vattendjup än A-botten. En vanlig lagerföljd kan se ut som i figur 19 där de olika sedimenttyperna börjar uppträda på olika vattendjup. I en opåverkad sjö eller skärgårdsfjärd domineras vanligen A-botten av bioturberade lergyttjesediment. Om syrehalten vid botten längre eller kortare perioder underskrider 2-3 mg O₂/l har ofta bottenfaunan slagits ut mer eller mindre. Då finner man ofta laminerade, årsvarviga sediment (Persson and Jonsson, 2000; Jonsson et al., 2003). Om den organiska belastningen varit mycket hög kan man finna gasrika sediment som innehåller metangas och svavelväte.



Figur 19 Principskiss över en recent lagerföljd från djupområde till strandzon.

I en opåverkad fjärd av Riddarfjärdens storlek skulle sannolikt gränsen mellan erosions- och transportbottnar (E/T-bottnar) å den ena sidan och ackumulationsbottnar (A-bottnar) å den andra legat på mellan 2 och 4 meter (Jonsson 2012; Jonsson och Karlsson 2012; Jonsson och Karlsson 2013; Jonsson 2014; Rydin et al. 2016; Jonsson 2017).

Riddarfjärdens bottnar är dock i många delområden tämligen omblandade genom mänsklig påverkan. Aktiviteter som påverkat bottenmiljön är t.ex. anläggande av kajer, muddring/muddertippning, sand- och grustapp från fartygstrafik, slaggdumpning av slagg från ångpannor samt erosion orsakad av tryckvågor som alstras av fartygen. Det är därför inte möjligt att utifrån sonarkartering i kombination med sedimentprovtagning i djuptransekter från grunda områden mot djupare på vanligt sätt bestämma gränsen mellan ackumulation och erosion/transport.

Sonarkarteringens resultat visar att Riddarfjärdens bottnar huvudsakligen täcks av mjuka sediment. Utifrån denna information i kombination med djupinformation från sjökort och en detaljerad djupkarta över fjärden kan vi konstatera att gränsen mellan A-bottnar och E/T-bottnar i öppna Riddarfjärden går vid ca 3 ± 1 m.

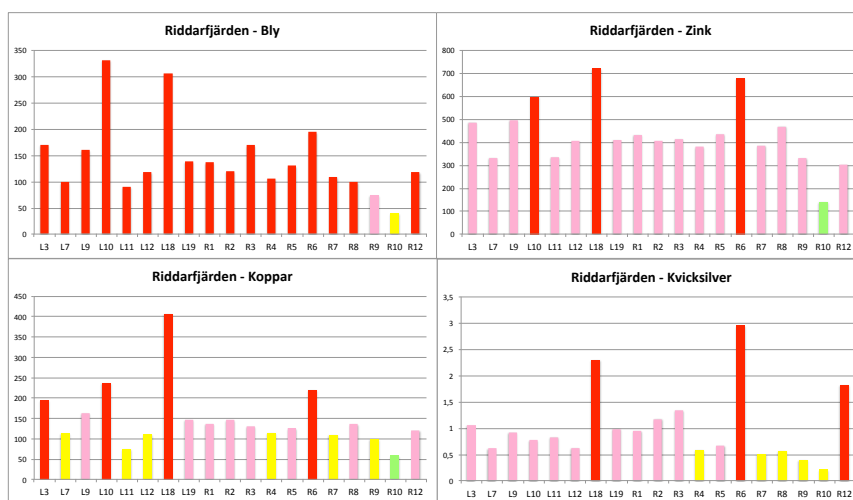
Enligt Miljöbarometern Stockholm upphörde den mer övergödda perioden i Ulvsundasjön och Riddarfjärden vid slutet av 1980-talet. Totalfosforhalten sjönk från knappt 100 µg/l under 1980-talet till mindre än 25 µg/l under perioden 1990 till idag. I de övre delarna av kärnorna från Riddarfjärden är lamineringarna mindre tydliga, vilket kan vara ett tecken på en förbättrad syrgasstatus i fjärdens djupare delar de senaste decennierna. Varvens mäktighet varierar i runda tal mellan 5 och 12 mm.

4.6 Föroreningar

4.6.1 Areell fördelning

4.6.1.1 Metaller

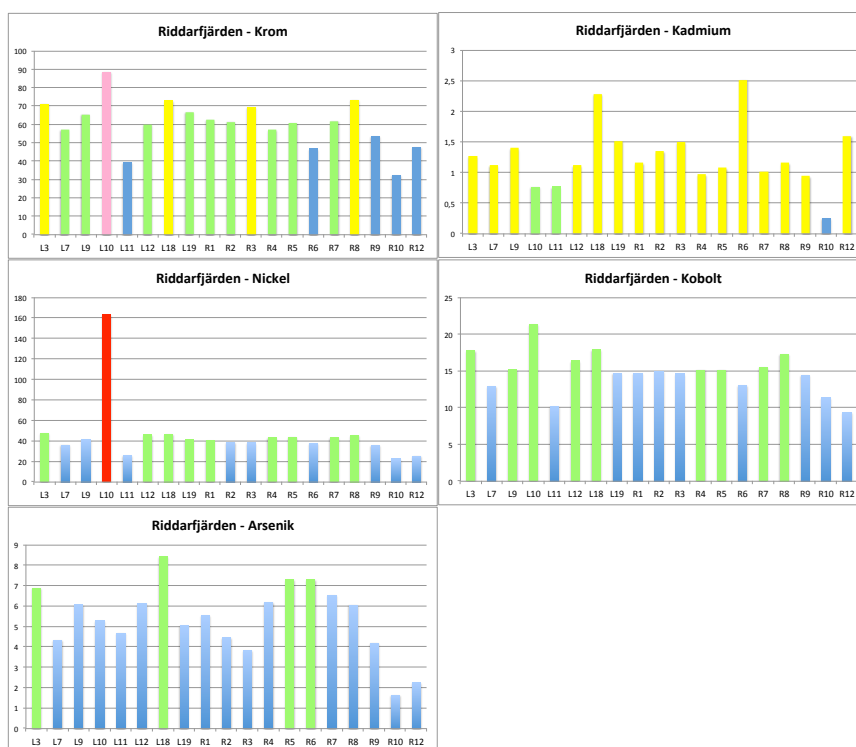
Blyhalterna uppvisar en mycket stor avvikelse från bakgrunden i Riddarfjärden (Fig. 20). Det är endast R10 (transportbotten) utanför Norr Mälarstrand som uppvisar mindre påverkan i form av tydlig avvikelse. Zinkhalterna har stor eller mycket stor avvikelse från jämförvärdet.



Figur 20 Bly, zink, koppar och kvicksilver i ytsediment (0-2 cm) från öppna Riddarfjärden. Halterna är klassade enligt färgskalan i tabell 1.

Även beträffande zink avviker R10 med ringa avvikelse. Koppar har ett likartat fördelningsmönster som såväl bly som zink med mycket höga halter på stationerna L10 och L18 utanför den östra delen av Långholmen. Även station R6 i Liljeholmsviken har mycket höga halter av bly, zink och koppar.

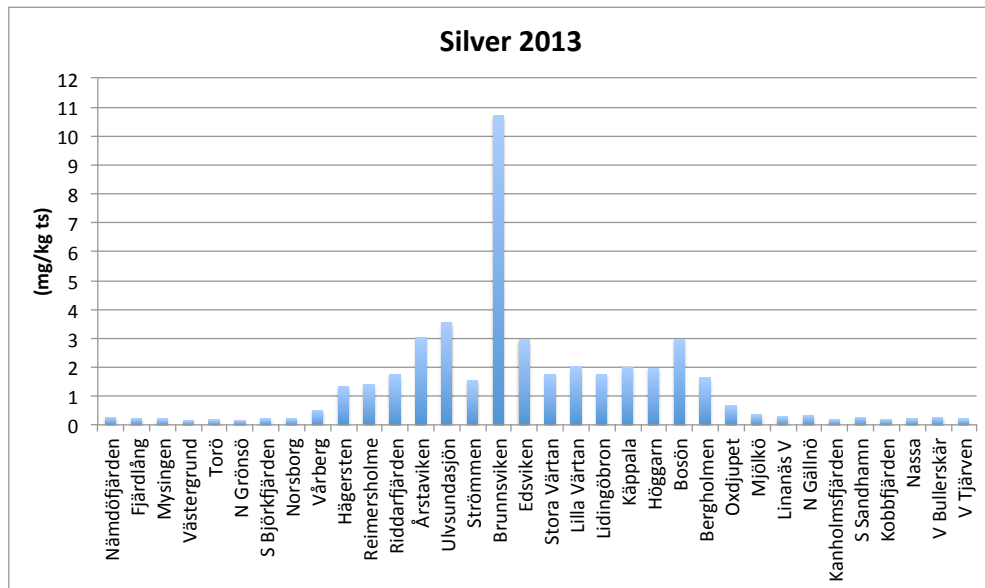
Den största avvikelsen vad gäller kvicksilver (Fig. 20) och kadmium (Fig. 21) noteras vid R6. Krom har tydlig avvikelse på några stationer medan kobolt och arsenik har liten eller obetydlig avvikelse från bakgrundsvärdena. Detsamma gäller för nickel som dock uppvisar mycket stor avvikelse på station L10.



Figur 21 Krom, kadmium, nickel kobolt och arsenik i ytsediment (0-2 cm) från öppna Riddarfjärden. Halterna är klassade enligt färgskalan i tabell 1.

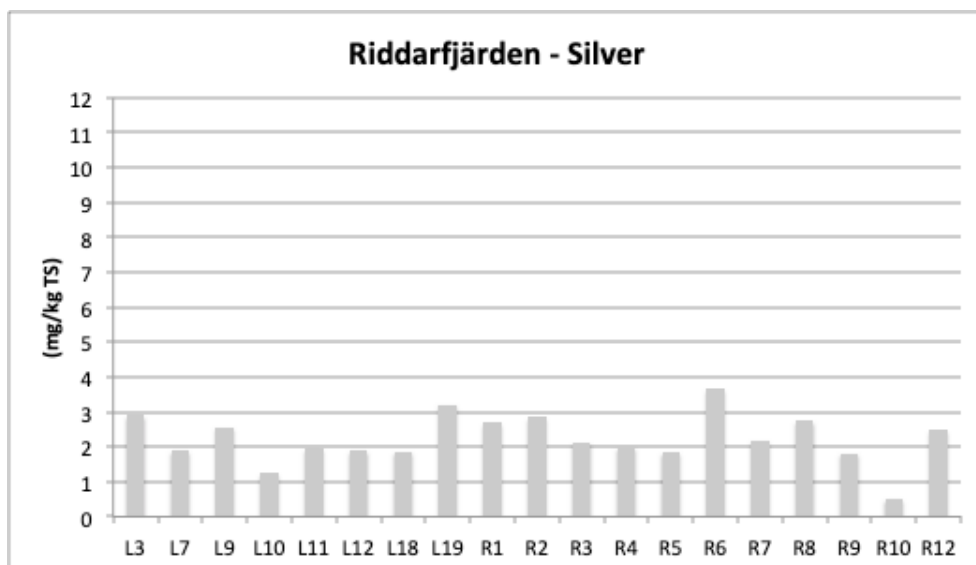
Ingen bedömningsgrund finns för silver. Vid framtagandet av regionala bakgrundshalter för Stockholmsområdet (Jonsson 2018) konstaterades att bakgrundshalten för silver låg på $0,09 \pm 0,03$ mg/kg TS. Silver är ett ämne som främst under 1900-talet användes i tryckerier och vid fotoframställning. Den största användningen av silver idag, ca 50 %, är industriell (Tjus 2014), som silverbelagda kullager och elektronik (t.ex. kretskort, strömbrytare och TV-skärmar). Silveroxidbatterier börjar ersätta litiumjonbatterier och som katalysator används silver vid tillverkning av plast, polyester och antifrysätska. Silver är också viktigt i legeringar vid svetsning och lödning för att ersätta bl.a. bly, och för dess antiseptiska egenskaper i vattenrör och kranar.

Vid en undersökning av Stockholms läns skärgård och delar av östra Mälaren (Jonsson 2015) uppmättes de högsta halterna i Mälaren i Ulvsundasjön (3,5 mg/kg TS) (Fig. 22). På skärgårdssidan erhöles den särklassigt högsta halten i Brunnsviken (10,7 mg/kg TS). Influensområdet bedömdes sträcka sig ca 20 km inåt Mälaren och ut till Oxdjupet och Kodjupet i skärgården.



Figur 22 Halter av silver i ytsediment (0-2 cm) i Stockholms skärgård och Mälaren 2013. (Från Jonsson 2015).

Halterna av silver (0,5-3,7 mg/kg TS; medel 2,2 mg/kg TS) i Riddarfjärdens sediment (Fig. 23) ligger på flera stationer på samma höga halt som uppmättes i Ulvsundasjön 2013.



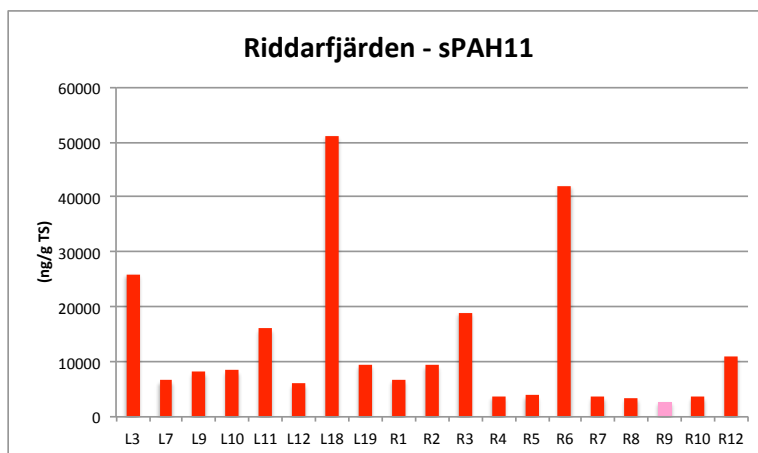
Figur 23 Silver i ytsediment (0-2 cm) från Riddarfjärden.

4.6.1.2 Organiska föroreningar

I ytsedimenten har PAH-er, MBT, DBT, TBT, PCB-er och PBDE registrerats i stort sett i alla ytsediment från Riddarfjärden. Utöver detta har några specifika ämnen detekterats på en eller några stationer. Dessa är monooktyltenn, dioktyltenn, tetrabutyltenn, monofenyltenn, difenyltenn, trifenyltenn, PFOS och irgarol. Klorparaffiner analyserade i yt- och djupsediment från två sedimentkärnor (L3 och R4) men halterna låg under detektionsgränsen <0.050 mg/kg TS.

4.6.1.2.1 Polycykliska aromatiska kolväten – PAH

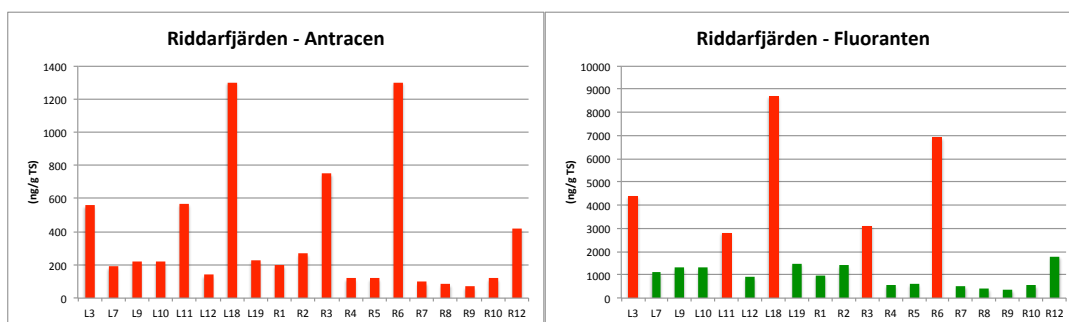
summaPAH11 (d.v.s. fenantren, antracen, fluoranten, pyren, bens(a)antracen, chrysen, bens(b)fluoranten, bens(k)fluoranten, bens(a)pyren, bens(ghi)perylen och indeno(cd)pyren) uppvisar mycket höga halter ($\geq 2\,800$ ng/g TS) i Riddarfjärdens ytsediment i relation till de svenska bedömningsgrunderna (Fig. 24). De högsta halterna noteras norr och öster om Långholmen samt på station R6 i Liljeholmsviken.



Figur 24 summaPAH11 i ytsediment (0-2 cm) från Riddarfjärden.

Havs- och vattenmyndighetens riktlinjer för klassificering och miljö kvalitetsnormer avseende ytvatten (HVMFS 2013:19) anger dock avsevärt högre gränsvärden för uppnående av god kemisk status i sediment än de svenska bedömningsgrunderna vad gäller antracen och fluoranten, nämligen 24 respektive 2000 $\mu\text{g/kg}$ TS normerat till 5 % TOC-halt. Medelkolhalten (TOC) i ytsediment (0-2 cm) från samtliga ytsedimentstationer i Riddarfjärden är 4,8 %. Efter normering blir gränsvärdena i Riddarfjärdens sediment för antracen 23 $\mu\text{g/kg}$ TS och för fluoranten 1920 $\mu\text{g/kg}$ TS. Detta innebär att halterna av antracen i ytsedimenten ligger 3-27 gånger över gränsvärdet för god kemisk status på samtliga undersökta stationer.

De enskilda kongenerna antracen och fluoranten uppvisar samma fördelningsbild (Fig. 25) som summaPAH11. Halterna av antracen på de undersökta stationerna är mycket höga och överstiger HaV:s gränsvärden på samtliga stationer. Vad gäller fluoranten överstiger halterna gränsvärdet på 5 stationer, dels i området öster och nord om Långholmen (4 stationer) och i Liljeholmsviken (station R6).



Figur 25 Antracen och fluoranten i ytsediment (0-2 cm) från Riddarfjärden. Röda staplar innebär att halterna överstiger HaV:s gränsvärden; gröna att halterna är lägre.

4.6.1.2.2 Organiska tennföreningar

I Sverige har en lång diskussion förts angående gränsvärden för TBT. Miljööverdomstolen föreskrev i samband med prövning av muddring i Norrtälje hamn (MÖD 2007:12) att endast muddermassor med lägre halt TBT än gränsvärdet 200 µg/kg TS fick dumpas och att massor med högre halt TBT skulle omhändertas på land. Sedan 2007 har detta varit praxis i miljödomstolarna.

Miljödomstolen i Nacka tingsrätt diskuterar TBT-halter i mälarsediment i sin dom för ombyggnad av Södertälje kanal och sluss samt breddning och fördjupning av allmän farled i Mälaren (Nacka Tingsrätt 2015). Man noterade att TBT saknas i Naturvårdsverkets bedömningsgrunder. Utifrån vad som kan anses miljömässigt motiverat och ekonomiskt rimligt har domstolen meddelat att haltnivån 100 µg/kg TS för TBT skall gälla som gräns för vilka massor som kräver särskilt omhändertagande istället för tidigare praxis på 200 µg/kg TS.

Bedömningarna av TBT:s farlighet är mycket olika i olika länder. I Finland liksom i Sverige är det tillåtet att dumpa sediment med TBT-halter under 100-200 ng/g TS i havet, medan gränsen i Belgien är så låg som 7 µg/kg TS. Även andra europeiska länder har avsevärt lägre gränsvärden för dumpning än Sverige.

Havs- och vattenmyndighetens riktlinjer för klassificering och miljökvalitetsnormer avseende ytvatten (HVMFS 2013:19) anger för TBT ett gränsvärde för uppnående av god kemisk status i sediment till 1,6 ng/g TS normerat till en TOC-halt av 5 % TS. Diskrepansen mellan å ena sidan det höga kravet på sedimentkvalitet vad gäller TBT enligt HaV:s riktlinjer och hur TBT enligt rättsvärdande myndigheters praxis hanteras i samband med verksamhet i vatten är sålunda stor.

Osäkerheten om vilka bedömningsgrunder som ska gälla har inte blivit mindre av att nya bedömningsgrunder publicerats av Naturvårdsverket 2017. Vad gäller organiska tennföreningar har vi i föreliggande undersökning valt att inte använda de nya bedömningsgrunderna från Naturvårdsverket (Tabell 2) från 2017. Orsaken är att tabellen helt grundar sig på uppmätta halter i ytsediment (0-2 cm) och på intet sätt relateras till miljöfarligheten hos de olika kongenerna. Naturvårdsverket har 2016 i samarbete med Kemakta och Karolinska Institutet (Institutet för Miljömedicin) upprättat ett Datablad för Organiska Tennföreningar (Naturvårdsverket 2016). I detta datablad redovisas haltkriterier för ytvatten för gruppen organiska tennföreningar (Tabell 3).

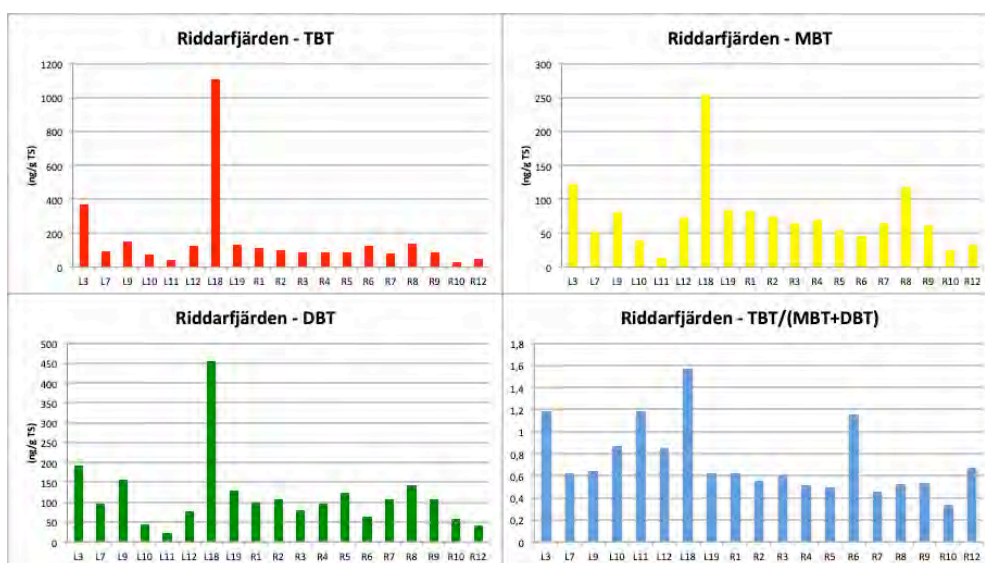
Tabell 3 Parametervärdet i riktvärdesmodellen, haltkriterium för organiska tennföreningar i ytvatten. (Från Naturvårdsverket 2016).

TBT	Ccrit_sw	0,0005	µg/l
DBT	Ccrit_sw	0,07	µg/l
MBT	Ccrit_sw	0,8	µg/l
Organiska tennföreningar	Ccrit_sw	0,004	µg/l

Haltkriteriet för TBT är 140 gånger lägre än för DBT och 1600 gånger lägre än för MBT. Det syns därför inte rimligt att värdera uppmätta halter i Riddarfjärden enligt en bedömningsgrund som har en klassgräns mellan klass 4 och 5 som har en omvänd rangordning av kongenerna (TBT ≥ 55, DBT ≥ 26, MBT ≥ 20) än kriterierna i Tabell 3. I figur x har således inte färgskalan något med klassificering att göra.

Medelkolhalten (TOC) i ytsediment (0-2 cm) från samtliga ytsedimentstationer i Riddarfjärden är 4,8 %, vilket leder till att gränsvärdet för TBT blir 1,5 µg/kg TS. Det höga kravet på sedimentkvalitet vad gäller TBT enligt HaV:s kriterier medför att halterna i Riddarfjärden överstiger gränsvärdet för god kemisk status (Fig. 26) med en faktor 18-730.

Halten av TBT i öppna Riddarfjärden varierar mellan 28 och 1100 ng/g TS med ett medelvärde på 163 ng/g TS (Fig. 26). Vilken bedömningsgrund som än används resulterar i att halterna av organiska tennföreningar är att karaktärisera som mycket höga i Riddarfjärdens ytsediment med det högsta värdet på station L18 strax öster om Långholmen, där även metaller och PAH-er uppvisar de högsta värdena. I figur 26 har inte färgskalan något med klassificering att göra utan färgerna har enbart valts av framställningstekniska skäl.

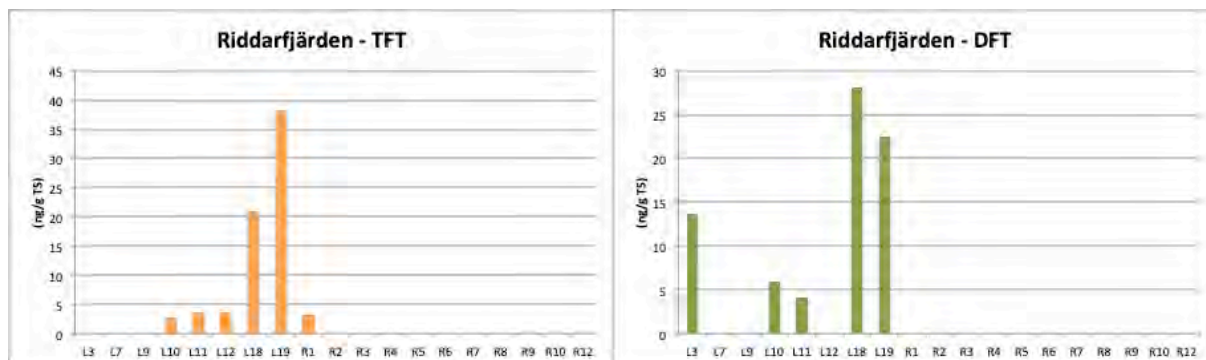


Figur 26 TBT, DBT, MBT och kvoten TBT/(MBT+DBT) i ytsediment (0-2 cm) från Riddarfjärden.

Bengtsson och Cato (2011) hävdar att kvoten tributyltenn (TBT) / (monobutyltenn (MBT) + dibutyltenn (DBT)) i sediment är ett bra uttryck för om nytillskott av TBT sker eller ej. En kvot <0,8 innebär inte ett nytillskott medan kvoter i intervallet 0,8-1,0 och 1,0-1,5 innebär ett litet respektive märkbart nytillskott. Är kvoten >1,5 anses nytillskottet vara stort. Kvoten används för att diskutera eventuellt nytillskott av TBT. I Riddarfjärdens ytsediment varierar kvoten mellan knappt 0,3 och 1,6 (Fig. 26). På sex stationer överstiger kvoten 0,8 vilket skulle indikera att nytillförseln idag är påtaglig. Även sett ur ett sedimentdynamiskt perspektiv är det uppenbart att en icke obetydlig tillförsel pågår. Omblandningen av sedimentpelaren kan utifrån dokumentation av sedimentkärnor anses liten i de djupare delarna av Riddarfjärden. Sedimenttillväxten är sannolikt 5-10 mm/år och halten av TBT är hög eller mycket hög i ytsedimenten. Detta måste rimligen tyda på en icke försumbar nytillförsel.

Fenyltennföreningar är några andra organiska föreningar som tidigare har använts som antifoulingbiocid på båtbottnar samt som växtskyddsmedel. De anses i det närmaste lika giftiga som butyltennföreningarna. Monofenyltenn (MFT) och difenyltenn (DFT) är nedbrytningsprodukter av trifenyltenn (TFT). Oftast ligger halterna i sediment under detektionsgränsen, men har i skärgård, insjöar, hamnar och i bakgrundsmiljöer uppmätts till halter mellan 0,1 och 170 ng/g TS (Tjus 2014). I Oxelösunds marina låg TFT-halten så högt som 1 600 ng/g TS (SGU).

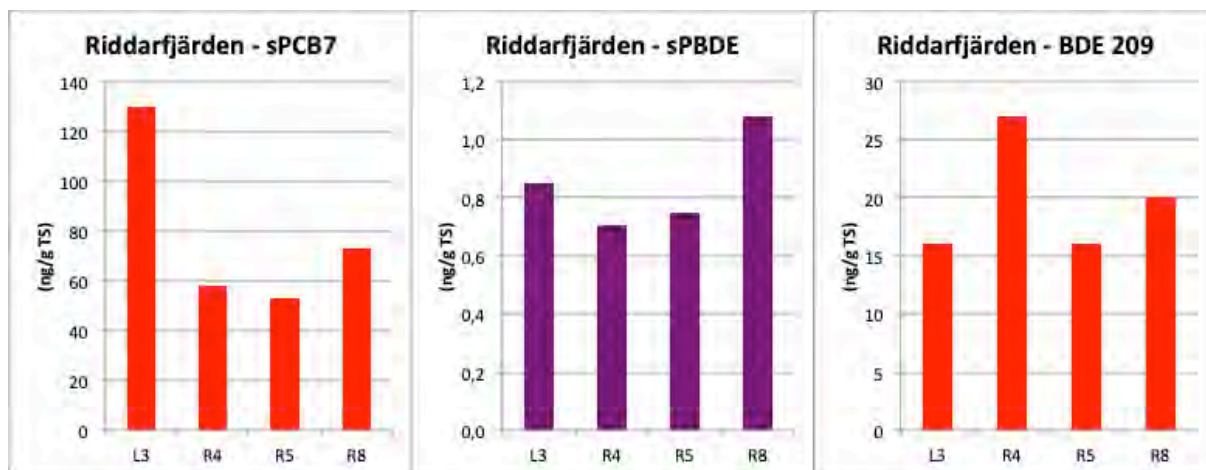
I Riddarfjärden ligger TFT-halterna på de flesta stationer under detektionsgränser på 1-4 ng/g TS. I området nord och ost om Långholmen ligger halterna på mellan 2,8 och 38 ng/g TS (Fig. 27). DFT-halternas fördelningsmönster är likartat. MFT-halterna ligger under detektionsgränsen (1-4 ng/g TS) på samtliga stationer.



Figur 27 TFT och DFT i ytsediment (0-2 cm) från Riddarfjärden.

4.6.1.2.3 Polyklorerade bifenyler och polybromerade difenyler

Polyklorerade bifenyler - PCB – är ett samlingsnamn för 209 olika giftiga och svårnedbrytbara kongener. Ofta uttrycker man dem som sPCB7, vilket är summan av 7 av de mest miljöfarliga kongenerna, nämligen #28, #52, #101, #118, #138, #153 och #180. Halterna av sPCB7 varierade i Riddarfjärdens ytsediment mellan 53 och 130 ng/g TS, vilket är att klassificera som mycket höga halter; 10-20 gånger högre än gränsvärdet mellan klass 4 och 5 i Tabell 2. Halterna är dock av storleksordningen en tiopotens lägre än vad som noterats i Ulvsundasjön och Bällstaviken (Jonsson 2018a).



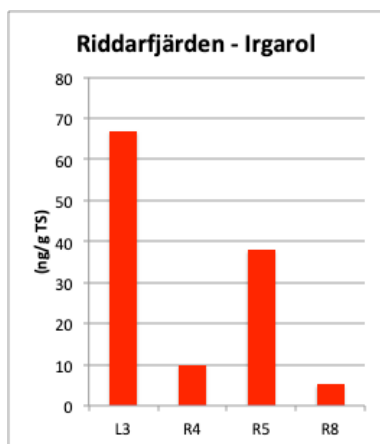
Figur 28 sPCB7, sPBDE och BDE 209 i ytsediment (0-2 cm) från Riddarfjärden.

De polybromerade difenyletrarna i form av summaparametern sPBDE är detekterbara i alla fyra provtagningsstationerna (Fig. 28). sPBDE utgörs av kongenerna #28, #47, #99, #100, #153 och #154. Dessa ämnen ersatte från 1970-talet PCB som flamskyddsmedel när PCB-användningen förbjöds i Östersjöområdet vid denna tid (Bernes 2000). sPBDE-halterna är i runda tal 5 gånger högre än i Magelungen, men ca 4 gånger lägre än i Årstaviken. Kongenen #209 ingår inte i sPBDE, men detekterades i samtliga ytprover där den analyserades i mycket höga halter (Fig. 28).

4.6.1.2.4 Irgarol

Efter att användningen av tributyltenn begränsades i slutet på 1980- talet började Irgarol användas som ett av flera ersättningsämnen. Irgarol orsakar störning på fotosyntes i växter. Den är effektiv mot algpåväxt och har därför använts som biocid, huvudsakligen för båtbottnskydd. Idag finns inga godkända preparat innehållande Irgarol registrerade i Sverige (Elert och Jones 2013). Inom EU pågår arbete med att ta fram miljökvalitetsnormer för Irgarol. Man för fram att gränsvärdet för skydd av sedimentmiljön bör vara 0,18 ng/g TS (European Commission, 2011). Huruvida detta är ratificerat eller ej är idag okänt.

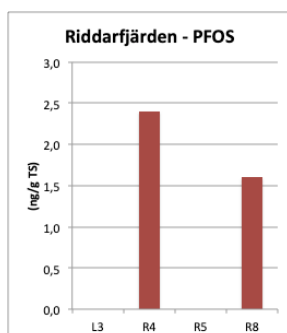
Halter uppmätta i sediment varierar mellan 0,06 och 42 ng/g TS (IVL, 2012). De högsta halterna har konstaterats i småbåtshamnar. I Riddarfjärdens sediment varierar halterna mellan 5 och 67 ng/g TS med det högsta värdet utanför Långholmens östra udde (Fig. 29).



Figur 29 Irgarol i ytsediment (0-2 cm) från Riddarfjärden.

4.6.1.2.5 Perfluoroktansulfonsyra – PFOS

Perfluoroktansulfonsyra (PFOS) är ett ämne inom gruppen perfluorerade ämnen. Den har använts i bland annat rengöringsmedel, impregneringsmedel samt brandsläckningsmedel, men förbjöds i Sverige 2008. PFOS-halter är endast detekterbara i två av stationerna från Riddarfjärden och ligger på mellan 1,6 och 2,4 ng/g TS (Fig. 30) vilket är något lägre än vad som uppmättes i Magelungen. Än så länge finns inte så mycket data på PFOS i sediment i Sverige. En undersökning genomfördes dock i Halmsjön vid Arlanda 2008, där man fann PFOS-halter för djupnivån 0-3 cm i sedimenten på mellan 20-80 ng/g TS (Axelström och Axelsson 2008). Att PFOS finns i mark och vatten nära Arlanda beror på att ämnet ingår i det brandsläckningsmedel, AFFF (Aqueous Film Forming Foam), som användes från 1980-talet till 2004-2005 vid övningar på flygplatsens brandövningsplats. Halterna i Halmsjöns sediment var avsevärt mycket lägre än det riktvärde som gäller i Norge på 220 ng/g TS. I jämförelse med detta är halterna i Riddarfjärden att betrakta som låga.

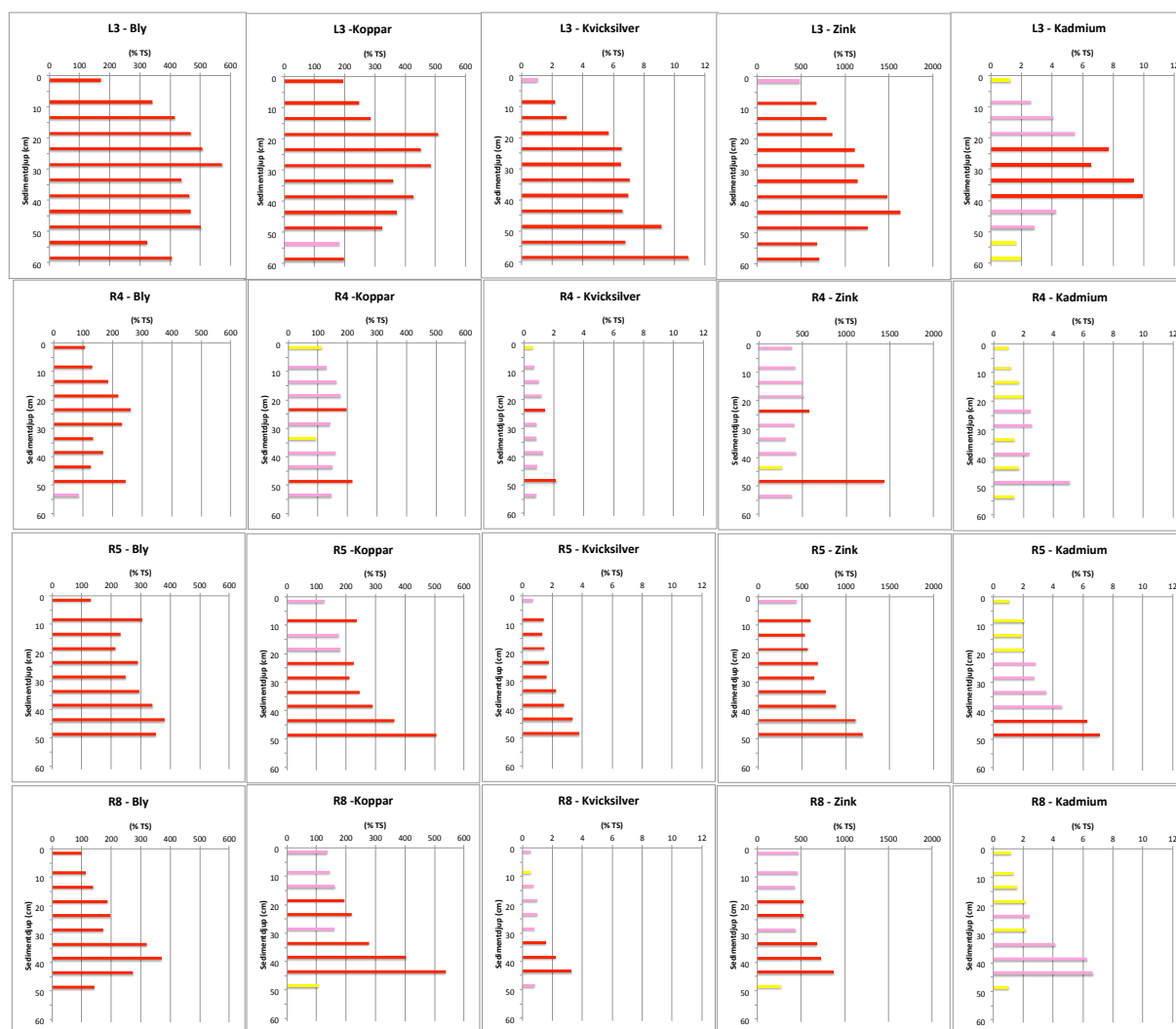


Figur 30 PFOS i ytsediment (0-2 cm) från Riddarfjärden.

4.6.2 Föroreningshistorik

4.6.2.1 Metaller

Som påpekats i avsnitt 4.6.1.1 Metaller uppvisar bly-, koppar-, kvicksilver och zinkhalterna stor eller mycket stor avvikelse från bakgrundsvärdena på flera provtagningsstationer i Riddarfjärdens ytsediment. Alla dessa metaller samt kadmium visar tydliga trender på minskande halter mot sedimentytan på de fyra studerade stationerna (Fig. 31).

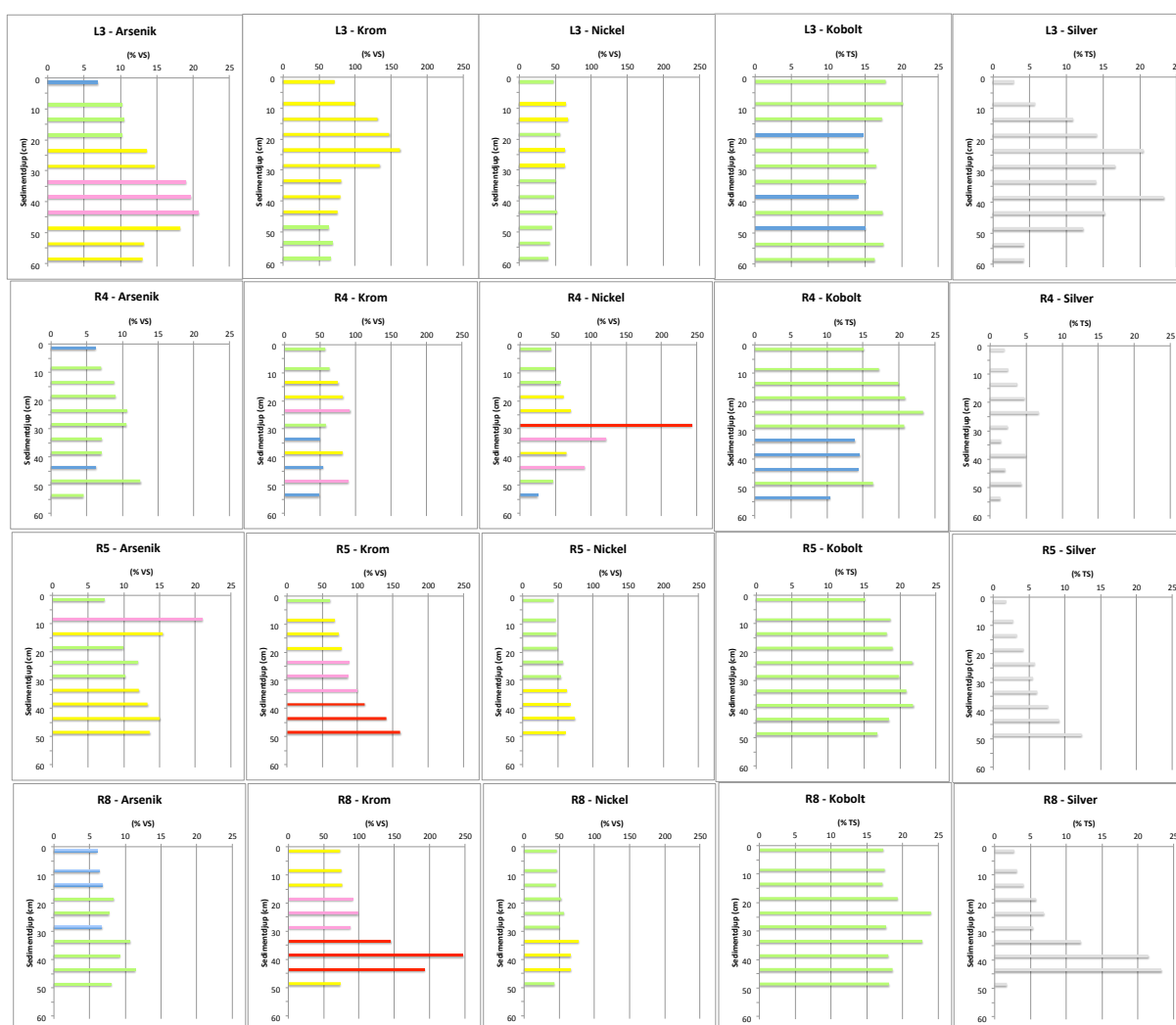


Figur 31 Bly, koppar, kvicksilver, zink och kadmium i sedimentkärnorna L3, R4, R5 och R8 från Riddarfjärden.

Arsenik minskar påtagligt mot sedimentytan (Fig. 32) och uppvisar ingen eller obetydlig avvikelse från bakgrundsvärdena i ytsedimentet. Även krom minskar uppåt till liten eller tydlig avvikelse i ytsedimentet.

Nickel och kobolt uppvisar mindre tydliga trender utom i kärna R4, där speciellt nickel har en tydlig pik på 25-30 cm och därövanför avtar till liten avvikelse i ytsedimentet.

Silver uppvisar påtagligt avtagande halter mot sedimentytan. Betydande mängder silver har tidigare tillförts kommunala avloppsvatten vilket inneburit betydande utsläpp från de kommunala reningsverken (Sjögren 2011). Tillförseln har dock under 2000-talet minskat substantiellt, vilket också stöds av haltprofilerna av silver i Riddarfjärden (Fig. 32). Vid en undersökning av Stockholmsområdets bakgrundshalter av grundämnen och polyaromatiska kolväten (Jonsson 2018b) har bakgrundshalten för silver beräknats till 0,09 mg/kg TS. Detta innebär att halten varit förhöjd närmare 75-250 gånger i de undre delarna av kärnorna från Riddarfjärden.

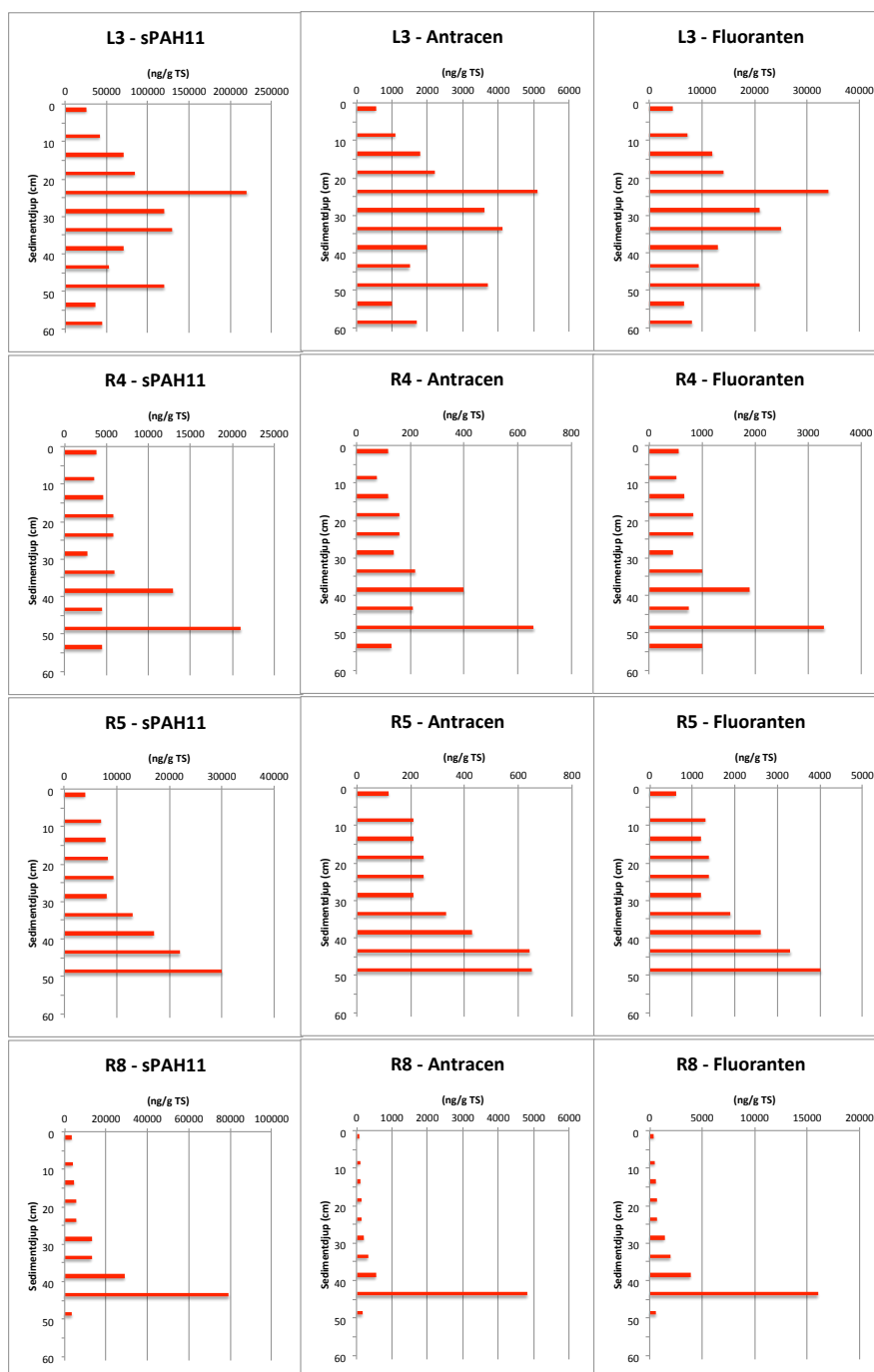


Figur 32 Arsenik, krom, nickel, kobolt och silver i sedimentkärnorna L3, R4, R5 och R8 från Riddarfjärden.

4.6.2.2 Organiska föroreningar

4.6.2.2.1 Polyaromatiska kolväten – PAH

De polycykliska aromatiska kolvätena uttryckta som summaPAH11 beskriver något olika haltprofiler i kärnorna från Riddarfjärden (Fig. 33). Genom hela kärnorna är halterna att klassificera som mycket höga. Tydliga haltavtaganden sker gradvis och halterna är lägst i ytsedimenten men fortfarande att karaktärisera som mycket höga. I R4, R5 och R8 återfinns pikvärdena mellan 40 och 50 cm att jämföra med L3 där piken ligger kring 20-30 cm. Antracen och fluoranten beskriver i det närmaste identiska haltförlopp som summaPAH11.



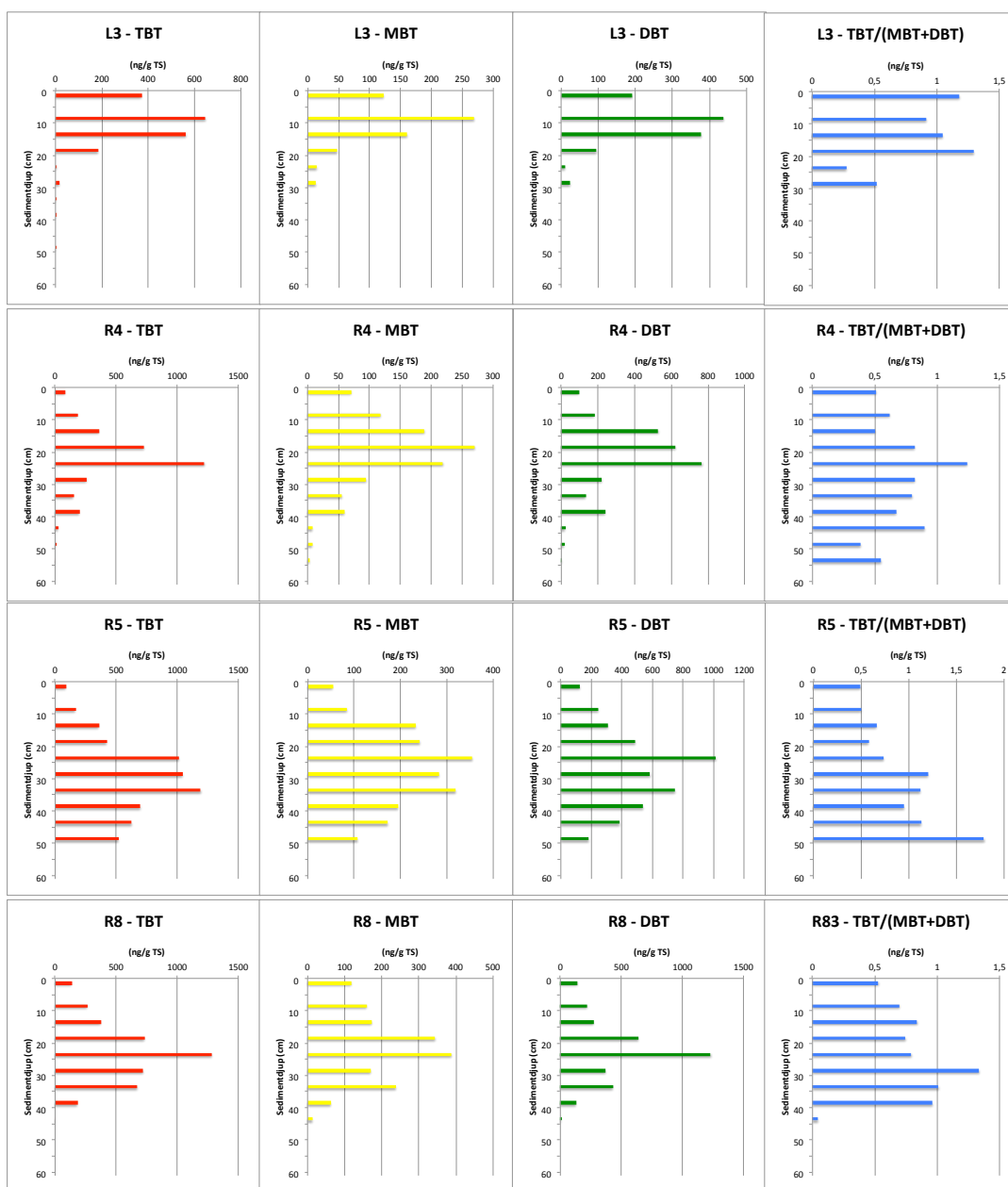
Figur 33
från

summaPAH11, antracen och fluoranten i sedimentkärnorna L3, R4, R5 och R81 Riddarfjärden.

4.6.2.2.2 Organiska tennföreningar

TBT (tributyltenn) är ett av de prioriterade ämnena i EU:s vattendirektiv. Användningen som påväxthämmande ämne i bottenfärger kom igång under 1960-talet (Anon. 2016). Redan 1989 förbjöds organiska tennföreningar i bottenfärger för icke oceangående båtar under 25 meters längd i Sverige. Under perioden 2003–2007 trädde liknande förbud för båtar över 25 m i kraft inom EU. Ett totalförbud mot TBT i båtbottenfärger råder sedan 2008 (Magnusson och Samuelsson, 2012). TBT-profilen i sedimentkärnor bör sålunda karaktäriseras av inga eller mycket låga halter under 1960-talet.

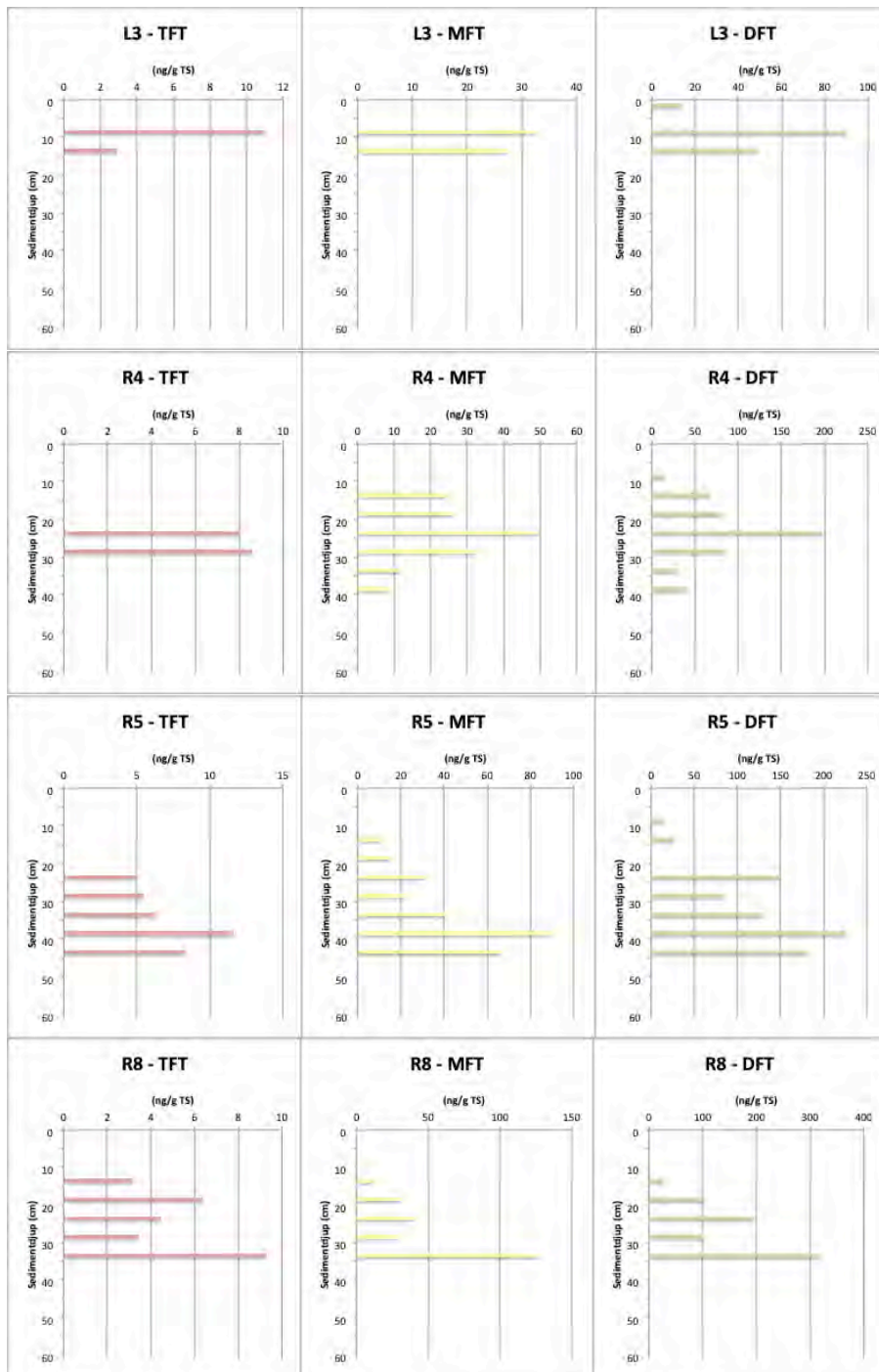
TBT finns i mätbara halter i de övre knappt 50 centimeterna av sedimentpelaren i samtliga studerade kärnor (Fig. 34). Pikarna ligger i R4, R5 och R8 på 20-35 cm medan piken i L3 ligger på endast ca 10 cm, vilket antyder avsevärt lägre sedimenttillväxt i denna kärna jämfört med övriga. Halterna i de djupare delarna är mindre än 0,5 – 1 ng/g TS.



Figur 34 TBT, MBT, DBT och kvoten TBT/(DBT+MBT) i sedimentkärnor från Riddarfjärden.

Pikvärdena representerar sannolikt tiden kring 1990. Ovanför pikarna avtar halterna påtagligt i ytsedimenten. Nedbrytningsprodukterna MBT och DBT uppvisar likartade haltprofiler som TBT, men vissa mindre skillnader finns i haltfördelningarna.

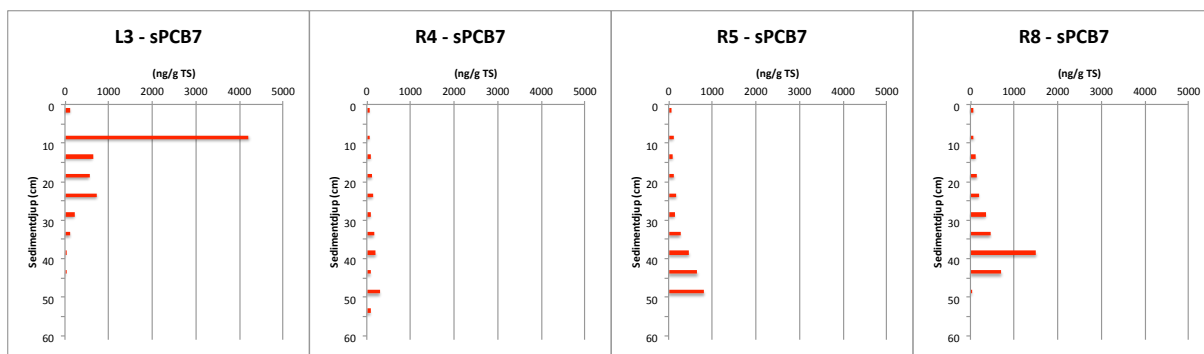
Fenyltennföreningar har sedan 1960-talet haft en bred användning som bekämpningsmedel mot alg- och molluskpåväxt i båtottenfärger samt mot svampangrepp. Det är därför inte förvånande att haltfördelningarna i sedimentkärnorna (Fig. 35) är mycket likartade som för TBT, MBT och DBT. Haltfördelningarna för fenyltennföreningarna avviker dock något från butyltennföreningarna genom att pikvärdena ligger något djupare i kärnorna, indikerande en något tidigare användning än butyltennföreningarna.



Figur 35 Trifenylnenn (TFT), monofenylnenn (MFT) och difenylnenn (DFT) i sedimentkärnor från Riddarfjärden.

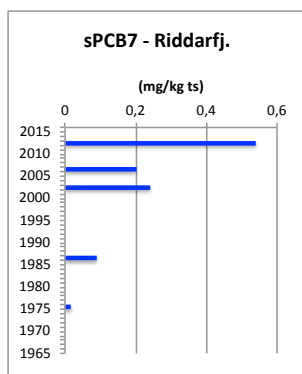
4.6.2.2.3 Polyklorerade bifenyler - PCB

Halterna av sPCB7 i Riddarfjärdens ytsediment är mycket höga, främst i kärnan från L3 där halten är 4 200 ng/g TS på 5-10 centimeters sedimendjup. Halterna i de djupare delarna av sedimentpelaren i övriga kärnor (Fig. 36) är höga och avtar påtagligt mot sedimentytan.



Figur 36 Haltprofiler för sPCB7 i kärnorna L3, R4, R5 och R8.

Haltprofilen för sPCB7 i en cesiumdaterad sedimentkärna från Riddarfjärden 2013 (Fig. 37) tagen i närheten av L3 (Jonsson 2014) liknar mycket fördelningsprofilen för L3.

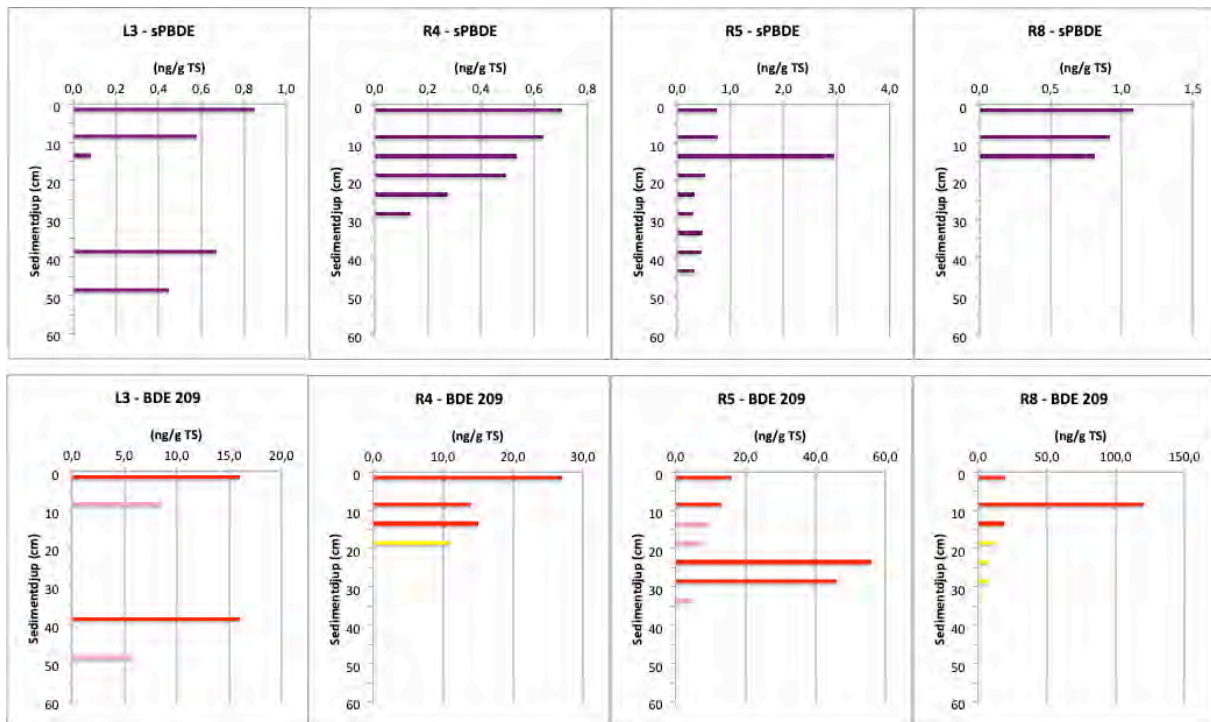


Figur 37 Haltprofil för sPCB7 i en kärna från Riddarfjärden 2013 i närheten av L3 (Jonsson 2015).

4.6.2.2.4 Bromerade flamskyddsmedel

PBDE har under senare delen av 1900-talet ersatt PCB som flamskyddsmedel efter att detta ämne förbjudits i Östersjöregionen under 1970-talet. Halterna av sPBDE i Riddarfjärden (Fig. 38) är ca 3 gånger lägre än i Ulvsundasjön. Ingen halt uppmättes djupare än 30 cm.

Kongenern BDE 209 beskriver likartade fördelningsprofiler som sPBDE (Fig. 38) utom i R5 och R8 där mycket höga värden noteras på 20-30 cm i R5 och på 5-10 cm i R8. Halterna av BDE 209 är ca en tiopotens högre än sPBDE.



Figur 38 sPBDE och BDE 209 i sedimentkärnorna L3, R4, R5 och R8 från Riddarfjärden.

4.6.3 Datering

Sedimentkärnor togs för analys av föroreningar på 4 stationer i Riddarfjärden (L3, R4, R5 och R8; Fig. 14). Samtliga kärnor uppvisar mer eller mindre tydliga strukturer som kan användas vid utarbetandet av en översiktlig tidsskala (Fig. 39). Kärnorna uppvisar dessutom tydliga tidstrender vad gäller metaller, organiska tennföreningar, sPCB7 och sPBDE vilket i kombination med lamineringarna innebär att en översiktlig datering kan göras utifrån kända storskaliga generella tidstrender för dessa föroreningar.

I figur 39 görs ett försök till datering av sedimentkärnorna utifrån följande antaganden:

- PCB introducerades under 1930-talet
- TBT introducerades i början av 1960-talet
- PBDE introducerades under 1970-talet
- PCB nådde maxhalter i början av 1970-talet
- Många metaller nådde maxhalter under 1970-talet
- TBT nådde maxhalter under 1990-talet



Figur 39 Försök till datering av sedimentkärnorna L3, R4, R5 och R8 från Riddarfjärden.

Som framgår av figur 34 uppvisar TBT mycket tydliga halttrender i de studerade kärnorna. TBT uppträdde första gången i början på 1960-talet, vilket motsvaras av nivån kring 30 cm på station L3, ca 45 cm på R4 och ca 40 cm på R8. Det djupaste provet från station R5 är taget på 45-50 cm och här är TBT-halten hög, vilket indikerar att 1960-nivån ligger åtminstone 10 cm djupare troligen kring 60 cm ned i kärnan. Max-värden nåddes i början på 1990-talet motsvarande ca 10 cm på station L3, ca 25 cm på R4, ca 35 cm på R5 och ca 25 cm på R8. Dessa tidshorisonter har i figur x lagts in i kärnorna från dessa stationer.

PCB nådde pikvärden i början av 1970-talet. På station L3 finns ett maxvärde på 4200, vilket med stor sannolikhet inte representerar den generella PCB-trenden utan antagligen är ett extremvärde som beror på lokal påverkan utanför Långholmens östra udde. Det generella pikvärdet ligger på station L3 sannolikt på ca 25 cm och ca 40 cm på R8 (Fig. 36). Pikarna på R4 och R5 är svårtydda.

Den genomsnittliga sedimenttillväxten kan utifrån dateringen av kärnorna i figur 39 beräknas till 5,6 mm/år i L3, 6,4 mm/år i R4, 12,1 mm/år i R5 och 7,8 mm/år i R8.

REFERENSER

- Anonymous, 2016. Naturvårdsverkets Datablad för Organiska Tunnföreningar. Kemakta Konsult AB och Institutet för Miljömedicin. Juni 2016.
- Axelström, K. och Axelsson, P., 2008. PFOS på Arlanda. Föredrag hållet vid nätverket Renare Marks möte i Linköping 2011-02-16.
- Bengtsson, H. & Cato, I., 2011. TBT i småbåtshamnar i Västra Götalands län 2010 – en studie av belastning och trender. Länsstyrelsen i Västra Götalands län Rapport 2011:30.
- Bernes, C., 2000. Persistent organic pollutants – A Swedish view of an international problem. Naturvårdsverket Monitor 16, 152 sid. ISBN 91-620-1189-8, ISSN 1100-231X.
- Citybanan, 2019. <https://sv.wikipedia.org/wiki/Citybanan>
- DeepVision, 2009. DeepEye Sonar System - User's Guide, 8 sid. <http://www.deepvision.se/>

- Elert, M. och Jones, C., 2013. Hav möter Land, Kemakta Konsult AB och Länsstyrelsen i Västra Götalands län, rapport nr 2013:37 ISSN: 1403-168X
- European Commission (DG Environment), 2011. Technical Support for the Impact Assessment of the Review of Priority Substances under Directive 2000/60/EC Substance Assessment: Cybutryne.
- GoogleEarth, 2018.
- HVMFS 2013:19, 2015. Havs- och vattenmyndighetens föreskrifter.
- HVMFS 2015:4, 2015. Havs- och vattenmyndighetens föreskrifter.
- Håkanson, L. and Jansson, M., 1983. Principles of lake sedimentology. Springer-Verlag, Berlin, 316 p.
- Jonsson, P., Carman, R. and Wulff, F., 1990. Laminated sediments in the Baltic - A tool for evaluating nutrient mass balances. Ambio Vol. 19 No. 3, May 1990, p 152-158.
- Jonsson, P. (Red.), Persson, J. och Holmberg, P., 2003. Skärgårdens bottenar. Naturvårdsverket Rapport 5212, Stockholm, ISBN 91-620-5212-8, ISSN 0282-7298, 112 sid. English summary.
- Jonsson, P., 2012. Bottenkartering av Västeråsfjärden. Rapport JP Sedimentkonsult 2012:01, 39 sid.
- Jonsson, P. och Karlsson, M. O., 2012. Björnöfjärdens historiska utveckling. JP Rapport 2012:02, 45 sid.
- Jonsson, P. och Karlsson, M. O., 2013. Sonarkartering och sedimentprovtagning i Grycken. JP Sedimentkonsult Rapport 2013:4, 36 sid.
- Jonsson, P., 2014. Sonarkartering av objekt på Oxundasjöns botten. JP Sedimentkonsult Rapport 2014:4, 43 sid.
- Jonsson, 2015. Miljögifter i sediment i Stockholms skärgård och östra Mälaren 2013. Länsstyrelsen Stockholm Rapport 2015:3. ISBN 978-91-7281-626-8. 113 sidor och bilagor.
- Jonsson, P., 2017. Kartering och verifierande sedimentprovtagning i Norrviken inom LIFE IP Rich Waters (LIFE IPE SE 015 Rich Waters). JP Sedimentkonsult Rapport 2017:4, 36 sidor.
- Jonsson, P., 2018a. Metaller och organiska miljöföroreningar i Ulvsundasjön, Karlbergskanalen och Bällstaviken 2017. JP Sedimentkonsult Rapport 2018:5, 56 sidor plus bilagor.
- Jonsson, P., 2018b. Regionala bakgrundshalter av metaller, PAH-er och dioxiner/furaner i Stockholmsområdet. JP Sedimentkonsult Rapport 2018:5, 34 sidor.
- Josefsson, A., 2017. Klassning av halter av organiska föroreningar i sediment. SGU rapport 2017:12
- Karlsson, M. och Jonsson, P., 2018. Föroreningssituationen i sediment från östra Mälaren söder om Nockebybron. JP Sedimentkonsult Rapport 2018:2.
- Magnusson, M. och Samuelsson, P.-O., 2012. TBT-forskning ger bättre hantering av förorenade sediment. I HAVET – om miljötillståndet i svenska havsområden, sid 89-92. ISBN 978-91-87025-12-9 (Havs- och vattenmyndigheten).
- Miljöbarometern Stockholm. <http://miljobarometern.stockholm.se/vatten/sjoar/riddarfjarden/>
- Myrica, 1999. Djupkartering av Magelungen. Myrica AB 1999.
- MÖD 2007:12. Miljööverdomstolens dom.
- Nacka Tingsrätt, 2015. M 1492-14 Dom 2015-06-16.
- Naturvårdsverket, 1999. Rapport 4914. Bedömningsgrunder för miljö kvalitet - Kust och hav. Naturvårdsverket, Stockholm, ISBN 91-620-4917-8, ISSN 0282-7298, 136 sid.
- Naturvårdsverket, 2013. Tabell 30 i Naturvårdsverkets rapport 4914 (1999). Bedömningsgrunder för miljö kvalitet – Kust och hav har ändrats. <http://www.naturvardsverket.se/Stod-imiljoarbetet/>
- Naturvårdsverket, 2016. <https://www.naturvardsverket.se/upload/stod-i-miljoarbetet/vagledning/fororenade-omraden/organiskatenforeningar.pdf>. 16 sidor.

- Naturvårdsverket, 2017. Organiska miljögifter i sediment. Naturvårdsverkets bedömningsgrunder Rapport 4913.
- Persson, J. and Jonsson, P. 2000. Historical development of laminated sediments - an approach to detect soft sediment ecosystem changes in the Baltic Sea. Mar.Pollut. Bull. 40, 122-134.
- Rydin, E., Jonsson, P., Karlsson, M. & Gustafsson, A., 2016. Läckagebenägen fosfor i Brunnsvikens sediment 2016. Underlag för lokalt åtgärdsprogram. Naturvatten AB Rapport 2016:34, 45 sidor samt bilagor.
- Sjögren, A., 2011. Silver i avloppsslam – bidrag från olika delområden och potentiella källor i Stockholms innerstad. Examensarbete vid Linnéuniversitetet, Kalmar, Miljövetenskap, Rapport Nr: 2011:M13, 21 sid.
- Tjus, S. E., 2014. Biociders spridning i miljön och deras hälso- och miljörisker. Screening år 2000-2013. En kunskapsöversikt. NV RAPPORT 6634, ISBN 978-91-620-6634-5, ISSN 0282-7298, 366 sid.

BILAGA 1

Material och metoder

1 Utrustning

1.1 Provtagningsbåtar

1.1.1 Provtagningsbåten Rana

I småsjöarna skedde fältstudierna normalt från en öppen 4 m lång roddbåt av märket Rana med elektrisk utombordsmotor (Fig. 1a). Undersökningen var i hög grad väderberoende främst vad gäller sonar- och djupkartering (Fig. 1b).



Figur 1 a/ Provtagningsbåten Rana b/ Side scan sonar och djupekolod i Rana.

1.1.2 Undersökningsbåten R/V Perca

I de större sjöarna genomfördes huvuddelen av fältinsatserna från undersökningsbåten R/V Perca (Fig. 2). I Trekanten genomfördes sedimentprovtagningen från R/V Perca som sjösattes vid badplatsen i sjöns nordvästra del. För att inte konkurrera med badande om sjösättningsplatsen genomfördes provtagningen nattetid den 14 juni 2017.



Figur 2 Undersökningsbåten R/V Perca.

Data för undersökningsbåten R/V Perca

Längd 7,0 m, bredd 2,4 m, maxfart 23 knop, marschfart 17 knop. Maskin: 4-cylindrig Yanmar diesel, 100HK. Gångvärme samt Webasto dieselvärmare. Provtagningsutrustning: Eldriven provtagningsvinsch som klarar Gemini-hämtare, tillgång till många typer av provtagningsutrustning, kylskåp/frysbox. Elsystem: 12V, 240V portabelt elverk. Navigatorisk utrustning: Radar av märket Furuno, ekolod, Garmin GPS/kartplotter, VHF-radio. Kan ombaseras sjöledes eller på trailer.

1.2 Positionering

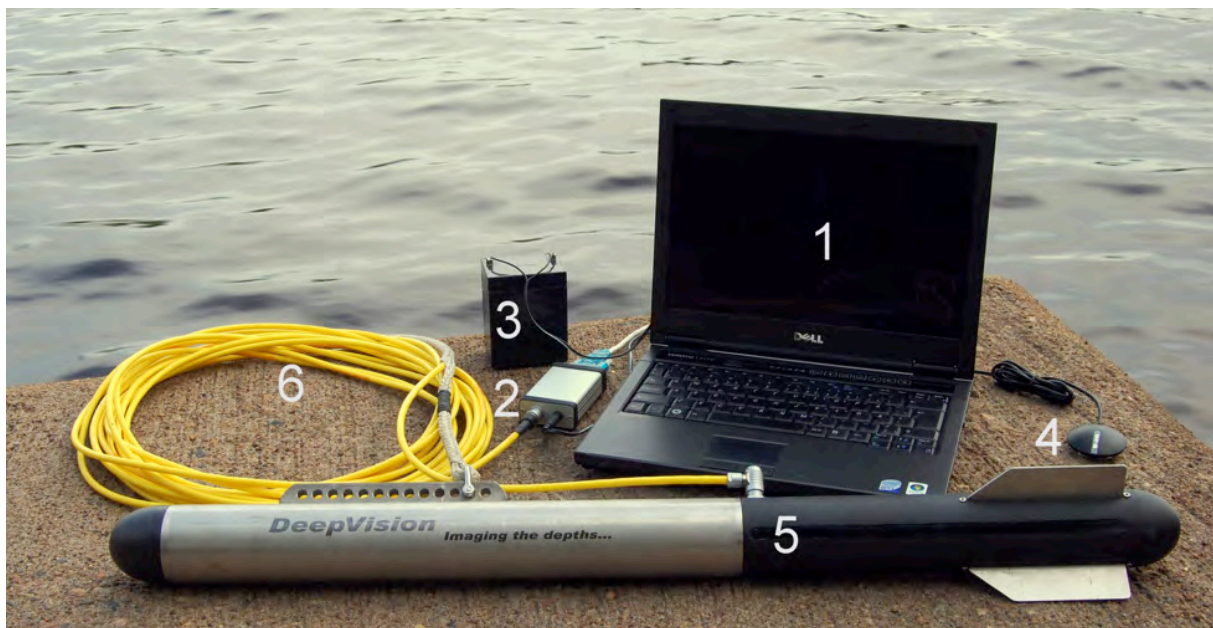
Positionering genomfördes med en GPS-utrustning av märket No: BU-353 kopplad direkt till dator. Utrustningen medger en positionsnoggrannhet av några få meter.

1.3 Djupmätning

Djupkartering skedde med ett ekolod av märket Garmin 400C. Ekolodet registrerade djupet kontinuerligt och resultaten framställdes med dataprogrammet DrDepth. GPS-mottagaren var placerad rakt ovanför ekolodsgivaren.

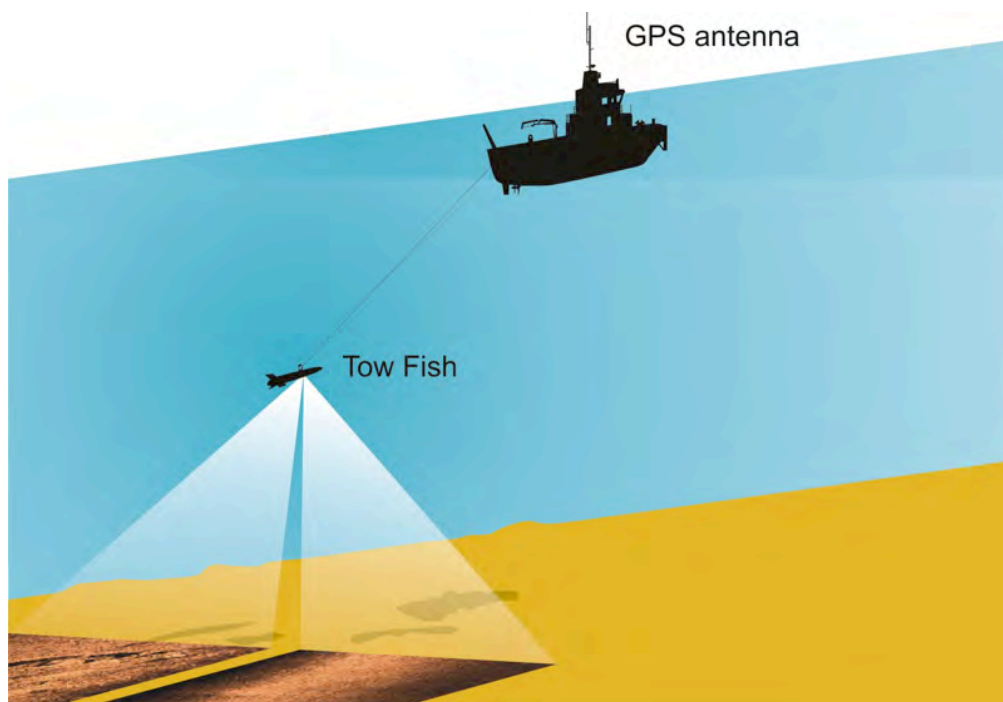
1.4 Kartering med side scan sonar

Utrustningen som användes var en Side scan sonar av typ DeepVision (340 KHz) med towfish DeepEye 340 SS (DeepVision, 2009; Fig. 3). Svepvidden går att variera mellan 30-200 meter åt varje håll beroende på bottenpografi och områdets djupförhållanden. Man kan även välja att bara scanna antingen åt styrbord eller babord. Sonarkabeln lades fast på ett knap styrbord akter. GPS-mottagaren sattes fast alldeles intill knapet. Sonaren sänktes till djup mellan 1 och 3 m beroende på vattendjupet. Med den fart som användes, mellan 2 och 6 knop, innebar detta att sonarfiskens position var endast någon dm akter om GPS-mottagaren.



Figur 3 Portabel side scan sonar av typ DeepVision (340 KHz). 1/ Dator , 2/ ytenhet, 3/ batteri, 4/ GPS-antenn, 5/ sonarfisk, 6/ kabel.

En sidtittande sonar använder ljudvågor för att registrera olika botten typer. Ordet sonar är en förkortning av "sound navigation and ranging". I en torpedliknande "fisk" (Fig. 4) som bogseras efter båten sitter två uppsättningar sändare/mottagare, som läser av babords respektive styrbords sida (vinkelrätt mot instrumentets färdriktning). Ljudvågor utsändes från sändaren i fisken och reflekteras mot botten. I fisken omvandlas dessa till elektriska impulser, som går till datorn ombord på båten, varvid en horisontell skalriktig bild av botten erhålls. Starka reflektioner (hårda bottenar och hårda föremål) avbildas som ljusa partier i sonarplottet och svaga reflektioner (mjuka bottenar) avbildas mörkare. Sonarkarteringen ger en yttre "flygbild" över botten.



Figur 4 Principskiss för side scan sonar-kartering.

1.5 Sedimentprovtagning

Fältundersökningarna genomfördes under maj-oktober 2017. Ytsedimentprovtagning (0-2 cm) utfördes med ponarhämtare på de flesta stationer.

På i stort sett alla stationer utfördes även provtagning av en sedimentkärna för dokumentation av lagerföljden.

På 1-3 stationer i varje sjö togs sedimentkärnor för retrospektiv analys av metaller och miljögifter. I de flesta fall togs 3 kärnor per station. Vid provuttag kombinerades proverna från dessa kärnor för att erhålla tillräckligt material på varje nivå för det omfattande kemisk/fysikaliska analysprogrammet.

Vid provtagningen upprättades ett fältprotokoll för varje provtagningsstation där positionen i WGS-84, sedimentkaraktistik, provtagningsdjup och övriga observationer noterades. I efterhand har positionerna omräknats till SWEREF 99 1800.

1.5.1 Sedimentprovtagare

Tre olika sedimenthämtare användes vid undersökningarna.

1.5.1.1 Ponarhämtare

För ytsedimentprovtagning på E- och T-bottnar samt på grunt vatten användes den välbeprövade och för ytsedimentprovtagning ofta nyttjade modifierade Ponarhämtaren (Fig. 4; Håkanson och Jansson 1983). Den har en enkel och funktionellt tillförlitlig konstruktion. Löstagbara vikter gör att den kan användas på såväl mjuka som hårda bottnar. För att inte nedsjunkningen av hämtaren skulle bli för djup i lösa sediment modifierades den ytterligare genom att vikterna togs bort och flytkroppar applicerades på hämtaren (Fig. 4 höger).

Hämtaren medger fri vattenpassage under nedfirning. När den nått botten och draget i vajern upphör frisläpps låsmekanismen varvid hämtaren stänger när uppfirning påbörjas. Stor vikt lades vid att kontrollera att hämtaren inte var toppfylld, vilket kan medföra att delar av ytsedimentet gått förlorat. För att motverka att hämtaren sjönk för djupt togs vikterna bort och den försågs med flytkroppar. Om misstanke fanns att hämtaren kunde ha sjunkit för djupt gjordes provtagningen om. Prov uttogs som representerar de översta 0-2 cm av sedimentet.



Figur 4 Vänster: Ponarhämtaren laddad och redo för hugg. Mitt: Uttagning av ytsedimentprover. Höger: Utan tyngder och med flytkroppar.

1.5.1.2 Jonsson-hämtaren

För att kunna genomföra sedimentundersökningarna i grunda sjöar utvecklades en ny enkel provtagare inför provtagning i Räckstasjön (Jonsson 2016). Den bygger på att sediment samlas i ett plaströr som normalt användes i Geminihämtaren (Winterhalter 1998). Röret är 80 cm långt och har en inre diameter av 80 mm. Det fästs med hjälp av slangklämmor till en 4 m lång träregel (45x70 mm; Fig. 5) med längdmarkeringar. Till träregeln anslöts en smalare (25x25 mm) regel med hjälp av två hållare. Till den smala regeln fästes en gummikork som passar för att stänga övre delen av Gemini-röret. Regeln anpassades i nedre delen så att den i uppdraget läge fastnade i den nedre hållaren.

Med korken i öppet läge trycktes hämtaren ned i sedimentet till en nivå som grundat sig på det aktuella vattendjupet. När hämtaren tryckts ned till önskat djup trycktes korken ned i Geminiröret och hämtaren togs upp till ytan. Innan den lyftes ombord sattes en gummikork också i den undre delen av röret för att hindra att sedimentet skulle rinna ut. Stor vikt lades vid att kolla att hämtaren inte var toppfylld, vilket kan medföra att delar av ytsedimentet gått förlorat. Kärnan lossades, förseglades med plasttape för transport till lab.

Jonsson-hämtaren har fungerat utmärkt på alla bottnar där vattenvegetationen på ytan varit sparsam. Funktionen har varit sämre vid kraftigt vegetationsklädd botten, eftersom vegetationen förhindrat tätning mellan rör och kork.

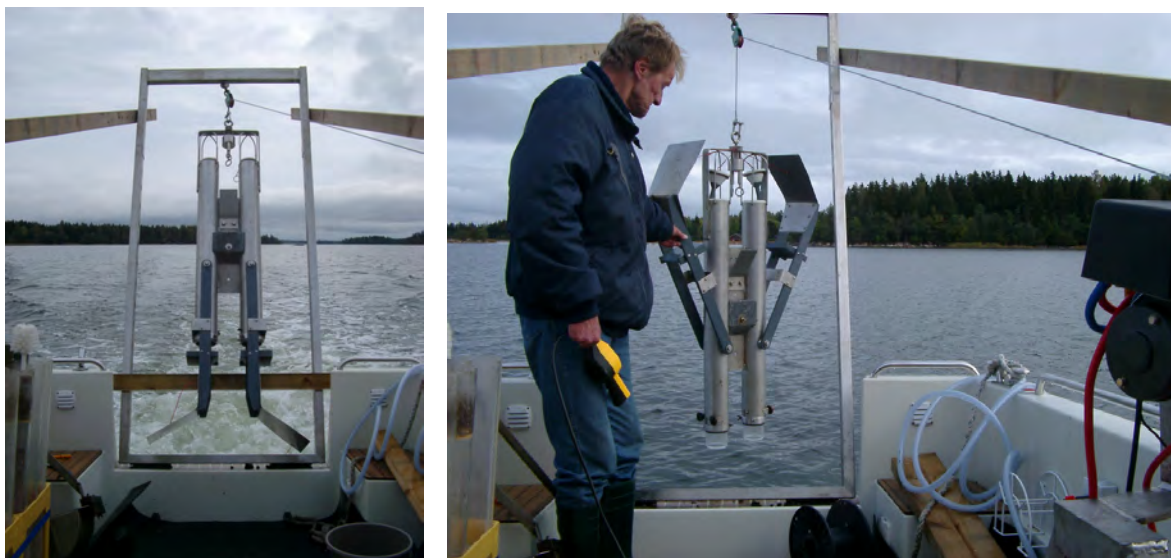


Figur 5 Den nyutvecklade Jonsson-hämtaren (Jonsson 2016).

1.5.1.3 Geminihämtare

Provtagning av sedimentkärnor skedde på större djup än 4 m med Geminihämtare (Winterhalter 1998; Fig. 6). Hämtaren som även benämns Gemax, utvecklades under början av 1990-talet av den finske sedimentologen Lauri Niemistö. Hämtaren består av ett metallskelett i vilken man fäster två plaströr som medger fri vattenpassage på nedvägen. Två utfällda armar fungerar som låsmekanismer och slår igen då provtagaren tas upp. Detta förhindrar att sedimenten rinner ur provtagaren. Den är lätt att använda, framförallt på mjukbottnar, men kan även användas på något hårdare sediment då det går att hänga på extra vikter. Provtagningsrören är genomskinliga, vilket medger en första kontroll av sedimentkärnornas utseende på plats i fält. Rören är 80 cm långa och har en innerdiameter på 80 mm, vilket medger att relativt stora mängder prov, 50 ml per cm från varje kärna, kan tas ut för analys. Den stora fördelen med Geminihämtaren är att den tar två sedimentkärnor samtidigt. Därmed erhålles en dubbelt så stor mängd material från varje nivå, något som är viktigt när materialkrävande analyser skall utföras för att erhålla tidstrender.

Kärnorna förvarades så svalt som möjligt ombord och transporterades efter provtagningen till kylrum och förvarades i + 4° C i avvaktan på dokumentation.



Figur 6 Vänster: Geminihämtaren transportsurrad. Höger: Laddad och redo för hugg.

1.6 Provhantering

Ytsedimentproverna och kärnorna transporterades efter provtagningen till kylrum och förvarades i + 4° C i avvaktan på dokumentation, provuttag och vidare transport till ALS för analys.

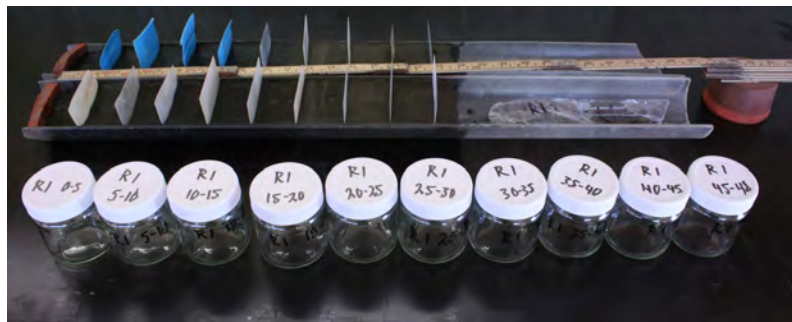
1.7 Dokumentation av sedimentkärnor

För att undvika att löst sediment rann ut i samband med utskjutningen placerades sedimentkärnorna avsedda för dokumentation i frysbox i ca 2 timmar så att de yttersta 3-4 mm frös till. Efter en snabb spolning med varmt vatten pressades sedimentkärnan ut ur röret med en utskjutare. Ett tunt isskikt både på ytsedimentet och på sidorna hindrade härigenom utflytning av löst sediment. Efter utskjutning av kärnan klövs den på mitten och de båda kärnhalvorna placerades i två rännor. De två halvorna fotograferades med digitalkamera. Bilderna överfördes sedan till dator för vidare bildanalys. I datorn analyserades kärnorna noggrant med avseende på bland annat laminering, varvantal, varvtjocklek, färg och struktur.

1.8 Snittning av sedimentkärnor

Kärnorna som skulle användas för analys av metaller och miljögifter snittades med snittningsutrustning för Gemini-hämtaren (Fig. 7 vänster). Prover uttogs på 5-10, 10-15, 15-20, 20-25, 25-30, 30-35, 35-40 o.s.v. ned till kärnans maxdjup. De kärnor som delades för dokumentation användes även för provuttag.

Den kärna från varje station som delades för dokumentation användes även för provuttag för miljögiftsanalys (Fig. 7 höger).



Figur 7 Vänster: Direkt snittning av Gemini-kärna. Höger: Provtagning av utskjuten Geminikärna.

1.9 Datering

I en del av de studerade kärnorna noterades mer eller mindre tydliga varv. Laminerade sediment bildas om syrgasförhållandena varit så dåliga att bottendjuren inte kunnat leva där (Jonsson 1992). Detta kommer sig av att det material som uppiifrån vattenmassan regnar ner till botten varierar i sammansättning från årstid till årstid (Renberg, 1981). Om inga djur finns på botten blandas inte materialet och då kvarstår skillnaderna. Ett årsvarv bildas.

Man kan i sedimentkärnor ofta registrera en övergångsperiod där homogena, syrgassatta bioturberade sediment omväxlar med sådana som är varviga och därigenom indikerar ansträngda syrgasförhållanden. Några tydliga årsvarv avlöses ofta av en eller annan centimeter jämnt och ljust sediment, vilket slutligen följs av en konstant laminering ända upp till sedimentytan. Detta tolkas så att djuren på denna plats har slagits ut av brist på syrgas, varvid den första varvningen uppstår. Denna gräns brukar ligga vid en syrgashalt lägre än 2-3 mg O_2/l . Sedan blir syrgasförhållandena bättre under några år och provtagningsplatsen koloniserar då av djur som överlevt någonstans i närheten. Så småningom blir emellertid syrgasbristen permanent, och då blir utslagningen av bottendjuren beständig. De laminerade bottenarna täcks ofta tidvis av utbredda mattor av svavelbakterier (*Beggiatoa* sp.). De sediment som tas upp från sådana bottenar stinker oftast av svavelväte (H_2S), en gas som är giftig för allt högre liv.

Även på laminerade bottnar kan det finnas bottendjur. Om det finns tillräckligt med bottendjur för att fullständigt blanda om det sedimentande materialet uppstår ett homogent sediment utan synliga strukturer. Den andra extremen är att det inte finns några högre bottendjur över huvud taget. Då uppstår mycket tydligt laminerade sediment. Men om det finns en liten mängd bottendjur kan dessa inte fullständigt blanda om vad som ”regnar ned” till bottarna från ovanförliggande vattenmassa, varvid diffust laminerade sediment uppstår. Är sedimentackumuleringen låg räcker det med en betydligt mindre mängd bottendjur för att totalt blanda om sedimentet än i sjöar med en högre årlig sedimenttillväxt.

I de fall där det varit möjligt har åldersbestämning av sedimenten grundats på varvräkning och konnekterats med optiskt tydliga lednivåer. Åldersbestämningen av sedimenten genom varvräkning bygger på att varje lamina (varv) antas representera ett års deposition (Jonsson et al., 1990; Persson and Jonsson, 2000; Jonsson et al., 2003).

2 ANALYSER

2.1 Sedimentologiska basparametrar

2.1.1 Vattenhalt

Vattenhalten bestämdes av ALS efter frystorkning enligt metod DIN 38414-S22.

2.1.2 Glödförlust

Glödförlust bestämdes av ALS enligt DIN EN 15169.

2.1.3 Totalt organiskt kol (TOC)

Bestämning av TOC enligt DIN ISO 10694.

2.1.4 Densitet

Bulkdensiteten är ett mått på densiteten hos det våta provet och kallas ibland också för våtdensitet. Formeln för denna är, enligt Håkanson and Jansson (1983) :

$$r = 100 * r_m / (100 + (W + LOI) (r_m - 1))$$

där
r = bulkdensitet (g/cm³ VS),
r_m = densiteten av oorganiska partiklar (g/cm³)
W = vattenhalt (% VS),
LOI = glödningsförlust (% TS).

För ovanstående formel krävs att r_m-värdet är känt. Sedimenten är till största delen uppbyggda av ler och silt med densitet mellan 2,6-2,85 g/cm³ (Håkanson and Jansson, 1983). Då r_m-värdet inte antas påverka r-värdet nämnbart i okonsoliderade (lösa) sediment med mer än 75 % vattenhalt, sätts r_m-värdet som regel till 2,6 g/cm³. Med hjälp av detta kan en enklare formel användas:

$$r = 260 / (100 + 1.60 (W + LOI))$$

2.2 Metaller

Bestämning av metaller enligt ALS analyspaket M-2. Provet har torkats vid 50°C och elementhalterna torrsbstanskorrigeras. Upplösning har skett med salpetersyra och slutbestämning har skett med ICP-SFMS enligt SS EN ISO 17294-1, 2 (mod) samt EPA-metod 200.8 (mod).

2.3 Tennorganiska föreningar

Bestämning har skett enligt metod ISO 23161:2011 med sur extraktion och slutbestämning har skett med GC-ICPMS.

2.4 Bromerade flamskyddsmedel

Bestämning enligt metod DIN EN ISO 22032. Bestämning av terbutryn, isoproturon, irgarol, MCPP (mekoprop) och diuron enligt metod analog med DIN 38407-35. Slutbestämning har skett med GC-MS.

2.5 Klorparaffiner

Bestämning av klorparaffiner enligt ISO 12010. Mätning utfördes med GC-MS.

2.6 Polyklorerade bifenyler

Bestämning av polyklorerade bifenyler PCB (7 kongener) har skett enligt DIN ISO 10382. Slutbestämning har skett med GC-MS.

2.7 Bromerade flamskyddsmedel

Bestämning av Bromerade flamskyddsmedel (BDE28, 47, 99, 100, 153, 154, 209, HBCD) enligt DIN EN ISO 22032.

2.8 Bestämning av terbutryn, isoproturon, irgarol, MCPP, diuron

Bestämning av terbutryn, isoproturon, irgarol, MCPP (mekoprop) och diuron enligt metod analog med DIN 38407-35.

2.9 Polycykliska aromatiska kolväten

Bestämning av polycykliska aromatiska kolväten, PAH (16 föreningar enligt EPA). Mätning utfördes med GC-MS.

PAH cancerogena utgörs av benso(a)antracen, krysen, benso(b)fluoranten, benso(k)fluoranten, benso(a)pyren, dibenso(ah)antracen och indeno(123cd)pyren.

PAH summa M: fluoren, fenantren, antracen, fluoranten och pyren

PAH summa 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)perylen
Enligt direktiv från Naturvårdsverket oktober 2008.

PAH summa 11 utgörs av fenantren, antracen, fluoranten, pyren, benso(a)antracen, krysen, benso(b)fluoranten, benso(k)fluoranten, benso(a)pyren, benso(ghi)perylene och indeno(123cd)pyren. Enligt naturvårdsverkets rapport 4914.

2.10 Perfluorerade karboxylsyror, perfluorerade alkylsulfonater, s perfluoroktansulfonamid

Bestämning av perfluorerade karboxylsyror, perfluorerade alkylsulfonater samt perfluoroktansulfonamid enligt DIN 38414-14.

2.11 PFOS, PFHxS, PFOSA

PFOS, PFHxS och PFOSA; Summan grenade och linjära rapporteras. Mätning utfördes med LC-MS/MS.

REFERENSER

- DeepVision, 2009. DeepEye Sonar System - User's Guide, 8 sid. <http://www.deepvision.se/>
- DrDepth Djupmättningsprogramvara. <http://www.drdepth.se>
- Håkanson, L. and Jansson, M., 1983. Principles of lake sedimentology. Springer-Verlag, Berlin, 316 p.
- Jonsson, P., 1992. Large-scale changes of contaminants in Baltic Sea sediments during the twentieth century. Doctoral thesis at Uppsala university. ISBN 91-554-2997-1.
- Jonsson 2016
- Jonsson, P., 2016. Metaller och organiska miljöföroreningar i sediment i Råcksta Träsk. JP Sedimentkonsult Rapport 2016:1, 38 sid plus bilagor.
- Jonsson, P., Carman, R. and Wulff, F., 1990. Laminated sediments in the Baltic - A tool for evaluating nutrient mass balances. Ambio Vol. 19 No. 3, May 1990, p 152-158.
- Jonsson, P. (Red.), Persson, J. och Holmberg, P., 2003. Skärgårdens bottenar. Naturvårdsverket Rapport 5212, Stockholm, ISBN 91-620-5212-8, ISSN 0282-7298, 112 sid. English summary.
- Persson, J. and Jonsson, P. 2000. Historical development of laminated sediments - an approach to detect soft sediment ecosystem changes in the Baltic Sea. Mar.Pollut. Bull. 40, 122-134.
- Renberg, I., 1981. Formation, structure and visual appearance of iron-rich, varved lake sediments. Verh. Int. Verein. Limnol. 21, 94-101.
- Winterhalter, B., 1998. The Gemax corer for soft sediments, 9 sid. Geological Survey of Finland, Espoo. <http://www.kolumbus.fi/boris.winterhalter/GEMAX.pdf>

BILAGA 2

Protokoll och fotografier från sedimentprovtagning

Vattenstånd i Mälaren: -16 cm

Station L3

Position

WGS-84

Lat 59 19,363

Long 18 02,369

SWEREF99 1800

6578619.715

152248.045

Djup: 20,4 m

Anmärkning: Kraftig oljelukt



Station L7*Position*

WGS-84	Lat 59 19,452	Long 18 02,659
SWEREF99 1800	6578785.133	152523.129

Djup: 16,6 m

Anmärkning: Smågrus/sandinslag i ytan, dock mjukt emellan. Översta 3-4 cm oxiderad olivgrön lergyttja, därunder svartgrå lergyttja ned till 10 cm. Därunder svart oljehaltig lergyttja



Station L9*Position*

WGS-84	Lat 59 19,298	Long 18 02,805
SWEREF99 1800	6578499.299	152661.869

Djup: 18,1 m

Anmärkning: Oxiderad olivgrön lergyttja de översta 2-3 cm, därunder svartgrå lergyttja successivt allt fastare. Kraftig oljelukt.



Station L10*Position*

WGS-84	Lat 59 19,419	Long 18 01,789
SWEREF99 1800	6578723.403	151697.612

Djup: 21,3 m

Anmärkning: 0-3 cm lös oxiderad lergyttja, därunder allt fastare mörk lergyttja.



Station L11*Position*

WGS-84	Lat 59 19,401	Long 18 01,384
SWEREF99 1800	6578661.982	151319.016

Djup: 19,5 m

Anmärkning: 0-2 cm oxiderat recent, därunder fast lera. T-botten.



Station L12*Position*

WGS-84

Lat 59 19,341

Long 18 00,969

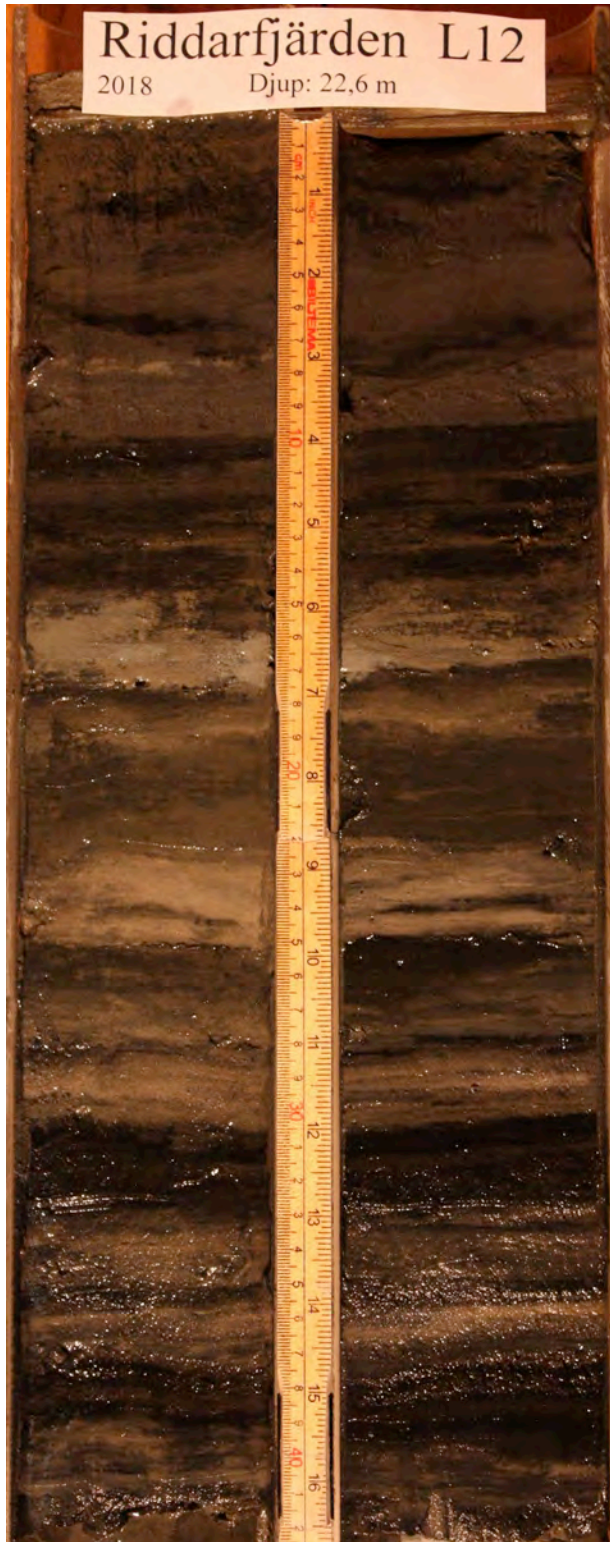
SWEREF99 1800

6578578.314

150919.535

Djup: 22,6 m

Anmärkning: 0-3 cm oxiderad lergyttja, därunder allt mörkare lergyttja.



Station L18*Position*

WGS-84	Lat 59 19,270	Long 18 02,421
--------	---------------	----------------

SWEREF99 1800	6578447.074	152297.495
---------------	-------------	------------

Djup: 10,3 m

Anmärkning: Lös olivgrön successivt allt fastare lergyttja. Mycket kraftig oljelukt.

**Station L19***Position*

WGS-84	Lat 59 19,396	Long 18 03,144
--------	---------------	----------------

SWEREF99 1800	6578681.493	152983.428
---------------	-------------	------------

Djup: 16,6 m

Anmärkning: Oxiderad olivgrön lergyttja de översta 3-4 cm, därunder svartgrå lergyttja successivt allt fastare.



Station R1*Position*

WGS-84	Lat 59 19,397	Long 18 03,605
SWEREF99 1800	6578683.719	153420.881
Djup: 18,4 m		
Anmärkning: Oljelukt.		

**Station R2***Position*

WGS-84	Lat 59 19,518	Long 18 03,348
SWEREF99 1800	6578908.165	153176.819
Djup: 14,7 m		



Station R3*Position*

WGS-84	Lat 59 19,551	Long 18 02,329
SWEREF99 1800	6578968.749	152209.884

Djup: 13,7 m

Anmärkning: Mycket grus/slagg. Ingen Gemini. Endast ytprov taget.

Station R4*Position*

WGS-84	Lat 59 19,439	Long 18 00,8565
SWEREF99 1800	6578760.244	150812.739

Djup: 24,2 m

Anmärkning: Oxiderad yta. 3 Gemini och 2 Ponar. Kraftig oljelukt.



Station R5*Position*

WGS-84
SWEREF99 1800
Djup: 24,5 m

Lat 59 19,133
6578192.058

Long 18 00,614
150582.716



Station R6*Position*

WGS-84	Lat 59 18,896	Long 18 01,653
SWEREF99 1800	6577752.305	151568.961
Djup: 9,0 m		

**Station R7***Position*

WGS-84	Lat 59 19,188	Long 18 00,204
SWEREF99 1800	6578294.136	150193.601
Djup: 22,1 m		



Station R8*Position*

WGS-84

Lat 59 19,756

Long 17 59,520

SWEREF99 1800

6579348.752

149544.595

Djup: 22,2 m

Anmärkning: Oljelukt.



Station R9*Position*

WGS-84

Lat 59 19,612

Long 17 59,239

SWEREF99 1800

6579081.431

149277.943

Djup: 21,2 m

**Station R10***Position*

WGS-84

Lat 59 19,549

Long 18 02,824

SWEREF99 1800

6578965.338

152679.57

Djup: 7,2 m

Anmärkning: Grus i Gemini, ingen kärna. Endast ytsediment med ponar.

Station R11*Position*

WGS-84

Lat 59 19,318

Long 18 03,459

SWEREF99 1800

6578536.919

6578536.919

Djup: 13,7 m

Anmärkning: Hårt. Rör åkt upp i Gemini. Inget prov.

Station R12*Position*

WGS-84	Lat 59 19,612	Long 18 01,820
SWEREF99 1800	6579081.755	151726.865

Djup: 10,8 m

Beskrivning: Mycket grus. Ingen Gemini, bara ytsediment med Ponar.



	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V	W	X	Y	Z	AA	AB	AC	AD	AE	AF
1	From: ALS Scandinavia AB																															
2	To: Stockholms Miljöförvaltnng																															
3	Program: JORD																															
4	Ordernumber: T1828416 (INK3169000542; Riddarfjärden)																															
5	Report created: 2018-10-23																															
6																																
7	ELEMENT	SAMPLE	L7 (0-2)	L9 (0-2)	L10 (0-2)	L11 (0-2)	L12 (0-2)	L18 (0-2)	L19 (0-2)	R1 (0-2)	R2 (0-2)	R3 (0-2)	R6 (0-2)	R7 (0-2)	R9 (0-2)	R10 (0-2)	R12 (0-2)	L3 (0-2)	L3 (5-10)	L3 (10-15)	L3 (15-20)	L3 (20-25)	L3 (25-30)	L3 (30-35)	L3 (35-40)	L3 (40-45)	L3 (45-50)	L3 (50-55)	L3 (55-60)	R4 (0-2)	R4 (5-10)	R4 (10-15)
8	Sampling Date																															
9	TS, 105°C	%	21.4	15.5	25.3	39.7	15.2	19.9	20.3	17.1	20.1	21.1	28.4	15.3	19.2	52.4	38.1	14	18.9	20.6	21	22.1	22.2	27.7	30.7	28.1	26.8	34.6	34.5	13.8	15.2	16
10	As	mg/kg TS	4.33	6.08	5.28	4.66	6.13	8.43	5.04	5.53	4.47	3.83	7.3	6.51	4.18	1.63	2.25	6.88	10.2	10.5	10.2	13.6	14.7	19	19.6	20.7	18.2	13.2	13	6.18	7.05	8.83
11	Cd	mg/kg TS	1.12	1.4	0.762	0.768	1.12	2.28	1.52	1.16	1.35	1.5	2.51	1.02	0.945	0.256	1.6	1.27	2.62	4.06	5.48	7.65	6.52	9.31	9.89	4.25	2.87	1.63	1.96	0.975	1.15	1.66
12	Co	mg/kg TS	12.9	15.2	21.3	10.2	16.4	17.9	14.7	14.7	14.9	14.6	13	15.5	14.4	11.4	9.29	17.8	20.1	17.3	14.7	15.4	16.5	15.1	14	17.4	15	17.5	16.3	15.1	17.2	19.9
13	Cr	mg/kg TS	57.1	65.4	88.6	39.4	59.9	73	66.6	62.4	61.4	69.3	46.8	61.8	53.5	32.4	47.7	71.2	100	131	147	162	134	80.8	79.1	75.6	63.2	68.3	66	57	63	75.6
14	Cu	mg/kg TS	114	163	236	74.4	110	406	147	137	146	131	220	109	98.3	58.5	121	195	247	286	509	452	485	360	428	373	324	181	198	113	127	162
15	Hg	mg/kg TS	0.613	0.914	0.768	0.826	0.622	2.29	0.982	0.944	1.17	1.33	2.95	0.504	0.397	0.21	1.82	1.05	2.21	2.94	5.67	6.54	6.49	7.07	6.96	6.61	9.13	6.77	10.9	0.587	0.691	1
16	Ni	mg/kg TS	36	41.7	163	25.8	46.3	46.9	41.3	40.2	38.7	38.4	37.9	43.4	35.6	22.6	25.4	47.7	64.4	66.9	56.6	63.6	62.6	50.6	48.2	52.5	45.2	42.6	40.4	43.3	49.4	56.6
17	Pb	mg/kg TS	98.5	160	330	90.6	118	305	138	136	120	169	194	109	73.4	39.1	118	170	341	415	468	507	572	438	464	467	502	323	405	106	131	185
18	V	mg/kg TS	52.4	62.6	39.4	38.1	65.3	51.6	59.7	59.5	56.5	57.5	41.6	62.1	55.7	37.8	34.8	65.2	76.7	85.9	70.6	65.6	68.2	61.3	57.7	75.2	63.5	75.5	67.1	61.7	69.3	77.1
19	Zn	mg/kg TS	332	494	596	335	404	721	409	431	405	413	679	385	331	138	303	485	678	792	858	1110	1220	1140	1480	1630	1260	680	708	379	414	497
20	Aq	mg/kg TS	1.89	2.56	1.24	1.94	1.89	1.87	3.21	2.68	2.84	2.13	3.65	2.18	1.82	0.508	2.47	2.9	5.73	10.9	14.1	20.4	16.6	14	23.2	15.2	12.3	4.27	4.24	1.99	2.5	3.76
21	Fe	mg/kg TS	29800	34200	33800	22600	37700	35600	32700	34200	32700	31800	32800	39100	32200	24400	20200	38500	42500	39500	47600	55300	42200	41100	52100	42000	48600	41000	35800	39200	44800	
22	P	mg/kg TS	915	1220	1490	939	1880	1660	1060	1240	1140	1150	1770	2330	1110	487	793	1820	1690	1710	1320	1250	1220	949	948	1200	1120	1020	1020	1600	1610	1560
23	S	mg/kg TS	2220	2880	1460	2500	2620	2370	3060	2930	1970	1780	1880	2900	3690	1390	1240	3120	6210	9090	9600	15000	17000	14700	16700	15800	14300	10700	9560	2750	3790	6420
24	Sn	mg/kg TS	11.3	17.5	11.2	14.3	14	29	17.8	18.2	19.9	14	31	12.6	9.9	5.94	16.5	17.4	27.4	34.6	41.4	54.3	62.2	52	86.6	77	99	63.6	72.5	14.3	13.8	18.8
25	gloddförlost	% av TS	12.7	15.7	11.3	8.2	17	16.4	13.7	14.8	12.5	13.3	12.9	16	12.4	5.3	8.5	14.1	13.4	13.2	12.4	13.6	13	13.8	12.8	12.8	14.5	8.2	10.1	13.9	12.9	13.2
26	TOC	% av TS	5.3	5.1	3.8	2.3	5.2	6.2	4.6	4.8	4.5	4.8	5.6	4.9	3.9	2	4.2	6.2	6.1	6.4	6.1	6.6	6.2	6.4	6.4	6.3	7.1	3.8	4.9	5.5	5.4	5.4
27	tryckstörning	ja	ja	ja	ja	ja	ja	ja	ja	ja	ja	ja	ja	ja	ja	ja	ja	ja	ja	ja	ja	ja	ja	ja	ja	ja	ja	ja	ja	ja	ja	ja
28	TS, 105°C	%	17.2	13.9	21.3	26.4	12.8	16.4	16.7	14	19	16.3	21.6	14.1	17.4	24.2	93	17.6	19.7	22.1	21.7	21.7	28	30.1	26.9	26.7	33.5	32.7	13.5	14.8	15.9	
29	naftalen	mg/kg TS	0.12	0.12	0.091	0.28	0.11	0.37	0.11	0.12	0.17	0.16	0.74	0.07	0.051	0.081	0.13	0.2	0.36	0.74	0.66	0.59	1.5	2.4	1.8	1	1.8	0.63	1.3	1.4	0.071	0.089
30	acenafylen	mg/kg TS	0.059	0.064	0.059	0.14	0.055	0.4	0.079	0.071	0.11	0.093	0.4	0.041	0.029	0.045	0.1	0.17	0.32	0.55	0.66	1.2	0.89	0.96	0.57	0.46	0.96	0.24	0.33	0.072	0.05	0.061
31	acenafeten	mg/kg TS	0.071	0.062	0.057	0.1	0.036	0.46	0.085	0.047	0.067	0.25	0.32	0.017	0.014	0.046	0.056	0.19	0.33	0.5	0.56	0.84	0.73	0.77	0.45	0.47	0.69	0.27	0.38	0.024	<0.020	0.024
32	fluoren	mg/kg TS	0.08	0.1	0.089	0.22	0.071	0.51	0.11	0.084	0.1	0.47	0.51	0.045	0.034	0.068	0.13	0.24	0.48	0.82	1	2	1.6	1.9	1	0.8	1.3	0.33	0.56	0.058	0.044	0.059
33	fenantren	mg/kg TS	0.52	0.58	0.58	1.2	0.41	3.6	0.65	0.47	0.67	2.6	3.5	0.23	0.16	0.33	0.85	1.7	3.5	5.2	7	16	12	14	7.4	5.5	12	3.7	5.7	0.26	0.22	0.29
34	antracen	mg/kg TS	0.19	0.22	0.22	0.57	0.14	1.3	0.23	0.2	0.27	0.75	1.3	0.097	0.07	0.12	0.42	0.56	1.1	1.8	2.2	5.1	3.6	4.1	2	1.5	3.7	1	1.7	0.12	0.077	0.12
35	fluoranten	mg/kg TS	1.1	1.3	1.3	2.8	0.91	8.7	1.5	0.99	1.4	3.1	6.9	0.53	0.37	0.56	1.8	4.4	7.3	12	14	34	21	25	13	9.4	21	6.5	8.1	0.57	0.51	0.66
36	pyren	mg/kg TS	0.94	1.1	1.2	2.4	0.8	7	1.3	0.86	1.3	2.5	5.8	0.45	0.34	0.47	1.4	3.5	5.7	9.4	17	18	16	18	9.5	7	17	6.1	6.3	0.49	0.38	0.48
37	bens(a)antracen	mg/kg TS	0.59	0.74	0.87	1.6	0.51	5.3	0.89	0.57	0.87	1.8	4.4	0.29	0.21	0.32	1.1	2.6	4.1	7.1	8.3	24	12	13	6.3	4.4	9.5	2.8	3.5	0.32	0.29	0.37
38	krysen	mg/kg TS	0.56	0.69	0.78	1.4	0.51	4.9	0.79	0.59	0.72	1.6	3.9	0.28	0.2	0.29	1	2.3	3.7	6.1	8	23	13	12	6.5	4.6	10	2.9	3.7	0.31	0.27	0.36
39	bens(b)fluoranten	mg/kg TS	0.75	0.84	0.9	1.3	0.56	5.3	0.91	0.67	0.93	1.6	4.2	0.37	0.32	0.37	1.1	2.4	4.1	6	8	20	12	9.4	6.1	4.9	10	2.9	3.5	0.44	0.4	0.58
40	bens(k)fluoranten	mg/kg TS	0.36	0.5	0.46	0.79	0.32	2.7	0.56	0.37	0.56	0.83	2.3	0.2	0.15	0.22	0.63	1.4	2.2	3.7	4	12	6	6.2	3.4	2.7	5.5	1.7	1.9	0.22	0.19	0.27
41	bens(a)pyren	mg/kg TS	0.66	0.83	0.77	1.4	0.5	5.3	0.93	0.63	0.96	1.5	4.5	0.31	0.23	0.35	1.1	2.6	4	6.8	7.8	22	11	11	5.3	3.9	9	2.8	3.4	0.33	0.32	0.4
42	di(bens(a)h)antracen	mg/kg TS	0.12	0.15	0.16	0.27	0.15	0.8	0.21	0.17	0.21	0.31	0.6	0.1	0.083	0.078	0.24	0.66	1	1.8	2.1	6.2	2.9	3	1.7	1.3	0.22	0.75	0.93	0.1	0.1	0.13
43	bens(g,h)perylen	mg/kg TS	0.54	0.73	0.73	1.4	0.79	4.2	0.93	0.78	0.96	1.3	3.2	0.45	0.35	0.31	1	3	5.2	5.9	16	7.9	8.6	5	4.2	10	3	3.4	0.37	0.38	0.48	
44	indeno(1,2,3-cd)pyren	mg/kg TS	0.43	0.57	0.57	1.1	0.56	3.1	0.77	0.63	0.76	1	2.3	0.38	0.3	0.26	0.83	2.4	3.7	6.4	7.4	20	10	11	6.1	5	12	3.3	3.9	0.39	0.41	0.52
45	PAH, summa 16	mg/kg TS	7	8.5	8.8	17	6.4	54	10	7.2	9.9	20	44	3.8	2.9	3.9	12	27	45	74	88	230	130	140	76	57	120	38	48	4.1	3.7	4.9
46	PAH, summa cancerogena	mg/kg TS	3.5	4.3	4.5	7.9	3.1	27	5.1	3.6	5	8.6	22	1.9	1.5	1.9	6	14	23	38	46	130	67	66	35	27	56	17	21	2.1	2	2.6
47	PAH, summa övriga																															

	A	B	AG	AH	AI	AJ	AK	AL	AM	AN	AO	AP	AQ	AR	AS	AT	AU	AV	AW	AX	AY	AZ	BA	BB	BC	BD	BE	BF	BG
1	From: ALS Scandinavia AB																												
2	To: Stockholms Miljöförvaltnng																												
3	Program: JORD																												
4	Ordernumber: T1828416 (INK3169000542; R																												
5	Report created: 2018-10-23																												
6																													
7	ELEMENT	SAMPLE	R4 (15-20)	R4 (20-25)	R4 (25-30)	R4 (30-35)	R4 (35-40)	R4 (40-45)	R4 (45-50)	R4 (50-55)	R5 (0-2)	R5 (5-10)	R5 (10-15)	R5 (15-20)	R5 (20-25)	R5 (25-30)	R5 (30-35)	R5 (35-40)	R5 (40-45)	R5 (45-50)	R8 (0-2)	R8 (5-10)	R8 (10-15)	R8 (15-20)	R8 (20-25)	R8 (25-30)	R8 (30-35)	R8 (35-40)	R8 (40-45)
8	Sampling Date																												
9	TS 105°C	%	16,2	15,7	29,7	38,5	29,9	40,9	34,2	46,7	12,9	14,2	16,4	18,4	17	19,4	19,6	19,6	19,9	19,2	14,2	17,4	21,6	18,5	18,6	27,1	21,6	23	23,6
10	As	mg/kg TS	9,02	10,6	10,5	7,14	7,07	6,27	12,5	4,57	7,3	21	15,4	9,85	11,9	10,2	12,1	13,3	15	13,6	6,04	6,38	6,82	8,3	7,69	6,67	10,6	9,21	11,4
11	Cd	mg/kg TS	1,93	2,44	2,52	1,36	2,36	1,66	5,07	1,35	1,08	2,02	1,9	2,02	2,83	2,73	3,53	4,58	6,24	7,1	1,16	1,33	1,56	2,11	2,42	2,13	4,15	6,24	6,65
12	Co	mg/kg TS	20,8	23,3	20,7	13,8	14,5	14,3	16,4	10,4	15,1	18,6	18,1	18,9	21,7	19,8	20,8	21,8	18,4	16,8	17,3	17,5	17,2	19,3	23,9	17,7	22,7	18	18,6
13	Cr	mg/kg TS	82,4	92,1	58	49,8	81,6	54,3	89,7	49,4	60,8	67,3	72,7	76,2	87,4	86,3	99,4	110	140	160	73,4	75,1	76,1	91,3	98,8	87,6	145	247	193
14	Cu	mg/kg TS	17,5	19,6	140	90,8	157	147	216	144	126	236	175	179	226	211	247	291	363	505	136	143	161	194	220	159	277	404	537
15	Hg	mg/kg TS	1,18	1,39	0,853	0,846	1,29	0,872	2,15	0,814	0,667	1,44	1,34	1,47	1,78	1,61	2,25	2,76	3,33	3,8	0,557	0,533	0,734	0,986	1	0,811	1,52	2,21	3,24
16	Ni	mg/kg TS	61,4	71,8	242	121	65,7	90,5	46	25,1	43,8	47	48,3	49,6	57,3	54,4	62	67,8	74	60,4	45,9	46,6	44,6	52,6	56	49,8	76,5	66,2	66,5
17	Pb	mg/kg TS	218	261	231	134	168	127	244	84,7	130	305	232	213	290	249	294	340	380	351	99,5	114	139	187	197	173	320	370	274
18	V	mg/kg TS	76,3	88	313	208	104	130	73,3	48,3	65,1	69,3	70,6	69,5	76,6	70,6	85,1	94,7	113	90,2	74,4	72,3	69,7	76,2	76,1	70,1	102	88,8	76,4
19	Zn	mg/kg TS	510	572	405	305	427	262	1430	379	434	597	532	566	681	636	767	885	1110	1190	468	455	426	525	528	435	678	726	872
20	Ag	mg/kg TS	4,78	6,73	2,47	1,55	4,96	2,12	4,38	1,46	1,85	2,84	3,33	4,27	5,8	5,55	6,13	7,65	9,22	12,3	2,74	3,13	4,06	5,79	6,9	5,38	12	21,4	23,2
21	Fe	mg/kg TS	44000	48300	36400	32200	36900	33600	51000	30200	40300	42700	42600	42200	48200	43800	50500	52300	54800	53400	41700	41200	39300	43200	45000	42000	49300	46300	54700
22	P	mg/kg TS	1460	1570	1640	1030	944	989	2800	976	1800	1870	2000	1990	2000	1990	2670	2110	2740	2660	1630	1800	1560	1490	1890	1590	1960	1490	1320
23	S	mg/kg TS	6430	7170	3140	2820	6700	6600	5650	2380	3720	4720	4100	4520	7710	5150	7070	9110	9900	8300	3220	3680	4820	7220	7680	6120	15700	14400	15700
24	Sn	mg/kg TS	21,9	25,8	14,9	9	18,7	9,53	41,3	11	14,2	16,9	18	22,3	26,3	26,6	30,6	37	40,8	51,4	14,1	14,2	16,7	19,4	21,2	17	33,5	43,3	44,7
25	gloddförlost	% av TS	13,7	12,9	13,1	9,7	8,1	7,9	8,1	3,7	13,5	12,5	12	13	12,6	13,5	12,9	14,1	15,1	13,5	14,2	13,4	11,9	13,1	13,2	11,4	13,8	12,8	12,2
26	TOC	% av TS	5,3	5,7	11	8,9	5,3	5,3	4	1,7	6	5,5	5,2	5,4	5,8	5,5	5,5	6,3	6,6	5,5	5,6	5,2	4,9	5,5	5,2	4,9	5,7	5,4	5
27	trystorkning	ja	ja	ja	ja	ja	ja	ja	ja	ja	ja	ja	ja	ja	ja	ja	ja	ja	ja	ja	ja	ja	ja	ja	ja	ja	ja	ja	ja
28	TS 105°C	%	17,4	15,1	1	29,8	28,1	37,9	34,2	49,3	13,5	14,4	16,2	0,4	17,4	19,3	20,8	18,1	19,2	22,1	13,4	17,4	20,9	19	21,9	22,5	24,1	23,2	
29	naftalen	mg/kg TS	0,12	0,12	0,14	0,16	0,23	0,11	0,25	0,071	0,13	0,18	0,17	0,27	0,26	0,18	0,3	0,41	0,48	0,31	<0,020	0,067	0,078	0,086	0,086	0,051	0,14	0,11	0,68
30	acenafylen	mg/kg TS	0,072	0,068	0,045	0,075	0,13	0,045	0,17	0,054	0,057	0,1	0,1	0,15	0,096	0,068	0,1	0,13	0,15	0,19	0,045	0,046	0,058	0,066	0,067	0,076	0,14	0,21	0,34
31	acenafeten	mg/kg TS	0,039	0,037	0,046	0,09	0,11	0,067	0,14	0,03	0,022	0,039	0,047	0,1	0,081	0,073	0,15	0,25	0,41	0,24	0,013	0,017	0,021	0,027	0,047	0,083	0,23	0,4	0,84
32	fluoren	mg/kg TS	0,08	0,078	0,069	0,13	0,26	0,14	0,42	0,078	0,063	0,1	0,098	0,14	0,14	0,12	0,22	0,38	0,6	0,55	0,04	0,044	0,052	0,062	0,083	0,14	0,34	1,2	2,6
33	fenantrén	mg/kg TS	0,37	0,38	0,28	0,69	1,3	1	3	0,59	0,29	0,56	0,54	0,64	0,72	0,63	1	1,5	2,2	2,4	0,18	0,22	0,26	0,29	0,34	0,58	1,2	3,8	15
34	antracen	mg/kg TS	0,16	0,16	0,14	0,22	0,4	0,21	0,66	0,13	0,12	0,21	0,21	0,25	0,25	0,21	0,33	0,43	0,64	0,65	0,086	0,1	0,12	0,14	0,14	0,22	0,33	0,56	4,8
35	fluoranten	mg/kg TS	0,83	0,84	0,45	1	1,9	0,75	3,3	1	0,61	1,3	1,2	1,4	1,4	1,2	1,9	2,6	3,3	4	0,42	0,5	0,62	0,69	0,72	1,4	2	3,9	16
36	pyren	mg/kg TS	0,74	0,71	0,39	0,82	1,5	0,58	1,6	0,64	0,51	0,95	0,89	1,2	1,1	0,99	1,6	2,2	2,7	3,1	0,39	0,45	0,56	0,65	0,7	1,3	1,7	3,2	6,4
37	bens(a)antracen	mg/kg TS	0,51	0,48	0,26	0,51	1,2	0,31	1,6	0,35	0,33	0,64	0,71	0,79	0,74	0,64	1,1	1,4	1,9	3	0,26	0,29	0,35	0,4	0,41	1	1	2,3	6,4
38	krysen	mg/kg TS	0,5	0,48	0,3	0,48	1,2	0,33	1,6	0,43	0,35	0,63	0,72	0,73	0,76	0,7	1,1	1,4	2	3,3	0,26	0,29	0,35	0,41	0,48	1,1	1,1	2,5	5,6
39	bens(b)fluoranten	mg/kg TS	0,81	0,77	0,29	0,63	1,6	0,34	2,4	0,41	0,45	0,64	1	0,85	1	0,96	1,5	1,9	2,4	3,5	0,45	0,47	0,58	0,71	0,71	1,8	1,5	3,4	5
40	bens(k)fluoranten	mg/kg TS	0,36	0,35	0,14	0,28	0,71	0,18	1,1	0,21	0,21	0,4	0,45	0,47	0,51	0,42	0,71	1	1,2	1,8	0,2	0,22	0,27	0,31	0,34	0,77	0,77	1,7	2,7
41	bens(a)pyren	mg/kg TS	0,53	0,53	0,19	0,49	1,1	0,29	1,6	0,27	0,34	0,57	0,68	0,72	0,83	0,71	1,1	1,5	1,9	2,7	0,3	0,34	0,38	0,48	0,47	1,2	1	2	4,5
42	dbens(ah)antracen	mg/kg TS	0,16	0,15	0,049	0,13	0,26	0,076	0,43	0,076	0,093	0,15	0,18	0,18	0,27	0,22	0,35	0,44	0,069	0,91	0,11	0,13	0,16	0,19	0,19	0,43	0,37	0,83	1,3
43	bens(ghi)pyren	mg/kg TS	0,53	0,49	0,14	0,42	0,74	0,23	1,3	0,2	0,33	0,5	0,62	0,6	0,97	0,78	1,2	1,5	1,9	2,7	0,41	0,49	0,59	0,7	0,69	1,5	1,2	2,6	3,6
44	indeno(123cd)pyren	mg/kg TS	0,6	0,57	0,14	0,46	0,88	0,25	1,7	0,26	0,36	0,58	0,69	0,67	1,1	0,9	1,4	1,8	2,2	3,3	0,41	0,53	0,63	0,74	0,74	1,7	1,4	3,1	4,5
45	PAH, summa 16	mg/kg TS	6,3	6,1	3	6,5	13	4,8	22	4,7	4,2	7,4	8,2	9	10	8,7	14	19	24	32	3,5	4,2	5	5,9	6,2	13	14	32	85
46	PAH, summa cancerogena	mg/kg TS	3,5	3,3	1,4	3	7	1,8	10	2	2,1	3,6	4,4	4,4	5,2	4,6	7,3	9,4	12	19	2	2,3	2,7	3,2	3,3	8	7,1	16	30
47	PAH, summa övriga	mg/kg TS	2,9	2,9	1,7	3,6	6,6	3,1	12	2,8	2,1	3,9	3,9	4,8	5	4,3	6,8	9,4	12	14	1,6	1,9	2,4	2,7	2,9	5,4	7,3	16	55
48	PAH, summa L	mg/kg TS	0,23	0,23	0,23	0,33	0,47	0,22	0,56	0,16	0,21	0,32	0,32	0,52	0,44	0,32	0,55	0,79	1	0,74	0,058	0,13	0,16	0,18	0,2	0,21	0,51	0,72	1,9
49	PAH, summa M	mg/kg TS	2,2	2,2	1,3	2,9	5,4	2,7	9,7	2,4	1,6	3,1	3	3,6	3,6	3,2	5,1	7,1	9,4	11	1,1	1,3	1,6	1,8	2	3,6	5,6	13	49
50	PAH, summa H	mg/kg TS	4	3,8	1,5	3,4	7,7	2	12	2,2	2,5	4,1	5,1	5	6,2	5,3	8,5	11	14	21	2,4	2,8	3,3	3,9	4	9,5	8,3	18	34
5																													

	A	B	BH
1	From: ALS Scandinavia AB		
2	To: Stockholms Miljöförvaltning		
3	Program: JORD		
4	Ordernumber: T1828416 (INK3169000542; R		
5	Report created: 2018-10-23		
6			
7	ELEMENT	SAMPLE	R8 (45-50)
8	Sampling Date		
9	TS_105°C	%	43.4
10	As	mg/kg TS	8.02
11	Cd	mg/kg TS	1
12	Co	mg/kg TS	18.1
13	Cr	mg/kg TS	73.6
14	Cu	mg/kg TS	106
15	Hg	mg/kg TS	0.813
16	Ni	mg/kg TS	42.7
17	Pb	mg/kg TS	143
18	V	mg/kg TS	71.6
19	Zn	mg/kg TS	268
20	Ag	mg/kg TS	1.73
21	Fe	mg/kg TS	45600
22	P	mg/kg TS	824
23	S	mg/kg TS	9010
24	Sn	mg/kg TS	9.62
25	glödförlust	% av TS	6.4
26	TOC	% av TS	2.2
27	tvystörkning		1a
28	TS_105°C	%	43.6
29	naftalen	mg/kg TS	0.2
30	acenafylen	mg/kg TS	0.056
31	acenaften	mg/kg TS	0.1
32	fluoren	mg/kg TS	0.21
33	fenantren	mg/kg TS	0.76
34	antracen	mg/kg TS	0.18
35	fluoranten	mg/kg TS	0.63
36	pyren	mg/kg TS	0.43
37	bens(a)antracen	mg/kg TS	0.23
38	krysen	mg/kg TS	0.26
39	bens(b)fluoranten	mg/kg TS	0.29
40	bens(k)fluoranten	mg/kg TS	0.15
41	bens(a)pyren	mg/kg TS	0.22
42	dlbens(ah)antracen	mg/kg TS	0.068
43	bens(ghi)perylen	mg/kg TS	0.23
44	indeno(123cd)pyren	mg/kg TS	0.26
45	PAH, summa 16	mg/kg TS	4.2
46	PAH, summa cancerogena	mg/kg TS	1.5
47	PAH, summa övriga	mg/kg TS	2.8
48	PAH, summa L	mg/kg TS	0.36
49	PAH, summa M	mg/kg TS	2.2
50	PAH, summa H	mg/kg TS	1.7
51	PAH, summa 11	mg/kg TS	3.6
52	monobutyltenn	µg/kg TS	<1
53	dibutyltenn	µg/kg TS	<1
54	tributyltenn (TBT)	µg/kg TS	<0.2
55	tetrabutyltenn	µg/kg TS	<1
56	monooktyltenn	µg/kg TS	<1
57	dioctyltenn	µg/kg TS	<1
58	tricyklohexyltenn	µg/kg TS	<1
59	monofenyltenn	µg/kg TS	<1
60	difenyltenn	µg/kg TS	<1
61	trifenyltenn	µg/kg TS	<1
62	PCB 28	mg/kg TS	0.0008
63	PCB 52	mg/kg TS	0.0098
64	PCB 101	mg/kg TS	0.0083
65	PCB 118	mg/kg TS	0.0052
66	PCB 138	mg/kg TS	0.0049
67	PCB 153	mg/kg TS	0.0049
68	PCB 180	mg/kg TS	0.0012
69	PCB, summa 7	mg/kg TS	0.035
70	BDE 28	µg/kg TS	<0.050
71	BDE 47	µg/kg TS	<0.050
72	BDE 99	µg/kg TS	<0.060
73	BDE 100	µg/kg TS	<0.060
74	BDE 153	µg/kg TS	<0.050
75	BDE 154	µg/kg TS	<0.050
76	BDE 209 (DeBDE)	µg/kg TS	0.22
77	hexabromcyklododekan(HBCD)	µg/kg TS	<50
78	terbutryn	mg/kg TS	
79	irgarol (cybutryn)	mg/kg TS	
80	isoproturon	mg/kg TS	
81	MCPP (mekoprop)	mg/kg TS	
82	diuron	mg/kg TS	
83	klorparaffiner C10-C13 (SCCP)	mg/kg TS	
84	klorparaffiner C14-C17 (MCCP)	mg/kg TS	

	A	B	C	D	E	F	G
1	From: ALS Scandinavia AB						
2	To: Stockholms Miljöförvaltning						
3	Program: JORD						
4	Ordernumber: T1829618 (INKxx; Riddarfjärden)						
5	Report created: 2018-10-24						
6							
7	ELEMENT	SAMPLE	L3 (0-2) PFAS	R4 (0-2) PFAS	R5 (0-2) PFAS	R8 (0-2) PFAS	Å9 (0-2) PFAS
8	Sampling Date						
9	TS_105°C	%	12,3	17,1	15,8	16,2	15,2
10	PFBA perfluorbutansyra	mg/kg TS	<0.0020	<0.0020	<0.0020	<0.0020	<0.0010
11	PFPeA perfluorpentansyra	mg/kg TS	<0.0020	<0.0010	<0.0020	<0.0020	<0.0010
12	PFHxA perfluorhexansyra	mg/kg TS	<0.0020	<0.0010	<0.0020	<0.0010	<0.0010
13	PFHpA perfluorheptansyra	mg/kg TS	<0.0020	<0.0010	<0.0020	<0.0010	<0.0010
14	PFOA perfluoroktansyra	mg/kg TS	<0.0020	<0.0010	<0.0020	<0.0010	<0.0010
15	PFNA perfluornonansyra	mg/kg TS	<0.0020	<0.0010	<0.0020	<0.0010	<0.0010
16	PFDA perfluordekansyra	mg/kg TS	<0.0020	<0.0010	<0.0020	<0.0010	<0.0010
17	PFUnDA perfluorundekansyra	mg/kg TS	<0.0020	<0.0010	<0.0020	<0.0010	<0.0010
18	PFDoDA perfluordodekansyra	mg/kg TS	<0.0020	<0.0010	<0.0020	<0.0010	<0.0010
19	PFBS perfluorbutansulfonsyra	mg/kg TS	<0.0020	<0.0010	<0.0020	<0.0010	<0.0010
20	PFHxS perfluorhexansulfonsyra	mg/kg TS	<0.0020	<0.0010	<0.0020	<0.0010	<0.0010
21	PFOS perfluoroktansulfonsyra	mg/kg TS	<0.0020	0,0024	<0.0020	0,0016	<0.0010
22	PFDS perfluordekansulfonsyra	mg/kg TS	<0.0020	<0.0010	<0.0020	<0.0010	<0.0010
23	FOSA perfluoroktansulfonamid	mg/kg TS	<0.010	<0.0020	<0.0030	<0.0030	<0.010
24	6:2 FTS fluortelomersulfonat	mg/kg TS	<0.0020	<0.0010	<0.0020	<0.0010	<0.0010