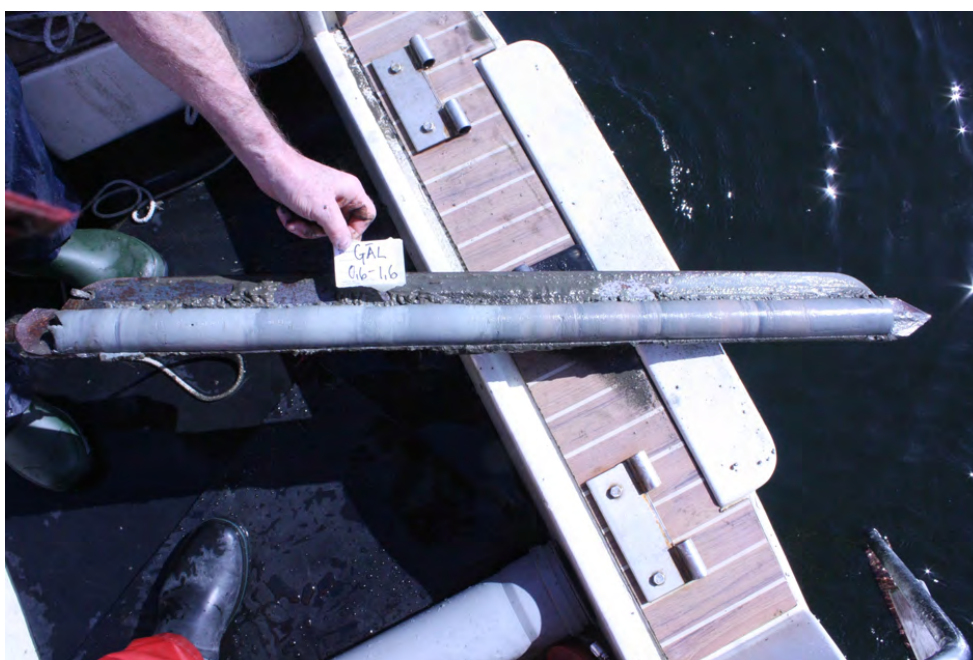


# Sedimentkonsult HB

## Regionala bakgrundshalter av metaller, PAH-er och dioxiner/furaner i Stockholmsområdet

av

Per Jonsson



### Mottagare:

Stockholms Stad  
Miljöförvaltningen

Sollenkroka den 1 oktober 2018

JP Sedimentkonsult Rapport 2018:5

---

Adress	Telefon	Postgiro	Bankgiro	Org.nr
JP Sedimentkonsult HB Västernäsvägen 17 070-5208057 130 40 Djurhamn per@jpsedimentkonsult.se www.jpsedimentkonsult.se	08-57163744	219638-4	5943-4704	969720-0815

**Innehållsförteckning**

SAMMANFATTNING	3
1 Uppdrag och syfte	4
1.1 Beställare	4
1.2 Bakgrund	4
1.3 Syfte	4
2 Analys och metoder	4
2.1 Utrustning	4
2.1.1 Provtagningsbåten R/V Perca	5
2.1.2 Positionering	5
2.1.3 Djupmätning	5
2.1.4 Kartering med side scan sonar	5
2.1.5 Sedimentprovtagning	6
2.1.5.1 Sedimentprovtagare	7
2.1.5.1.1 Jonsson-hämtaren	7
2.1.5.1.2 Rysskannborr	8
2.1.5.2 Provhantering	10
2.1.5.3 Dokumentation av sedimentkärnor	10
2.1.5.4 Provuttag	10
3.2.1 Positionering	10
3.2.2 Djupmätning	10
3.3 Analyser	11
4 Områdesbeskrivning	12
4.1 Mälaren – Långtarmen	12
4.1.1 Menhammarsviken	12
4.1.2 Älvnäsviken	13
4.2 Stockholms skärgård	13
4.2.1 Byviken vid Gällnö	14
4.2.2 Vämlingen vid Vindö	15
4.3 Magelungen	15
5 Metoder för klassning av metallhalter	16
6 Resultat	16
6.1 Fältprotokoll och bilder	16
6.2 Sedimenttillväxt	17
6.2.1 Mälaren	17
6.2.2 Sjöar i Stockholmsområdet	17
6.2.3 Stockholms skärgård	17
6.2.4 Insamlade djupprovers ålder	17
6.3 Metallhalter	18
6.3 Val av klassningsmetod för Stockholmsområdets sediment	19
6.4 Organiska ämnen	20
6.4.1 Polyaromatiska kolväten	22
6.4.2 Polyklorerade dioxiner och furaner	23
REFERENSER	24
Bilaga 1	
Bilaga 2	

## SAMMANFATTNING

JP Sedimentkonsult HB har av Stockholms Stad fått i uppdrag att fastställa den regionala bakgrunden för metaller, polyaromatiska kolväten (PAH-er) och polyklorerade dibensodioxiner/furaner (PCDD/F) i Stockholmsområdet. Eftersom sedimenthalterna av metaller i olika delar av landet är beroende av de lokala/regionala halterna i berggrund och lösa avlagringar är det fördelaktigt 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.

Fältarbetena utfördes i april-maj 2018 på två stationer i Långtarmen i östra Mälaren, i skärgårdsfjärdarna Vämlingen vid Vindö och Byviken vid Gällnö samt på två stationer i insjön Magelungen. Innan sedimentprovtagning genomfördes, karterades de olika undersökningsområdena med side scan sonar. På alla stationer utfördes sedan provtagning av sedimentkärnor på mellan 2,5 och 3,2 meters vattendjup. Prover uttogs på ytsediment (0-10 cm) och på djupsediment på mellan 90 och 250 cm för analys av metaller och miljögifter. Vid provuttag kombinerades proverna från kärnorna för att erhålla tillräckligt material på varje nivå för det kemisk/fysikaliska analysprogrammet.

Samtliga prover har analyserats av ALS Scandinavia AB med avseende på metaller, polyaromatiska kolväten (PAH-er) och polyklorerade dibensodioxiner/furaner (PCDD/F).

Utifrån litteraturdata över sedimenttillväxt som uppmätts i Stockholmsområdet har vi räknat med en genomsnittlig tillväxt på 4 mm/år. Detta innebär att prover uttagna på 90-120 cm är äldre än 225-300 år och att proverna från 150-250 cm är äldre än 375-625 år. Om hänsyn tas till att kompaktionen (sammanpressningen) av sedimentet ökar med ökat sedimentdjup är den troliga åldern ännu större. Proverna från de kortare kärnorna (Älvnäsviken, Menhammarsviken och Byviken) representerar således sannolikt tiden före år 1600. De längre kärnornas djupsediment (Vämlingen och Magelungen) motsvarar sålunda sannolikt tiden före år 1400.

De genom provtagningar i Stockholmsområdet erhållna regionala bakgrundsvärdena är genomgående högre än jämförvärdena från NV Rapport 4914, utom vad gäller arsenik och bly, som är lägre än den riksomfattande sammanställningen i NV-rapporten. Kopparhalten är drygt dubbelt så hög och kadmiumhalten är knappt dubbelt så hög som riksgenomsnittet. De högre koppar- och kadmiumhalterna överensstämmer väl med data från en omfattande undersökning av sedimenthalter i Östersjöns djupsediment, vilket styrker att medelvärdena från föreliggande undersökning kan anses representera Stockholmsområdets regionala bakgrundshalter av metaller. I tidigare bedömningsgrunder behandlas inte silver. Kraftiga förhöjningar har dock tidigare noterats i Stockholmsområdet, varför vi har valt att beräkna bakgrundshalten även för silver, 0,1 mg/kg TS.

Även polyaromatiska kolväten har undersökts i djupsedimenten från Stockholmsområdet. Medelhalten av sPAH11 är mycket lägre än gränsvärdet mellan klass 1 och 2 i Naturvårdsverkets bedömningsgrunder. Fluoranten ligger också i ”Klass 1 Mycket låg halt” men medelhalten av antracen ligger inte i lägsta klassen utan i ”Klass 2 Låg halt”.

Polyklorerade dioxiner och furaner har också analyserats i djupsedimenten i denna undersökning. Halterna ligger dock under detektionsgränserna i alla områden för alla de analyserade kongenerna.

I tabellen nedan har uppmätta bakgrundshalter för grundämnen och polyaromatiska kolväten sammanställts. Medelvärden och standardavvikelse redovisas.

<b>Bakgrundshalter i Stockholmsområdets sediment</b>		
Sedimentdjup: 90-250 cm under sedimentytan		
Antal kärnor: 6		
	Sort	Medelvärde och standardavvikelse
Arsenik	(mg/kg TS)	6,8 ± 3
Bly	(mg/kg TS)	20 ± 4
Kadmium	(mg/kg TS)	0,37 ± 0,24
Kobolt	(mg/kg TS)	15 ± 3
Krom	(mg/kg TS)	56 ± 5
Koppar	(mg/kg TS)	35 ± 8
Kvicksilver	(mg/kg TS)	0,05 ± 0,01
Nickel	(mg/kg TS)	39 ± 4
Zink	(mg/kg TS)	121 ± 18
Silver	(mg/kg TS)	0,09 ± 0,03
sPAH11	(µg/kg TS)	31 ± 33
Antracen	(µg/kg TS)	3 ± 1
Fluoranten	(µg/kg TS)	7 ± 7
Dioxiner/furaner		Under detektionsgräns

# 1 Uppdrag och syfte

JP Sedimentkonsult HB har av Stockholms Stad, Miljöförvaltningen, fått i uppdrag att fastställa den regionala bakgrunden för metaller, polyaromatiska kolväten (PAH-er) och polyklorerade dibensodioxiner/furaner (PCDD/F) i Stockholmsområdet. Av denna anledning har sedimentprovtagning genomförts på 6 stationer i april-maj 2018. JP tackar för förtroendet och har glädjen att härmed redovisa slutrapporten för projektet.

## 1.1 Beställare

Stockholms Stad, Miljöförvaltningen, Hillevi Virgin.

## 1.2 Bakgrund

Tidigare genomförda undersökningar i Västeråsfjärden (Jonsson 2013a; Jonsson 2013b) indikerade att de regionala bakgrunds nivåerna för flera metaller var påtagligt högre än de bakgrunds nivåer som tagits fram som medelnivåer för bakgrundshalter i sediment för svenska kust- och havsområden enligt NV Rapport 4914 (Anon. 1999). En provtagning av långa sedimentkärnor genomfördes i februari 2014 på fem stationer i Västeråsfjärden med Rysskannborr. Djupprover uttogs på 150-160 cm djup i kärnorna och resultaten (Jonsson 2014) visade betydande avvikelser från bakgrundsvärdena i NV Rapport 4914.

## 1.3 Syfte

Syftet med undersökningen är att i Stockholmsområdet:

- genomföra sedimentprovtagning av långa sedimentkärnor på i en fjärd i östra Mälaren, två skärgårdsfjärdar samt en insjö för att fastställa de regionala bakgrunds nivåerna för metaller, polyaromatiska kolväten (PAH-er) och polyklorerade dibensodioxiner/furaner (PCDD/F) i Stockholmsområdet
- sammanställa data i en rapport där de regionala bakgrunds nivåerna för Stockholmsområdet redovisas.

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

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

# 2 Analys och metoder

Medarbetare vid fältarbetena i dessa undersökningar har varit CG Velin, Uppsala och/eller Ove Lindroth, Sollenkroka. JP Sedimentkonsult HB är dem skyldiga stort tack för utomordentliga arbetsinsatser i alla väder och ibland på annorlunda tider.

## 2.1 Utrustning

### 2.1.1 Provtagningsbåten R/V Perca

I alla områden genomfördes fältinsatserna från undersökningsbåten R/V Perca (Fig. 1).

#### *Data för provtagningsbåten 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.



Figur 1 Undersökningsbåten R/V Perca.

### 2.1.2 Positionering

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

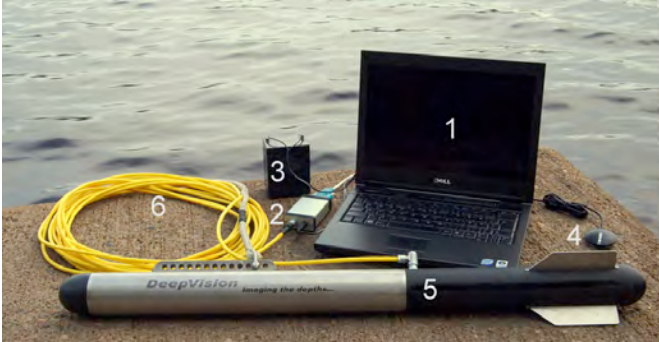
### 2.1.3 Djupmätning

Djupkartering skedde med ett ekolod av märket Garmin 400C. GPS-mottagaren var placerad rakt ovanför ekolodsgivaren.

### 2.1.4 Kartering med side scan sonar

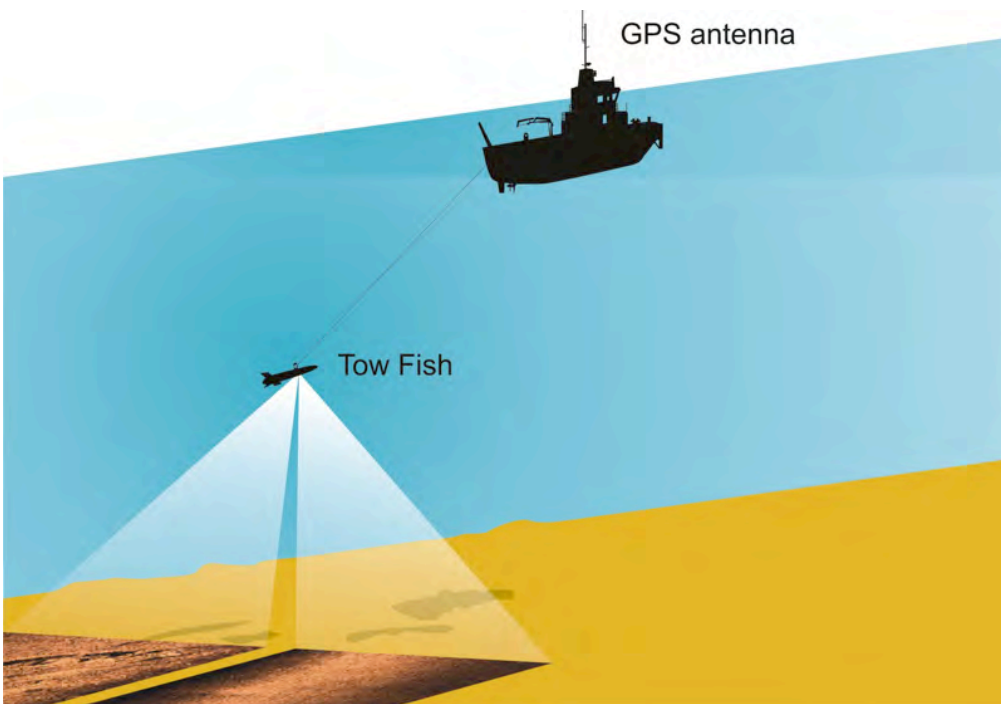
Utrustningen som användes var en Side scan sonar av typ DeepVision (340 KHz) med towfish DeepEye 340 SS (DeepVision, 2009; Fig. 2). Svepvidden går att variera mellan 30-200 meter åt varje håll beroende på bottenpografi och områdets djupförhållanden. Man kan även välja att bara scanna antingen åt styrbord eller babord. Sonarkabeln lades fast på ett knap styrbord akter. GPS-mottagaren sattes fast alldeles intill knapet. Sonaren sänktes till

ca 1 m. Med den fart som användes, mellan 2 och 5 knop, innebar detta att sonarfiskens position var endast någon dm akter om GPS-mottagaren.



Figur 2 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. 3) 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 ytriktig "flygbild" över botten.



Figur 3 Principskiss för side scan sonar-kartering.

## 2.1.5 Sedimentprovtagning

Fältarbetena utfördes den 19 april 2018 på två stationer i Långtarmen i östra Mälaren, den 22-27 april i skärgårdsfjärdarna Vämlingen vid Vindö och Byviken vid Gällnö samt på två stationer i insjön Magelungen den 12 maj 2018. På alla stationer utfördes provtagning av sedimentkärnor med hjälp av Jonsson-hämtare och Rysskannborr. Prover uttogs på ytsediment (0-10 cm) och på djupsediment på mellan 90 och 250 cm. Positioner och djup för de besökta stationerna redovisas i Tabell 1.

På varje station togs 2 sedimentkärnor med såväl Jonsson-hämtare som Rysskannborr för analys av metaller och miljögifter. Vid provuttag kombinerades proverna från kärnorna för att erhålla tillräckligt material på varje nivå för det kemisk/fysikaliska analysprogrammet.

Tabell 1 Positioner och djup för provtagningsstationer april-maj 2018. Positioner i WGS84 (grad minut, decimal av minut) och SWEREF 99 1800.

Station	Latitud	Longitud	Latitud	Longitud	Vattendjup
	WGS-84	WGS-84	SWEREF 99 1800	SWEREF 99 1800	(m)
Menhammarsviken	59 19,680	17 39,034	6579259.79	130107.612	2,5
Älvnäsviken	59 17,708	17 46,794	6575566.966	137458.126	3,1
Byviken	59 23,529	18 39,312	6586537.219	187228.347	2,9
Vämlingen	59 21,485	18 42,064	6582768.822	189874.382	2,8
Magelungen 2	59 14,267	18 04,817	6569160.237	154582.454	3,2
Magelungen 6	59 13,686	18 05,550	6568082.426	155281.259	2,9

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.

### 2.1.5.1 Sedimentprovtagare

Två olika sedimenthämtare användes vid undersökningarna.

#### 2.1.5.1.1 Jonsson-hämtaren

För att kunna genomföra sedimentundersökningarna i grunda sjöar och fjärdområden utvecklades en ny enkel provtagare inför provtagning i Råckstasjön (Jonsson 2016). Den bygger på att sediment samlas i ett plaströr som normalt används 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. 4) med längdmarkeringar. Till träregeln anslöts en smalare (25x25 mm) regel med hjälp av två hållare. Till den smala regeln fästs 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 4 Jonsson-hämtaren (Jonsson 2016). Till vänster: nedre delen. Till höger: hela hämtaren.

#### 2.1.5.1.2 Rysskannborr

För provtagning på större djup i sedimentet användes en s.k. "Ryssborr" av fabrikat Wildco. Borren kan användas både i mark och sediment. Nederst utgörs borren av ett 1 m långt och 50 mm tjockt rör kluvet på längden och med en vinge som sticker ut ca 50 mm längs det kluvna rörets sida. Kannan övergår uppåt i en stång med 20 mm diameter. Till kannan kan sedan 1,5 m långa förlängningsstänger monteras så att provtagning kan ske ned till, med vår hämtare, 9 meters djup. Överst på stängerna monteras ett handtag (Fig. 5).

Vid nedskjutning är det halva röret vridet så att provtagningskammaren är stängd. På lämpligt provtagningsdjup vrids handtaget ett halvt varv, varvid sediment samlas i kammaren som sedan stängs genom att handtaget vrids åt motsatt håll. Provtagning kan sedan ske efter att kannan tagits upp och lagts i en horisontell rörhalva av plexiglas och sedan öppnats (Fig. 6).



Figur 5 Provtagning med Rysskannborr från Västeråsfjärdens is 2014

Vid nedskjutning är det halva röret vridet så att provtagningskammaren är stängd. På lämpligt provtagningsdjup vrids handtaget ett halvt varv, varvid sediment samlas i kammaren som sedan stängs genom att handtaget vrids åt motsatt håll. Provtagning kan sedan ske efter att kannan tagits upp och lagts i en horisontell rörhalva av plexiglas och sedan öppnats (Fig. 6).



Figur 6 Rysskannborr som lagts i ett halvt sedimentprovtagningsrör och sedan öppnats och preparerats för dokumentation och provtagning.

### 2.1.5.2 Provhantering

Kärnorna förvarades så svalt som möjligt ombord och transporterades efter provtagningen till kylrum och förvarades i + 4° C i avvaktan på dokumentation, provuttag och vidare transport till ALS för analys.

### 2.1.5.3 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.

### 2.1.5.4 Provuttag

Prover uttogs vid varje station på ytsediment (0-10 cm) och i de djupare delarna av varje kärna i enlighet med Tabell 2.

Tabell 2 Provuttagsnivåer

Station	Provtagningsdjup ytsediment (cm)	Provtagningsdjup djupsediment (cm)
Menhammarsviken	0-10	125-155
Älvnäsaviken	0-10	90-120
Byviken	0-10	120-160
Vämlingen	0-10	130-170
Magelungen 2	0-10	150-230
Magelungen 6	0-10	200-250

### 3.2.1 Positionering

Positionsbestämning av provpunkter skedde med hjälp av GPS-mottagare av modell No BU-353 som medger en positionsnoggrannhet av några få meter. GPS-mottagaren kopplades till portabel dator och positionen visades i navigationsprogramvaran Fugawi.

### 3.2.2 Djupmätning

Vattendjupet på provtagningsstationerna mättes med Rysskannborr.

### 3.3 Analyser

Samtliga prover har analyserats av ALS Scandinavia AB med avseende på metaller, polyaromatiska kolväten (PAH-er) och polyklorerade dibensodioxiner/furaner (PCDD/F). Resultat framgår av Bilaga 1.

#### **Bestämning av metaller**

Bestämning av metaller enligt M-2. Analysprovet har torkats vid 50°C och elementhalterna TS-korrigerats. För sediment/slam mals alternativt hamras det torkade provet. Upplösning har skett med salpetersyra. Analys med ICP-SFMS har skett enligt SS EN ISO 17294-1, 2 (mod) samt EPA-metod 200.8 (mod).

#### **Frystorkning**

Frystorkning enligt metod DIN 38414-S22.

#### **Bestämning av glödförlust**

Bestämning av glödförlust enligt DIN EN 15169.

#### **Bestämning av TOC**

Bestämning av TOC enligt DIN ISO 10694.

#### **Bestämning av polycykliska aromatiska kolväten**

Paket OJ-1 sed. Bestämning av polycykliska aromatiska kolväten, PAH (16 föreningar enligt EPA). Mätning utförs 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)perylene.  
Enligt nya 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.

#### **Bestämning av dioxiner och furaner**

Paket OJ-22. Bestämning av dioxiner och furaner enligt metod baserad på US EPA 1613. Mätning utförs med högupplösande GC-MS.

Sum WHO-PCDD/F-TEQ är resultat som summa toxiska ekvivalenter enligt WHO 2005.

## 4 Områdesbeskrivning

### 4.1 Mälaren – Långtarmen

Två undersökningsområden lokaliserades i Mälarfjärden Långtarmen (Fig. 7) som sträcker sig nordvästvärt från Ekerö.



Figur 7 Undersökningsområden i fjärden Långtarmen i östra Mälaren.

#### 4.1.1 Menhammarsviken



Figur 8 Undersökningsområdet Menhammarsviken med inlagd provtagningsstation och sonar-plott.

Vattendjupet i det sonarkarterade området (Fig. 8) varierar mellan 2 och 6 m. Botten karaktäriseras av mjukbotten och i den västra delen av området finns en del högre bottenvegetation. Sedimentkärnan togs i den norra delen av området på 2,5 meters djup.

#### 4.1.2 Älvnäsviken



Figur 9 Undersökningsområdet Älvnäsviken med inlagd provtagningsstation och sonar-plott.

Vattendjupet i det sonarkarterade området (Fig. 9) varierar mellan 2 och 5 m. Botten karaktäriseras av mjukbotten. Sedimentkärnan togs i den östra delen av området på 3,1 meters djup.

#### 4.2 Stockholms skärgård

Två områden har undersökts i Stockholms mellanskärgård – Byviken vid Gällnö och Vämlingen vid Vindö (Fig. 10).



Figur 10 Undersökningsområden i Stockholms mellanskärgård, Byviken vid Gällnö och Vämlingen vid Vindö.

#### 4.2.1 Byviken vid Gällnö

Vattendjupet i det sonarkarterade området (Fig. 11) varierar mellan 2 och 10 m. Botten karaktäriseras av mjukbotten. Sedimentkärnan togs i den östra delen av området på 3,1 meters djup.



Figur 11 Undersökningsområdet Byviken vid Gällnö med inlagd provtagningsstation och sonar-plott.

#### 4.2.2 Vämlingen vid Vindö



Figur 12 Undersökningsområdet Vämlingen vid Vindö med inlagd provtagningsstation och sonar-plott.

Vattendjupet i det sonarkarterade området (Fig. 12) varierar mellan 1 och 16 m. Botten i den sydöstra delen av fjärden karaktäriseras av mjukbotten. Sedimentkärnan togs i den östligaste delen av området på 3,1 meters djup.

#### 4.3 Magelungen



Figur 13 Undersökningsområdet Magelungen med inlagda provtagningsstationer och sonar-plott.



Magelungen sonarkarterades den 16 oktober 2017 inför sedimentprovtagningar som genomfördes på 5 stationer i sjön samma dag (Jonsson 2017). Provtagningsstationen M2 (djup 3,2 m) är densamma i föreliggande bakgrundsundersökning, medan station M6 (djup 2,9 m) är ny i denna studie. Bottenbeskaffenheten på båda stationerna är att klassificera som A-botten.

## **5 Metoder för klassning av metallhalter**

För att klassificera föroreningsgraden kan två olika strategier användas: 1/ utifrån principen med jämförvärden grundad på förindustriella värden från NV Rapport 4914, 2/ utifrån uppmätta regionala bakgrundshalter.

År 2012 genomfördes en omfattande undersökning av miljöförhållandena i Västeråsfjärden (Jonsson 2013b). Vid upprättandet av den sammanfattande rapporten användes dels data från NV Rapport 4914, Bedömningsgrunder för miljö kvalitet – Kust och hav, dels data från daterade sedimentkärnor tagna 2012 representerande tiden slutet av 1800-talet fram till 1920 för att klassificera situationen i Västeråsfjärden. Dessa sedimentkärnor bedömdes vid rapportens färdigställande kunna tjäna som referensvärden för den regionala bakgrunden i området, d v s den halt som redovisas i Klass 1, Ingen/obetydlig avvikelse.

Senare utvärdering gav dock vid handen att dessa halter kan ifrågasättas huruvida de kan anses utgöra den regionala bakgrunden eller ej. Vetskapen om att den metallbearbetande verksamheten var igång sedan länge i Bergslagen vid tiden kring år 1900 (Renberg et al.; Bindler et al. 2009), innebar att, för att invändningsfritt fastställa de regionala bakgrundsnivåerna, behövde prover tas som representerar situationen flera hundra år tidigare. Proverna borde också tas utanför det egentliga hamnområdet för att säkerställa att proverna inte kontaminerats med recenta sediment. Av denna anledning beslöts att göra en förnyad provtagning där prover som uttogs på mer än 100 cm sedimentdjup kan anses utgöra den regionala bakgrunden för området. Resultaten från denna undersökning (Jonsson 2014) representerar betydligt äldre sediment än resultaten från 2012 varför haltvärdena från 2014 har använts för att bygga upp ett klassningsschema utifrån regionala bakgrundshalter i Västeråsfjärdens sediment. Det visade sig att de regionala bakgrundshalterna av flera metaller i djupsediment (sedimentdjup 100-160 cm) avvek påtagligt från de jämförvärden som tagits fram i NV Rapport 4914.

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 nödvändigt 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.

## **6 Resultat**

### **6.1 Fältprotokoll och bilder**

Fältiakttagelser och bilder på sedimentkärnor redovisas i Bilaga 2.

## 6.2 Sedimenttillväxt

### 6.2.1 Mälaren

Sedimenttillväxten i Mälaren har tidigare uppskattats i de översta 10-20 cm av sedimentpelarna för sedimentkärnor från Västeråsfjärden (Jonsson 2012; Jonsson 2013b) till mellan 3 och 14 mm/år med ett medelvärde på 10 mm/år. I en undersökning av en kärna från sundet mellan Nockeby och Kårsön (Karlsson och Jonsson 2018) uppskattades den årliga sedimenttillväxten i de översta 50 cm av sedimentpelaren till 8 mm/år. Jonsson (2015) fann utifrån två laminerade sedimentkärnor från Riddarfjärden att den genomsnittliga årliga sedimenttillväxten låg på 5,5-7,5 mm. I en studie av Ulvsundasjöns sediment (Jonsson manus) konstaterades varvtjocklekar på 4-8 mm. I en ny studie (2018) av Riddarfjärden (Jonsson opubl. material) uppvisar många sedimentkärnor tydliga varvstrukturer i de övre 30 cm med mäktigheter som varierar mellan 4 och 8 mm. Den genomsnittliga mäktigheten på 20-30 cm sedimentdjup är ca 5 mm.

### 6.2.2 Sjöar i Stockholmsområdet

Även i Drevviken och Magelungen noterades tydliga varv. I Magelungen noterades i en kärna varvmäktigheter på ca 6 mm på ca 15 cm sedimentdjup (Jonsson manus) och i Drevviken på 15-30 cm sedimentdjup fanns tydliga varv med mäktigheter på 4-10 mm i alla de tre studerade kärnorna (Jonsson manus). I en ännu inte publicerad undersökning av sjön Flaten (Jonsson opubl. material) noterades tydliga varv på 15-20 cm sedimentdjup i 3 kärnor tagna på 10-12 m djup. Varvmäktigheten varierade mellan 3 och 5 mm.

### 6.2.3 Stockholms skärgård

Jonsson et al. (2003) fann att sedimenttillväxten i 27 fjärdområden från den svenska ostkusten varierade mellan 1 och 70 mm per år med ett medelvärde på 17 mm/år, d v s i runda tal dubbelt så hög som i Mälaren. Detta kan dock till största delen förklaras av att undersökningsmaterialet i Jonsson (Red.) 2003 hänför sig till de övre 5 centimetrarna av sedimentpelaren medan uppskattningen i Västeråsfjärden grundas på i genomsnitt de översta 20 cm av sedimentkärnorna. Sedimentackumuleringen visade sig ha en betydande variation inom Västeråsfjärden och den mest betydande styrfaktorn för detta var vattendjupet. Medeldepositionen på 3-4 meters djup var ca  $200 \text{ g/m}^2/\text{år}$  och på ca 10 meter omkring  $1500 \text{ g/m}^2/\text{år}$ .

### 6.2.4 Insamlade djupprovers ålder

Eftersom vattendjupet på alla de undersökta stationerna i föreliggande undersökning varierat mellan 2,5 och 3,2 m ligger sedimenttillväxten på dessa stationer rimligen i det lägre intervallet som uppmätts i Stockholmsområdet. Om vi sålunda räknar med en genomsnittlig tillväxt på 4 mm/år innebär detta att prover uttagna på 90-120 cm är äldre än 225-300 år och att proverna från 150-250 cm är äldre än 375-625 år. Om hänsyn tas till att kompaktionen (sammanpressningen) av sedimentet ökar med ökat sedimentdjup är den troliga åldern ännu större. Proverna från de kortare kärnorna (Älvnäsaviken, Menhammarsviken och Byviken) representerar således sannolikt tiden före år 1600. De längre kärnornas djupsediment motsvarar sålunda sannolikt tiden före år 1400.

### 6.3 Metallhalter

Halterna av metaller i ytsedimenten på de undersökta provtagningsstationerna är ungefär en faktor 3 högre än i djupsedimenten vad gäller kadmium, koppar, kvicksilver och bly (Tabell 3). Zinkhalterna är ungefär dubbelt så höga i ytsedimenten medan halterna är ungefär lika vad gäller arsenik, kobolt, krom och nickel.

Tabell 3 Medelhalterna av torrs substans (TS), totalt organiskt kol (TOC) och metaller i ytsediment (0-10 cm) och djupsediment (90-250 cm) från Stockholmsområdet.

Sedimentdjup	TS	TOC	Arsenik	Kadmium	Kobolt	Krom	Koppar	Kvicksilver	Nickel	Bly	Zink	Silver
	(% VS)	(% TS)	(mg/kg TS)	(mg/kg TS)	(mg/kg TS)	(mg/kg TS)	(mg/kg TS)	(mg/kg TS)	(mg/kg TS)	(mg/kg TS)	(mg/kg TS)	(mg/kg TS)
Ytsediment	25	6,6	5,5	1,02	15	48	96	0,15	41	52	211	0,30
Djupsediment	37	5,1	6,8	0,37	15	56	35	0,05	39	20	121	0,10

Halterna av metaller i djupsedimenten från Stockholmsområdet har sammanställts i Tabell 4. Standardavvikelsen visar att haltvariationen mellan proverna (n=6) är måttlig (10-23 %) för alla ämnen utom arsenik (47 %) och kadmium (75 %).

Tabell 4 Halter av torrs substans (TS), totalt organiskt kol (TOC) och metaller på > 90 cm sedimentdjup i långa sedimentkärnor från Stockholmsområdet. STDAV = standardavvikelse.

	Sed.-djup	TS	TOC	Arsenik	Kadmium	Kobolt	Krom	Koppar	Kvicksilver	Nickel	Bly	Zink	Silver
	(cm)	(% VS)	(% TS)	(mg/kg TS)	(mg/kg TS)	(mg/kg TS)	(mg/kg TS)	(mg/kg TS)	(mg/kg TS)	(mg/kg TS)	(mg/kg TS)	(mg/kg TS)	(mg/kg TS)
Menhammarsv.	125-155	45	1,5	7,8	0,22	15	55	28	<0,04	34	22	103	0,07
Älvnäsaviken	90-120	47	1,5	9,8	0,12	18	60	32	<0,04	39	24	115	0,05
Byviken	120-160	57	0,3	6,4	0,21	19	65	36	<0,04	39	25	120	0,10
Vämlingen	130-170	28	7,7	10,7	0,79	12	51	50	<0,04	45	16	103	0,11
Magelungen 2	150-230	22	10	2,9	0,44	14	52	30	0,05	37	17	136	0,12
Magelungen 6	200-250	22	9,3	3,0	0,43	14	55	36	0,06	41	17	147	0,12
Medelvärde		37	5,1	6,8	0,37	15	56	35	0,05	39	20	121	0,09
Medianvärde		36	4,6	7,1	0,33	15	55	34	0,05	39	20	118	0,11
STDAV		15	4,4	3,3	0,24	3	5	8	0,01	4	4	18	0,03
STDAV %		40	96	47	75	18	10	23	18	10	20	15	26

Under 1986-1989 genomfördes en omfattande undersökning av sedimenthalter i Östersjöns sediment (Borg and Jonsson 1996). I egentliga Östersjön togs prover från 24 stationer varav 23 lokaliserades till den nordvästra delen mellan norra Gotland och Svealandskusten. En jämförelse av Östersjöns djupsedimenthalter av arsenik, bly, kadmium, koppar, kvicksilver och zink görs med motsvarande halter från föreliggande undersökning i Stockholmsområdet (Tabell 5).

Tabell 5 Jämförelse denna undersökning och data från Borg and Jonsson (1996).

	Denna undersökning Stockholmsområdet	Borg and Jonsson 1996 Egentliga Östersjön
Sedimentdjup	(cm)	90-250
Antal prov	(n)	n=6
Arsenik	(mg/kg TS)	6,8 ± 3
Bly	(mg/kg TS)	20 ± 4
Kadmium	(mg/kg TS)	0,37 ± 0,28
Koppar	(mg/kg TS)	35 ± 8
Kvicksilver	(mg/kg TS)	0,05 ± 0,01
Zink	(mg/kg TS)	121 ± 18

Överensstämmelsen mellan data från dessa undersökningar är god, vilket styrker att medelvärdena från denna undersökning (Tabell 2) kan anses representera Stockholmsområdets regionala bakgrundshalter av metaller.

I Tabell 6 har jämförvärdet från NV Rapport 4914 sammanställts tillsammans med uppskattning av den regionala bakgrundsnivån för Västeråsfjärden utifrån dels 2012 års undersökning, dels utifrån 2014 års provtagning av långa sedimentkärnor samt den regionala bakgrundsnivån för Stockholmsområdet representerande år 2018.

Tabell 6 Sammanställning av på olika sätt framtagna bakgrundsvärden för sediment.

	Jämförvärde NV Rapport 4914 Marin miljö Ref-prov 55 cm	Bakgrund 5 kärnor 2014 års studie Västeråsfjärden Prov 100-160 cm	Jämförelse bakgrund Västeråsfjärden 2014 i förhållande till jämför- värde NV Rapport 4914	Bakgrund 6 kärnor 2018 års studie Stockholmsområdet Prov 90-250 cm	Jämförelse bakgrund Stockholmsområdet 2018 i förhållande till jämför- värde NV Rapport 4914
	(mg/kg ts)	(mg/kg ts)	(Skillnad %)	(mg/kg ts)	(Skillnad %)
Arsenik	10	7,1	-30	6,8	-32
Bly	25	30	20	20	-20
Kadmium	0,2	0,23	10	0,37	85
Kobolt	12	18	50	15	25
Krom	40	53	30	56	40
Koppar	15	26	70	35	130
Kvicksilver	0,04	<0,04	0	0,05	25
Nickel	30	34	10	39	30
Zink	85	134	60	121	40

De genom provtagningar i Stockholmsområdet erhållna regionala bakgrundsvärdena är genomgående högre än jämförvärdena från NV Rapport 4914, utom vad gäller arsenik och bly, som är 32 % resp. 20 % lägre än den riksomfattande sammanställningen i NV-rapporten. Kopparhalten är drygt dubbelt så hög och kadmiumhalten är knappt dubbelt så hög som riksgenomsnittet. Övriga ämnen som kobolt, krom, kvicksilver, nickel och zink är mellan 25 och 40 % högre än jämförvärdena i NV Rapport 4914.

### 6.3 Val av klassningsmetod för Stockholmsområdets sediment

Resultaten från föreliggande undersökning från 2018 har använts för att bygga upp ett klassningsschema för Stockholmsområdet (Tabell 7). 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 avvikelser från jämförvärdet varierar för de olika grundämnena. Vad gäller silver finns in jämförvärden framtagna ännu varför jämförelser med bakgrundsvärdet endast kan göras i absoluta tal, d v s hur många gånger den aktuella halten är förhöjd i förhållande till bakgrundsvärdet.

Tabell 7 Klassning utifrån principen grundad på regionala (Stockholmsområdet) bakgrundsvärden. Analys enligt svensk standard.

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

#### 6.4 Organiska ämnen

Nedanstående *kursiv text* är ett direkt citat från Naturvårdsverkets hemsida:

<http://www.naturvardsverket.se/Stod-i-miljoarbetet/Vagledning/Miljoovervakning/Bedomningsgrunder/Sediment/>

*Naturvårdsverket har med hjälp av SGU 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 miljö kvalitet – Kust och hav.*

*Den uppdaterade tabellen omfattar prover tagna mellan 1986 och 2014 i marina sediment och inkluderar fler ämnen än tidigare t.ex. tennorganiska föreningar och PBDE. Dataunderlaget för limniska sediment är ännu inte tillräckligt för att ta fram en liknande tabell. En utförligare beskrivning av uppdateringen finns i SGU-rapport 2017:12 (Josefsson 2017; JP:s förtydligande).*

*Tabellen kan fungera som referensverktyg vid bedömningar av ett sediments föroreningshalt. För de flesta ämnen har halterna delats in i fem klasser från mycket låg halt till mycket hög halt. En klassificering innebär en bedömning av om halterna är låga eller höga i förhållande till övriga prover och säger ingenting om förekomst av negativa effekter i miljön. För statusklassning inom vattenförvaltningen bör de bedömningsgrunder som finns i HVMFS 2013:19 (konsoliderad version) användas.*

*Tabellen nedan (Tabell 8; JP:s förtydligande) visar fördelningen av organiska miljögifter i marina sediment i svenska havsområden och ekonomisk zon (µg/kg torr vikt). Halterna ska inte normaliseras för kolhalten. Dessa halter och klassgränser är inte kopplade till några effektbaserade värden.*

*Gränsen mellan klass 1 (Mycket låg halt) och klass 2 (Låg halt) har satts vid 5-percentilen av alla data, gränsen mellan klass 2 och klass 3 (Medelhög halt) vid 25-percentilen, gränsen mellan klass 3 och klass 4 (Hög halt) vid 75-percentilen, och gränsen mellan klass 4 och klass 5 (Mycket hög halt) vid 95-percentilen. Detta innebär att hälften av värdena faller i klass 3, som sträcker sig från 25-percentilen till 75-percentilen. För tennföreningarna gäller andra percentilgränser (se bakgrundsrapport). Alla data har använts, även prover med halter under rapporteringsgränsen. I de fall då många datapunkter ligger under rapporteringsgränsen saknas därför någon eller några*

av de lägre klasserna då 5-percentilen eller ibland även 25-percentilen av data ligger under rapporteringsgränsen. Ett prov kan i sådana fall komma att klassificeras som klass 1-2 eller 1-3.

Gränsen mellan klass 1 och klass 2 motsvarar ungefär de lägsta halterna i prover tagna i områden långt från punktkällor, dvs. i utsjön, medan prover från områden med en hög föroreningsgrad, ofta kustnära, hamnar i klass 5.

Tabell 8 Fördelning av uppmätta halter organiska miljögifter i marina sediment i svenska havsområden och ekonomisk zon ( $\mu\text{g}/\text{kg}$  TS) 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	$\geq 63$
Acenafthen			<5,5	5,5-33	$\geq 33$
Fluoren		<2,0	2,0-9,4	9,4-36	$\geq 35$
Fenantren	<7,0	7,0-17	17-50	50-150	$\geq 150$
Antracen	<1,0	1,0-3,1	3,1-11	11-45	$\geq 45$
Fluoranten	<18	18-45	45-140	140-390	$\geq 390$
Pyren	<12	12-30	30-100	100-380	$\geq 380$
Bens(a)antracen	<7,5	7,5-19	19-62	62-180	$\geq 180$
Krysen	<11	11-26	26-67	67-200	$\geq 200$
Bens(b)fluoranten	<32	32-69	69-200	200-440	$\geq 440$
Bens(k)fluoranten	<11	11-28	28-79	79-180	$\geq 180$
Bens(a)pyren	<12	12-31	31-99	99-240	$\geq 240$
Dibens(ah)antracen	<4,4	4,4-8,9	8,9-27	27-79	$\geq 79$
Bens(ghi)perylen	<22	22-62	62-180	180-400	$\geq 400$
Indeno(1,2,3-	<24	24-76	76-220	220-530	$\geq 530$
Summa PAH I <sup>1</sup>	<170	170-440	440-1200	1200-2800	$\geq 2800$
Summa PAH I <sup>5</sup>	<250	250-440	440-1200	1200-4700	$\geq 4700$
Summa PAH M <sup>1</sup>	<57	57-110	110-320	320-1700	$\geq 1700$
Summa PAH H <sup>2</sup>	<180	180-320	320-940	940-2600	$\geq 2600$
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	$\geq 34$
$\alpha$ -HCH	<0,006	0,006-0,04	0,04-0,17	0,17-0,36	$\geq 0,36$
$\beta$ -HCH	<0,003	0,003-0,11	0,11-0,57	0,57-1,2	$\geq 1,2$
$\gamma$ -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	$\geq 2,0$
$\gamma$ -klordan		<0,018	0,018-0,090	0,090-0,39	$\geq 0,39$
$\alpha$ -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	$\geq 10$
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	$\geq 13$
EOCl	<200	200-830	830-2700	2700-5600	$\geq 5600$
EOBr	<180	180-590	590-1900	1900-3000	$\geq 3000$
EPOCl		<100	100-560	560-2100	$\geq 2100$
EPOBr		<88	88-480	480-700	$\geq 700$
monobutyltenn,		<1	1-10	10-20	$\geq 20$
dibutyltenn, DBT		<1	1-10	10-26	$\geq 26$
tributyltenn, TBT		<1	1-19	19-55	$\geq 55$

<sup>1</sup>PAH M = fem PAH med medelhög molekylvikt

<sup>2</sup>PAH H = åtta PAH med hög molekylvikt

### 6.4.1 Polyaromatiska kolväten

Polyaromatiska kolväten har undersökts i djupsedimenten från Stockholmsområdet (Tabell 9). Medelhalten av sPAH11 är  $31 \pm 47$  µg/kg TS, vilket är långt lägre än gränsvärdet mellan klass 1 och 2 i Tabell 8. Medelhalten av antracen (3 µg/kg TS) ligger dock i ”Klass 2 Låg halt”. Fluoranten ligger i ”Klass 1 Mycket låg halt” med ett medelvärde på 7 µg/kg TS.

Tabell 9 Torrsubstanshalt (TS), totalt organiskt kol (TOC), sPAH11, antracen och fluoranten i djupsediment (90-250 cm) från Stockholmsområdet.  
STDAV = standardavvikelse.

	Sed.-djup (cm)	TS (% VS)	TOC (% TS)	sPAH11 (µg/kg TS)	Antracen (µg/kg TS)	Fluoranten (µg/kg TS)
<b>Menhammarsviken</b>	125-155	45,3	1,5	4	<2	2
<b>Älvnäsaviken</b>	90-120	46,5	1,5	4	<2	<2
<b>Byviken</b>	120-160	56,7	0,3	16	<2	5
<b>Vämlingen</b>	130-170	27,6	7,7	27	4	3
<b>Magelungen 2</b>	150-230	21,9	10	43	<2	9
<b>Magelungen 6</b>	200-250	22,3	9,3	91	2	18
<b>Medelvärde</b>		36,7	5,1	31	3	7
<b>Medianvärde</b>		36,5	4,6	22	3	5
<b>STDAV</b>		14,7	4,4	33	1	7
<b>STDAV %</b>		40	96	153	47	130

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 HVFMS 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. Bland de organiska ämnena är det endast antracen och fluoranten som har analyserats i föreliggande undersökning.

Havs- och vattenmyndighetens riktlinjer för klassificering och miljö kvalitetsnormer 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. Om man normerar antracen- och fluorantehalterna i föreliggande undersökning till TOC-halt 5 % hamnar båda ämnena långt under gränsvärdena för uppnående av god kemisk status.

Resultaten från djupsedimenten i denna undersökning stödjer klassificeringen ”Klass 1 Mycket låg halt” av sPAH11 och fluoranten i NV:s reviderade Tabell (Tabell 7 i denna rapport). Vad gäller antracen är dock halten i vårt djupsediment 3 ggr högre än gränsvärdet mellan klass 1 och 2 i Tabell 7, vilket måhända kan utgöra ett underlag vid en eventuell revidering av tabellen.

## 6.4.2 Polyklorerade dioxiner och furaner

Polyklorerade dioxiner och furaner har analyserats i djupsedimenten i denna undersökning men halterna ligger under detektionsgränserna i alla områden för alla analyserade kongener (Tabell 10).

Tabell 10 Polyklorerade dioxiner och furaner i djupsediment från Stockholmsområdet.

		Menhammarsv.	Älvnäsvisken	Byviken	Vämlingen	Magelungen (2)	Magelungen (6)
<b>Sedimentdjup</b>	(cm)	125-155	90-120	120-160	130-170	150-230	200-250
<b>2,3,7,8-tetraCDD</b>	ng/kg TS	<0.21	<0.23	<2	<1.8	<0.22	<0.33
<b>1,2,3,7,8-pentaCDD</b>	ng/kg TS	<0.3	<0.2	<2.1	<2.8	<0.3	<0.26
<b>1,2,3,4,7,8-hexaCDD</b>	ng/kg TS	<0.65	<0.29	<3.1	<2.2	<0.4	<0.42
<b>1,2,3,6,7,8-hexaCDD</b>	ng/kg TS	<0.65	<0.29	<3.1	<2.2	<0.4	<0.42
<b>1,2,3,7,8,9-hexaCDD</b>	ng/kg TS	<0.65	<0.29	<3.1	<2.2	<0.4	<0.42
<b>1,2,3,4,6,7,8-heptaCDD</b>	ng/kg TS	<0.93	<0.56	<5.7	<4.2	<1.7	<0.61
<b>oktakilordibensodioxin</b>	ng/kg TS	<2.5	<1.5	<4.2	<2	<2.3	<2.4
<b>2,3,7,8-tetraCDF</b>	ng/kg TS	<0.22	<0.11	<3.7	<3.3	<0.24	<0.48
<b>1,2,3,7,8-pentaCDF</b>	ng/kg TS	<0.25	<0.49	<3.1	<3.9	<0.38	<0.31
<b>2,3,4,7,8-pentaCDF</b>	ng/kg TS	<0.25	<0.49	<3.1	<3.9	<0.38	<0.31
<b>1,2,3,4,7,8-hexaCDF</b>	ng/kg TS	<0.44	<0.21	<3.3	<2.3	<0.42	<0.41
<b>1,2,3,6,7,8-hexaCDF</b>	ng/kg TS	<0.44	<0.21	<3.3	<2.3	<0.42	<0.41
<b>1,2,3,7,8,9-hexaCDF</b>	ng/kg TS	<0.44	<0.21	<3.3	<2.3	<0.42	<0.41
<b>2,3,4,6,7,8-hexaCDF</b>	ng/kg TS	<0.44	<0.21	<3.3	<2.3	<0.42	<0.41
<b>1,2,3,4,6,7,8-heptaCDF</b>	ng/kg TS	<0.5	<0.33	<7.3	<4.9	<1.1	<0.74
<b>1,2,3,4,7,8,9-heptaCDF</b>	ng/kg TS	<0.5	<0.33	<7.3	<4.9	<1.1	<0.74
<b>oktakilordibensofuran</b>	ng/kg TS	<1.2	<0.65	<2.1	<1.7	<2	<3



## REFERENSER

- Anonymous, 1999. Bedömningsgrunder för miljö kvalitet - Kust och hav. Naturvårdsverkets rapport 4914, ISBN 91-620-4917-8, ISSN 0282-7298, 134 sid.
- Bindler, R., Renberg, I., Rydberg, J., Andrén, T., 2009. Widespread waterborne pollution in central Swedish lakes and the Baltic Sea from pre-industrial mining and metallurgy. *Environmental Pollution* 157 (2009) 2132-2141.
- Borg, H. and Jonsson, P., 1996. Large-scale Metal Distribution in Baltic Sea Sediments. *Marine Pollution Bulletin* 32:8-21.
- DeepVision, 2009. DeepEye Sonar System - User's Guide, 8 sid.  
<http://www.deepvision.se/>
- 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. (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., 2013a. Sonarkartering och sedimentprovtagning i planerat muddringsområde vid Djuphamnen i Västerås. JP Sedimentkonsult Rapport 2013:1, 39 sid.
- Jonsson, P., 2013b. Sedimentbundna föroreningar från Västerås - Bottenundersökning i Västeråsfjärden. JP Sedimentkonsult Rapport 2013:2, 43 sid.
- Jonsson, P., 2014. Regionala bakgrundshalter av metaller i Västeråsfjärden. JP Sedimentkonsult Rapport 2014:2, 27 sid.
- Jonsson, P., 2015. Provtagning av sediment i Riddarfjärden. JP Sedimentkonsult Rapport 2015:2, 53 sidor samt bilagor
- Jonsson, P., 2016. Metaller och organiska miljöföroreningar i sediment i Räcksta Träsk. JP Sedimentkonsult Rapport 2016:1, 38 sid plus bilagor.
- Jonsson, P., 2018. Metaller och organiska miljöföroreningar i Ulvsundasjön, Karlbergskanalen och Bällstaviken 2017. JP Sedimentkonsult Rapport 2018:x, xy sid. (manuskript).
- Jonsson, P., 2018. Riddarfjärden (opubl. material)
- Jonsson, P., 2018. Flaten (opubl. material)
- Jonsson, P., 2018. Metaller och organiska miljöföroreningar i Drevviken 2017. JP Sedimentkonsult Rapport 2018:x, xy sid. (manuskript).
- Jonsson, P., 2018. Metaller och organiska miljöföroreningar i Magelungen 2017. JP Sedimentkonsult Rapport 2018:x, xy sid. (manuskript).
- 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, 38 sid plus bilagor.
- Naturvårdsverket, 2018. Organiska miljögifter i sediment. Tabell som beskriver fördelningen av uppmätta halter av organiska miljögifter i marina sediment.  
<http://www.naturvardsverket.se/Stod-i-miljoarbetet/Vagledning/Miljoovervakning/Bedomningsgrunder/Sediment/Organiska->

miljogifter-/

- Renberg, I., Bindler, R., Bradshaw, E., Emteryd, O., McGowan, S., 2001. Sediment evidence of early eutrophication and heavy metal pollution of Lake Mälaren, Central Sweden. *Ambio* Vol. 30 No. 8 496-502
- SMHI, 2014. Mälaren vattenstånd och vattenföring. Mätdata från SMHI:s hemsida.
- 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 1      Analysresultat

ELEMENT	SAMPLE	Menhammarsv. 0-10	Menhammarsv. 125-155
TS_105°C	%	38,5	45,3
LOI glödförlust	% av TS	3,8	3,6
TOC	% av TS	1,7	1,5
As	mg/kg TS	5,16	7,84
Cd	mg/kg TS	0,201	0,218
Co	mg/kg TS	16,4	15,3
Cr	mg/kg TS	53,5	54,7
Cu	mg/kg TS	31,3	27,6
Hg	mg/kg TS	<0.04	<0.04
Ni	mg/kg TS	34,2	33,6
Pb	mg/kg TS	24,3	22,1
V	mg/kg TS	69,9	69,2
Zn	mg/kg TS	103	103
Ag	mg/kg TS	0,0931	0,0678
Fe	mg/kg TS	36800	38800
P	mg/kg TS	678	763
S	mg/kg TS	1110	9020
Sn	mg/kg TS	2,81	2,42
naftalen	mg/kg TS	0,0029	<0.0020
acenaftylen	mg/kg TS	<0.0020	<0.0020
acenaften	mg/kg TS	<0.0020	<0.0020
fluoren	mg/kg TS	<0.0020	<0.0020
fenantren	mg/kg TS	0,0054	<0.0020
antracen	mg/kg TS	<0.0020	<0.0020
fluoranten	mg/kg TS	0,013	0,0021
pyren	mg/kg TS	0,0094	<0.0020
bens(a)antracen	mg/kg TS	0,0049	<0.0020
krysen	mg/kg TS	0,0051	<0.0020
bens(b)fluoranten	mg/kg TS	0,013	<0.0020
bens(k)fluoranten	mg/kg TS	0,0064	<0.0020
bens(a)pyren	mg/kg TS	0,0062	<0.0020
dibens(ah)antracen	mg/kg TS	0,0027	<0.0020
benso(ghi)perylen	mg/kg TS	0,01	<0.0020
indeno(123cd)pyren	mg/kg TS	0,013	0,0023
PAH, summa 16	mg/kg TS	0,092	0,0044
PAH, summa cancerogena	mg/kg TS	0,051	0,0023
PAH, summa övriga	mg/kg TS	0,041	0,0021
PAH, summa L	mg/kg TS	0,0029	<0.0030
PAH, summa M	mg/kg TS	0,028	0,0021
PAH, summa H	mg/kg TS	0,061	0,0023
PAH, summa 11	mg/kg TS	0,086	0,0044
TS_105°C	%	38,2	44,9
2,3,7,8-tetraCDD	ng/kg TS	<0.31	<0.21
1,2,3,7,8-pentaCDD	ng/kg TS	<0.33	<0.3
1,2,3,4,7,8-hexaCDD	ng/kg TS	<0.63	<0.65
1,2,3,6,7,8-hexaCDD	ng/kg TS	1,7	<0.65
1,2,3,7,8,9-hexaCDD	ng/kg TS	1	<0.65
1,2,3,4,6,7,8-heptaCDD	ng/kg TS	28	<0.93
oktakilordibensodioxin	ng/kg TS	230	<2.5
2,3,7,8-tetraCDF	ng/kg TS	0,99	<0.22
1,2,3,7,8-pentaCDF	ng/kg TS	<0.18	<0.25
2,3,4,7,8-pentaCDF	ng/kg TS	0,74	<0.25
1,2,3,4,7,8-hexaCDF	ng/kg TS	0,9	<0.44
1,2,3,6,7,8-hexaCDF	ng/kg TS	0,91	<0.44
1,2,3,7,8,9-hexaCDF	ng/kg TS	<0.85	<0.44
2,3,4,6,7,8-hexaCDF	ng/kg TS	<0.85	<0.44
1,2,3,4,6,7,8-heptaCDF	ng/kg TS	5,2	<0.5
1,2,3,4,7,8,9-heptaCDF	ng/kg TS	<1.4	<0.5
oktakilordibensofuran	ng/kg TS	13	<1.2

ELEMENT	Älvnäs-viken 0-10	Älvnäs-viken 90-120	Byviken 0-10	Byviken 120-160
TS_105°C	55,6	46,5	18	56,7
LOI glödförlust	2	4	13,5	2,3
TOC	0,71	1,5	6,1	0,28
As	3,88	9,82	10,5	6,35
Cd	0,118	0,118	0,718	0,214
Co	9,98	17,5	10,9	18,7
Cr	35,4	59,5	51,5	64,7
Cu	17,6	32,1	50,1	36,1
Hg	<0.04	<0.04	0,0411	<0.04
Ni	20,3	38,6	46,2	38,7
Pb	17,8	24,1	18,9	24,8
V	47,1	72,7	49,9	83,6
Zn	64,6	115	114	120
Ag	<0.05	0,0542	0,139	0,1
Fe	24100	43600	33400	43300
P	620	812	955	716
S	1100	12000	16100	523
Sn	1,73	2,39	1,82	2,76
naftalen	<0.0020	<0.0020	0,007	<0.0020
acenaftilen	<0.0020	<0.0020	<0.0020	<0.0020
acenaften	<0.0020	<0.0020	<0.0020	<0.0020
fluoren	<0.0020	<0.0020	0,0021	<0.0020
fenantren	<0.0020	0,0021	0,0066	0,007
antracen	<0.0020	<0.0020	0,0049	<0.0020
fluoranten	0,0036	<0.0020	0,013	0,0046
pyren	0,0023	<0.0020	0,0084	0,0026
bens(a)antracen	<0.0020	<0.0020	0,0049	<0.0020
krysen	<0.0020	<0.0020	0,0051	<0.0020
bens(b)fluoranten	0,004	<0.0020	0,013	<0.0020
bens(k)fluoranten	<0.0020	<0.0020	0,006	<0.0020
bens(a)pyren	<0.0020	<0.0020	0,0063	<0.0020
dibens(ah)antracen	<0.0020	<0.0020	0,003	<0.0020
benso(ghi)perylen	0,0031	0,002	0,011	0,002
indeno(123cd)pyren	0,0042	<0.0020	0,015	<0.0020
PAH, summa 16	0,017	0,0041	0,11	0,016
PAH, summa cancerogena	0,0082	<0.0070	0,053	<0.0070
PAH, summa övriga	0,009	0,0041	0,053	0,016
PAH, summa L	<0.0030	<0.0030	0,007	<0.0030
PAH, summa M	0,0059	0,0021	0,035	0,014
PAH, summa H	0,011	0,002	0,064	0,002
PAH, summa 11	0,017	0,0041	0,094	0,016
TS_105°C		50,6	19,1	51,7
2,3,7,8-tetraCDD		<0.23	<1.3	<2
1,2,3,7,8-pentaCDD		<0.2	<2.9	<2.1
1,2,3,4,7,8-hexaCDD		<0.29	<2.2	<3.1
1,2,3,6,7,8-hexaCDD		<0.29	<2.2	<3.1
1,2,3,7,8,9-hexaCDD		<0.29	<2.2	<3.1
1,2,3,4,6,7,8-heptaCDD		<0.56	<4.8	<5.7
oktakilordibensodioxin		<1.5	<16	<4.2
2,3,7,8-tetraCDF		<0.11	<2.5	<3.7
1,2,3,7,8-pentaCDF		<0.49	<4.2	<3.1
2,3,4,7,8-pentaCDF		<0.49	<4.2	<3.1
1,2,3,4,7,8-hexaCDF		<0.21	<3.1	<3.3
1,2,3,6,7,8-hexaCDF		<0.21	<3.1	<3.3
1,2,3,7,8,9-hexaCDF		<0.21	<3.1	<3.3
2,3,4,6,7,8-hexaCDF		<0.21	<3.1	<3.3
1,2,3,4,6,7,8-heptaCDF		<0.33	<4.9	<7.3
1,2,3,4,7,8,9-heptaCDF		<0.33	<4.9	<7.3
oktakilordibensofuran		<0.65	<11	<2.1

ELEMENT	Vämlingen 0-10	Vämlingen 130-170
TS_105°C	7,5	27,6
LOI glödförlust	30,7	16,6
TOC	12	7,7
As	3,82	10,7
Cd	1,01	0,788
Co	7,69	11,6
Cr	29,2	50,6
Cu	63,2	49,8
Hg	0,0744	<0.04
Ni	31,7	44,6
Pb	28,4	16
V	35,3	54
Zn	138	103
Ag	0,178	0,111
Fe	21700	32600
P	712	888
S	17700	13900
Sn	8,98	1,56
naftalen	0,079	0,0061
acenaftalen	<0.015	<0.0020
acenaften	<0.015	<0.0020
fluoren	0,041	0,0021
fenantren	0,088	0,0049
antracen	0,031	0,0039
fluoranten	0,22	0,0034
pyren	0,17	0,0022
bens(a)antracen	0,091	<0.0020
krysen	0,083	<0.0020
bens(b)fluoranten	0,12	0,004
bens(k)fluoranten	0,065	<0.0020
bens(a)pyren	0,12	<0.0020
dibens(ah)antracen	0,025	<0.0020
benso(ghi)perylene	0,087	0,0035
indeno(123cd)pyren	0,11	0,0046
PAH, summa 16	1,3	0,035
PAH, summa cancerogena	0,61	0,0086
PAH, summa övriga	0,72	0,026
PAH, summa L	0,079	0,0061
PAH, summa M	0,55	0,017
PAH, summa H	0,7	0,012
PAH, summa 11	1,2	0,027
TS_105°C		28,8
2,3,7,8-tetraCDD		<1.8
1,2,3,7,8-pentaCDD		<2.8
1,2,3,4,7,8-hexaCDD		<2.2
1,2,3,6,7,8-hexaCDD		<2.2
1,2,3,7,8,9-hexaCDD		<2.2
1,2,3,4,6,7,8-heptaCDD		<4.2
oktakilordibensodioxin		<2
2,3,7,8-tetraCDF		<3.3
1,2,3,7,8-pentaCDF		<3.9
2,3,4,7,8-pentaCDF		<3.9
1,2,3,4,7,8-hexaCDF		<2.3
1,2,3,6,7,8-hexaCDF		<2.3
1,2,3,7,8,9-hexaCDF		<2.3
2,3,4,6,7,8-hexaCDF		<2.3
1,2,3,4,6,7,8-heptaCDF		<4.9
1,2,3,4,7,8,9-heptaCDF		<4.9
oktakilordibensofuran		<1.7

## BILAGA 2      Protokoll och fotografier från provtagning för fastställande av regionala bakgrundshalter i sediment i Stockholmsområdet

Positionsangivelser i WGS-84 (Grad, minut, decimaler av minut) och SWEREF  
Vattenstånd i Mälaren: - 6 cm  
Vattenstånd i Saltsjön: - 7 cm

### Menhammarsviken (Ekerön)

Datum för provtagning: 2018-04-19

	WGS-84	SWEREF 99 1800
Lat:	59 19,680	6579259.79
Long:	17 39,034	130107.612

Vattendjup: 2,5 m

Sedimentkärnor tagna med Jonsson-hämtare och Rysskannborr.

Prov uttaget från 0-10 och 125-155 cm.

Anm: På lappen står Bak 1 1,4-1,9. Detta är Menhammarsviken. Kärndjupet är 90-190 cm.



**Älvnäsviken (Ekerön)**

Datum för provtagning: 2018-04-19

WGS-84 SWEREF 99 1800

Lat: 59 17,708 6575566.966

Long: 17 46,794 137458.126

Vattendjup: 3,1 m

Sedimentkärnor tagna med Jonsson-hämtare och Rysskannborr.

Prov uttaget från 0-10 och 90-120 cm.

Anm: På lappen står Bak 2. Detta är Älvnäsviken. Kärndjupet är 20-120 cm.



## Byviken (Gällnö)

Datum för provtagning: 2018-04-27

WGS-84 SWEREF 99 1800

Lat: 59 23,529 6586537.219

Long: 18 39,312 187228.347

Vattendjup: 2,9 m

Sedimentkärnor tagna med Jonsson-hämtare och Rysskannborr.

Prov uttaget från 0-10 och 120-160 cm.

Anm: På lappen står Gäl 0,6 – 1,6. Detta är Byviken. Kärndjupet är 60-160.





## Vämlingen (Vindö)

Datum för provtagning: 2018-04-27

WGS-84 SWEREF 99 1800

Lat: 59 21,485 6582768.822

Long: 18 42,064 189874.382

Vattendjup: 2,8 m

Sedimentkärnor tagna med Jonsson-hämtare och Rysskannborr.

Prov uttaget från 0-10 och 130-170 cm.

Anm: På lappen står Väm 1,5 – 2,0. Detta är Vämlingen. Kärndjupet är 100 - 200 cm.



## Magelungen 2

Datum för provtagning: 2018-05-12

WGS-84 SWEREF 99 1800

Lat: 59 14,267 6569160.237

Long: 18 04,817 154582.454

Vattendjup: 3,2 m

Sedimentkärnor tagna med Jonsson-hämtare och Rysskannborr.

Prov uttaget från 0-10 och 150-230 cm.

Anm: På lappen står Magelungen 2 1,3 – 2,3. Kärndjupet är 130 – 230 cm.



## Magelungen 6

Datum för provtagning: 2018-05-12

WGS-84 SWEREF 99 1800

Lat: 59 13,686 6568082.426

Long: 18 05,550 155281.259

Vattendjup: 2,9 m

Sedimentkärnor tagna med Jonsson-hämtare och Rysskannborr.

Prov uttaget från 0-10 och 200-250 cm.

Anm: På lappen står Magelungen 6 1,5 – 2,5. Kärndjupet är 150 – 250 cm.

