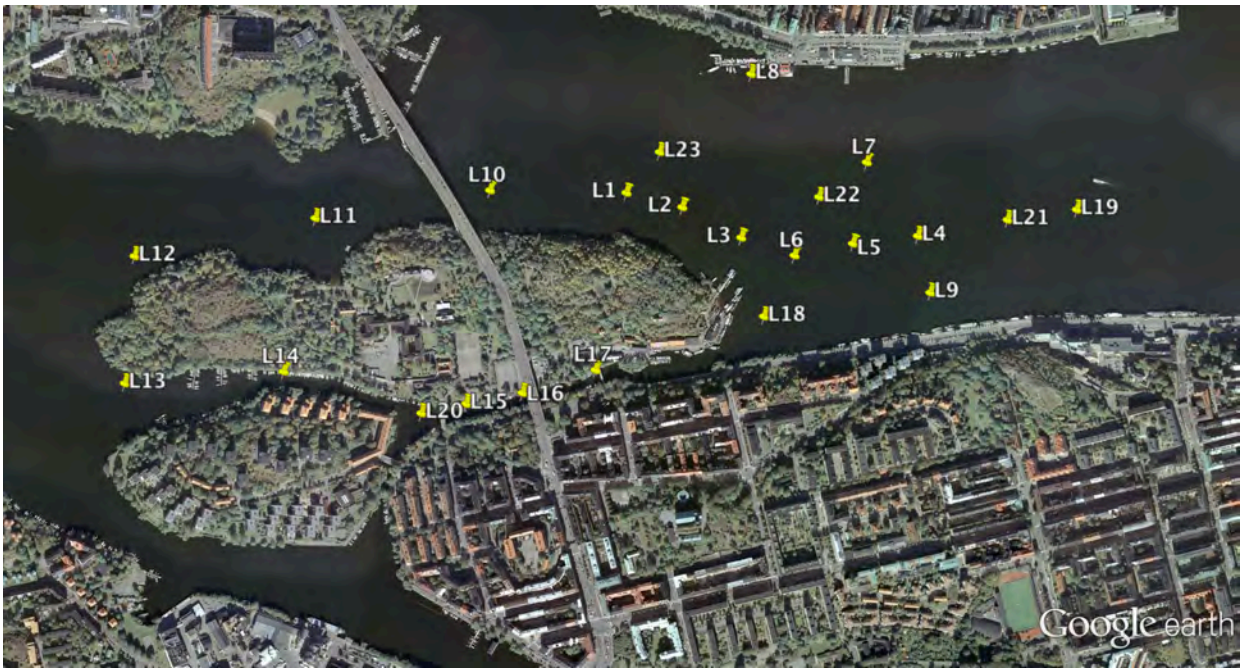
.

JP Sedimentkonsult HB

Provtagning av sediment i Riddarfjärden



Mottagare:
Ulf Mohlander
Stockholms stad
Miljöförvaltningen
Miljöanalys
Box 8136
104 20 Stockholm

Sollenkroka den 9 november 2015

JP Sedimentkonsult Rapport 2015:2

Adress	Telefon	Postgiro	Bankgiro	Org.nr
JP Sedimentkonsult HB	08-57163744	219638-4	5943-4704	969720-0815
Västernäsvägen 17	070-5208057			
139 74 Djurhamn				
per@jpsedimentkonsult.se				
www.jpsedimentkonsult.se				

INNEHÅLLSFÖRTECKNING

SAMMANFATTNING		3
1	UPPDRAG OCH SYFTE	5
2	OMRÅDESBESKRIVNING	6
2.1	Djupförhållanden	6
2.1.1	Långholmskanalen	6
2.1.2	Pålsundet	6
2.1.3	Riddarfjärden	8
3	MATERIAL OCH METODER	8
3.1	Fartyg	8
3.1.1	Positionering	9
3.1.2	Djupmätning	9
3.2	Utrustning	9
3.2.1	Sedimentprovtagare	9
3.2.1.1	Geminihämtare	9
3.2.1.2	Ponarhämtare	10
3.2.1.3	Side scan sonar	10
3.2.2	Dokumentation av sedimentkärnor	11
3.2.3	Side scan sonar	11
3.3	Kartering av undersökningsområdet	12
3.4	Sedimentprovtagning	12
3.5	Datering	12
3.5.1	Varvräkning	12
3.6	Analyser	13
3.7	Bottentyper	13
3.8	Sedimentfokusering	14
4	RESULTAT OCH DISKUSSION	16
4.1	Djupförhållanden	16
4.1.1	Långholmskanalen	16
4.1.2	Pålsundet	16
4.1.3	Riddarfjärden	17
4.2	Bottenförhållanden	18
4.2.1	Kartering med side scan sonar	18
4.2.2	Iakttagelser från side scan sonarunderlaget	18
4.2.2.1	Möjlig dumpning	18
4.2.2.2	Rör utanför Västerbrohamnen	19
4.2.2.3	Felaktigt inmätt grund?	20
4.2.2.4	Djuphålor i Pålsundet	21
4.2.2.5	Vrak	21
4.2.3	Bottendynamik	23
4.2.4	Karaktärisering av undersökningsområdets sediment	24
4.2.4.1	Ytsediment	24
4.2.4.2	Kärnor	26
4.3	Föroreningar i sediment	27
4.3.1	Västra Riddarfjärden	27
4.3.1.1	Statistiska samband	27
4.3.1.2	Rumslig variation	29
4.3.1.2.1	Metaller	29
4.3.1.2.1.1	Klassning	29
4.3.1.2.1.2	Geografisk fördelning	29
4.3.1.2.2	Organiska tennföreningar	32
4.3.1.2.2.1	Klassning	32
4.3.1.2.2.1	Geografisk fördelning	32
4.3.2	Långholmskanalen och Pålsundet	33
4.3.2.1	Metaller	33
4.3.2.2	Organiska tennföreningar	34
4.3.3	Tidstrender	36
4.3.3.1	Metaller	36
4.3.3.2	Organiska tennföreningar	38
REFERENSER		40
BILAGA 1	Protokoll och fotografier från sedimentprovtagning	
BILAGA 2	Resultat och analysmetoder	

SAMMANFATTNING

Fältarbetena utfördes den 16/7 och 20/7 2015 från undersökningsbåten R/V Perca. Arbetet inleddes med en side scan sonarkartering av en stor del av Riddarfjärden, Långholmskanalen och Pålsundet. Djupmätningar genomfördes längs ett antal spår i samma område av Riddarfjärden samt ett spår genom Långholmskanalen och Pålsundet.

Utifrån karteringen med side scan sonar och djupmätningarna, genomfördes sedan sedimentprovtagning på 28 provtagningsstationer i området. Fem av dessa bedömdes bestå av erosions- eller transportbottnar varför inga analyser utfördes på dessa stationer.

Proverna har analyserats med avseende på metaller och organiska tennföreningar i alla ytsediment. På station L1 och L3 har retrospektiva studier utförts av kärnor på ett tiotal nivåer.

Överensstämmelsen är generellt sett god mellan sjökortsinformation och uppmätt djup enligt DrDepth i Långholmskanalen och Pålsundet. Ett undantag är dock på båda sidor om Västerbroleden där djupet är avsevärt större (> 4 m) än i andra delar av kanalen.

Många iakttagelser har gjorts från side scan sonarunderlaget. Strax nordost om slipen vid Mälarvarvet noterades diffusa ekon som uppvisar likheter med ekon som tidigare bedömts utgöra dumpningsområden. En tydlig rörledning noterades på bottnen utanför Västerbrohamnen. Grundklacken utanför den nordvästra delen av Långholmen tycks ligga klart öster om den i sjökortet angivna grundklacken. Djuphålor konstaterades på vardera sidan av Västerbron i Pålsundet. I det karterade området hittades tre stycken mer eller mindre tydliga vrak på bottnen.

Gränsen mellan ackumulation och transport/erosion i Riddarfjärden ligger på 10 ± 3 m. I olika delar av fjärden kan ackumulationsgränsen ligga både djupare och grundare än 10 m beroende på vågexponeringen från främst fartygstrafiken. Samtliga stationer utom L8, L14 och L20 (E/T-bottnar) är att karaktärisera som A-bottnar.

Halterna av koppar, bly och kvicksilver i västra Riddarfjärden är utifrån bedömningsgrunder för kust och hav att klassificera som stor avvikelse (Klass 4) eller mycket stor (Klass 5). Zinkhalterna hamnar i Klass 3 – Klass 5 medan kadmiumhalterna motsvarar Klass 3 och 4. Övriga metaller utom något enstaka högt värde hamnar i de tre lägsta klasserna. Indikationer finns på att vissa metaller (koppar, zink, arsenik, krom och i viss mån kvicksilver) visar gradienter inemot Långholmens ostudde där reparations- och underhållsvarvet Mälarvarvet är beläget. De registrerade gradienterna är svaga och förutom de höga värdena från stationerna L10 och L18 är det fråga om förhöjningar med i storleksordningen en faktor 2. Något högre halter av koppar, zink, bly och kvicksilver noteras i den östra delen av Pålsundet. Haltnivåerna är generellt sätt något högre än i öppna Riddarfjärden och haltfördelningarna för koppar, bly och kvicksilver indikerar ökande halter mot den närmaste stationen L18 i öppna Riddarfjärden.

Gränsvärden för bedömning av god kemisk status har upprättats av HaV-myndigheten för bly, kadmium, antracen, fluoranten och TBT i sediment. Bly, kadmium och TBT har analyserats i föreliggande undersökning.

Vad gäller bly anges ett gränsvärde på 120 mg/kg ts. På 17 av de totalt 23 undersökta stationerna är halterna lika med eller högre än gränsvärdet, men det är bara en station där halten överstiger gränsvärdet med en faktor 3. För kadmium är gränsvärdet efter korrigering

för naturlig bakgrund 2,5 mg/kg ts. Samtliga 23 undersökta stationer uppvisar halter som är lika med eller lägre än detta.

Medelhalten av TBT i västra öppna Riddarfjärden är 281 µg/kg TS med ett maxvärde på 1300 µg/kg TS. De organiska tennföreningarna uppvisar tydligare gradienter än metallerna in emot Långholmens ostudde och det är särskilt tydligt vad gäller TBT. TBT-halterna i Långholmskanalen och Pålsundet ligger alla i Klass 4 eller 5. De höga halterna av nedbrytningsprodukterna DBT och MBT indikerar att nedbrytningen av TBT är långt framskriden och att åtminstone en del av föroreningen kan vara gammal.

I Havs- och vattenmyndighetens riktlinjer anges ett gränsvärde för TBT för uppnående av god status i sediment på 1,6 µg/kg ts. Detta innebär att samtliga 23 stationer i Riddarfjärden överstiger gränsvärdet för god kemisk status med mer än tio gånger. Tio stationer har halter som är mer än 100 gånger högre än gränsvärdet.

Tydliga tidstrender kan iakttas i de analyserade sedimentkärnorna. Halterna av alla ämnen utom krom, kvicksilver och nickel ökar från 1940-talet fram till 1960-70-talen och avtar därefter. Vad gäller krom noteras en tydlig uppgång som börjar först under 1960-talet och når maxhalter under 1990-talet för att därefter avta. Nickelhalterna är generellt sett låga och uppvisar ingen tydlig tidstrend. Kvicksilverhalterna varierar mycket men uppvisar möjligen en tendens till sjunkande halter från 1950-talet och framåt.

Tidstrenden för organiska tennföreningar är tydlig i kärnan från station L3 med inga halter under 1960-talet och början av 1970-talet. Låga halter av nedbrytningsprodukten MBT noteras från slutet av 1970-talet fram till 1990-talet då kraftiga ökningar sker av såväl TBT, DBT som MBT. Högsta halten av TBT detekteras i skiktet från omkring 2000 och mer än halveras därefter.

1 UPPDRAG OCH SYFTE

JP Sedimentkonsult HB har av miljöförvaltningen, Stockholms stad, fått i uppdrag att genomföra side scan sonarkartering och djupmätning av Riddarfjärden, Långholmskanalen och Pålsundet och utifrån karteringsunderlaget genomföra sedimentprovtagning i området. JP tackar för förtroendet och har glädjen att härmed redovisa slutrapporten för projektet.

Beställare
Ulf Mohlander
Stockholms stad
Miljöförvaltningen
Miljöanalys
Box 8136
104 20 Stockholm

Syfte

Syftet med undersökningen är att:
* Genomföra kartering med side scan sonar och djupmätning av Riddarfjärden, Långholmskanalen och Pålsundet
* Utifrån karteringsresultaten genomföra ytsedimentprovtagning på ett trettiotal stationer för att utröna föroreningssituationen i områdets ytsediment
* Utifrån studier av tre sedimentkärnor beskriva de senaste 50 årens föroreningshistorik i Riddarfjärden
* Sammanställa data i en rapport där områdets sedimentförhållanden karaktäriseras, den rumsliga föroreningssituationen och föroreningshistoriken redovisas.

I denna undersökning har vi använt ett klassificeringssystem av bottentyper enligt Håkanson and Jansson (1983). Bottnarna karaktäriseras enligt följande:
- Ackumulationsbottnar (A-bottnar) är bottnar där finmaterial (medium silt, kornstorlek < 6 µm) deponeras kontinuerligt.
- Transportbottnar (T-bottnar) är bottnar med diskontinuerlig deposition av finmaterial, dvs. där perioder med ackumulation omväxlar med resuspensions- och transportperioder.
- Erosionsbottnar (E-bottnar) är bottnar där deposition av finmaterial ej sker.

Arbetsmoment

Arbetet har omfattat följande moment:
- Djupkartering med ekolod och programvaran DrDepth
- Kartering med side scan sonar
- Genomgång och utvärdering av side scan sonar underlag för val av sedimentprovtagningsstationer
- Fältprovtagning av sediment
- Dokumentation av sedimentprover/kärnor och uttag av prover
- Analys av sedimentprov
- Bearbetning och utvärdering
- Delrapportering
- Möten
- Slutrapportering

2 OMRÅDESBESKRIVNING

2.1 Djupförhållanden

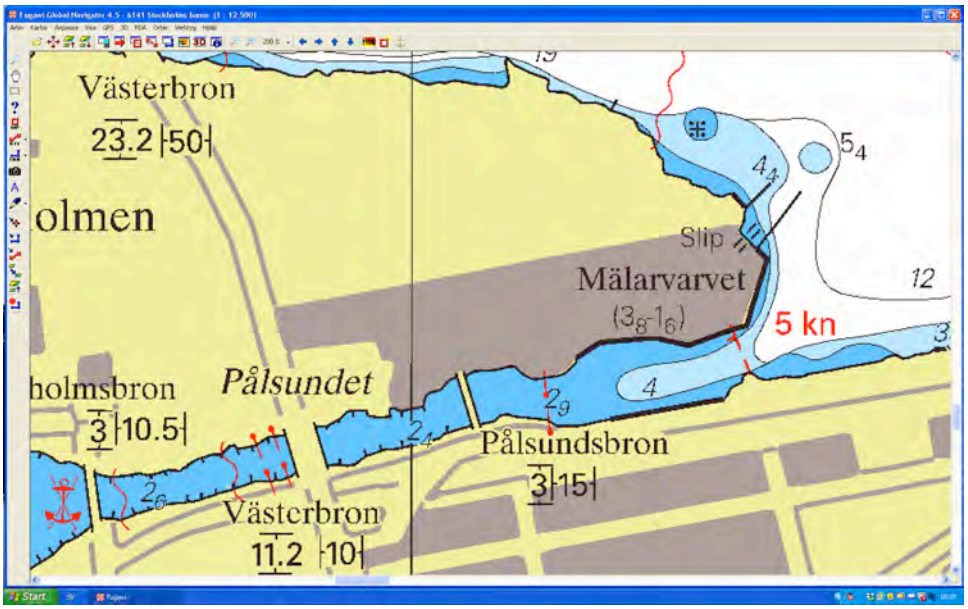
2.1.1 Långholmskanalen

I Pålsundet finns en stor mängd fritidsbåtar och båtplatser, båtklubbar, upptagningsplatser och en spolplatta. Vid Pålsundets mynning i Riddarfjärden vid östra Långholmen finns Mälarvarvet som är ett servicevarv för underhåll, reparationer och ombyggnader av alla typer av fartyg. Varvet har två slipar som klarar sliptagning av fartyg upp till 100 respektive 500ton. Här finns också båtplatser för husbåtar och Sjömansskolan har också verksamhet där. Djupet i Långholmskanalen varierar enligt sjökortsinformation från 2,4 m inne i kanalen till som mest 3,9 m strax före vidgningen norr om Reimersholme (Fig.1).

Figur 1 Djupförhållanden (sjökortsutdrag) i Långholmskanalen

2.1.2 Pålsundet

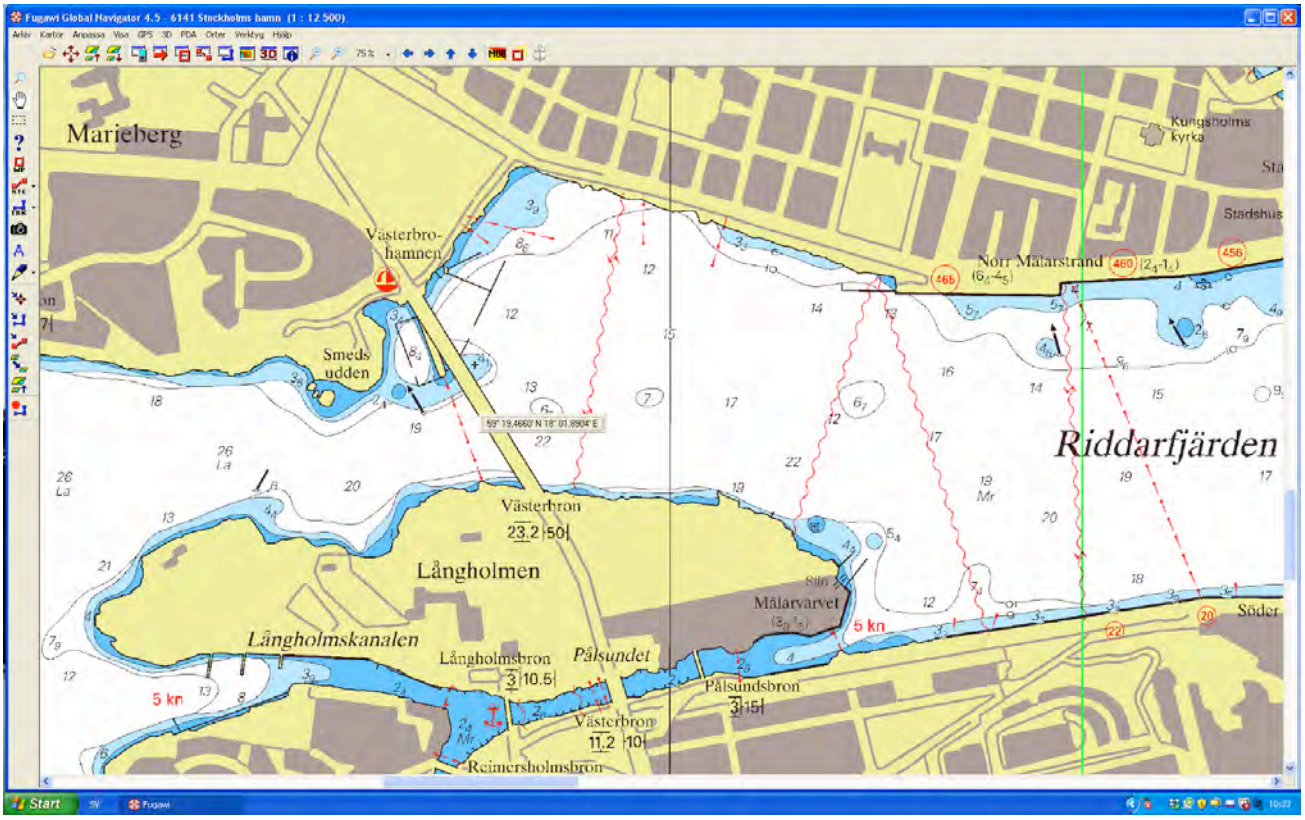
Djupet i Pålsundet varierar enligt sjökortet mellan 2,4 m och 4 m vid mynningen i Riddarfjärden söder om Mälarvarvet (Fig. 2).



Figur 2 Djupförhållanden (sjökortsutdrag) i Pålsundet.

2.1.3 Riddarfjärden

Ett förhållandevis stort område i den södra delen av västra Riddarfjärden (Fig. 3) har enligt sjökortet djup på mellan 17 och 22 m.



Figur 3 Djupförhållanden (sjökortsutdrag) på Riddarfjärden.

3 MATERIAL OCH METODER

3.1 Fartyg

Fältarbetena utfördes den 16/7 och 20/7 2015 från undersökningsbåten R/V Perca (Fig. 4).

Figur 4 Undersökningsbåten R/V Perca.

3.1.1 Positionering

Positionsbestämning av såväl transekter som provpunkter skedde med hjälp av en GPS-mottagare av märket No: BU-353 som medger en positionsnoggrannhet av några få meter. Eftersom sonarfisken släpas efter båten måste positionen för denna bestämmas i förhållande till båten där GPS-en registrerar positionen. I denna studie gick sonarfisken på ca 3 m i Riddarfjärden men endast på 1 meters djup i Långholmskanalen och Pålsundet. Sonarkabeln lades fast på ett knap styrbord akter. GPS-mottagaren sattes fast strax akter om knapet. Med den fart som användes, ca 5 knop, innebar detta att sonarfiskens position i kanalen var endast 1 m akter om GPS-mottagaren. I Riddarfjärden var fiskens position ca 2 m akter om GPS:en.

3.1. 2 Djupmätning

Ett navigationsekolod av modell Garmin 400C användes kontinuerligt under provtagningen för att registrera bottendjupet och ge en uppfattning om bottendynamiken.

För att kunna upprita djupkartor över de studerade områdena användes programvaran DrDepth som i kombination med provtagningsbåtens ordinarie ekolod kontinuerligt registrerar djupet. Efter inhämtning av tillräcklig mängd djupdata kan programmet framställa integrerade djupkartor antingen med isolinjer eller i 3D-format. Vattendjupen i de erhållna kartorna är kalibrerade mot det aktuella vattenståndet vid provtagningstillfället och gäller sålunda för 2015 års medelvattenstånd i Mälaren.

3.2 Utrustning

3.2.1 Sedimentprovtagare

3.2.1.1 Geminihämtare

Geminihämtaren (Fig. 5), som användes i denna studie, utvecklades under början av 1990-talet av den finske sedimentologen Lauri Niemistö (Winterhalter 1998). 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 nyttjas 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 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 svalt ombord och transporterades efter provtagningen till kylrum och förvarades i + 4º C i avvaktan på dokumentation och provuttag.

Figur 5 Gemini-hämtaren laddad och redo för hugg.

3.2.1.2 Ponarhämtare

För ytsedimentprovtagning på E- och T-bottnar samt på grunt vatten användes den välbeprövade och för ytsedimentprovtagning ofta utnyttjade Ponarhämtaren (Fig. 6). Den har en enkel och funktionellt tillförlitlig konstruktion. Löstagbara vikter gör att den kan användas på såväl mjuka som hårda bottnar. Denna provtagare användes främst på de något hårdare bottnarna i anslutning till stränderna.

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. I förekommande fall gjordes provtagningen om. Från Ponarhämtaren uttogs prov som representerar de översta 0-2 cm av sedimentet.

Figur 6 Ponarhämtaren laddad och redo för hugg.

3.2.2 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.

3.2.3 Side scan sonar

I denna studie användes en Side scan sonar av typ DeepVision (340 KHz) med towfish DeepEye 340 SS (DeepVision, 2009; Fig. 7). Svepvidden går att variera mellan 30-200 meter åt varje håll beroende på bottentopografi och områdets djupförhållanden. Man kan även välja att bara scanna antingen åt styrbord eller babord. I detta arbete användes svepvidden 30 m åt vardera sidan i Kanalerna och 2x70 m i Riddarfjärden.

Figur 7 Portabel side scan sonar av typ DeepVision (340 KHz).

En sidtittande sonar använder ljudvågor för att registrera olika bottentyper. Ordet sonar är en förkortning av "sound navigation and ranging". I en torpedliknande "fisk" 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 bottnen. I fisken omvandlas dessa till elektriska impulser, som går till datorn ombord på båten, varvid en horisontell skalriktig bild av bottnen erhålles. Starka reflektioner (hårda bottnar och hårda föremål) avbildas som ljusa partier i sonarplottet och svaga reflektioner (mjuka bottnar) avbildas mörkare. Sonarkarteringen ger en ytriktig "flygbild" över bottnen.

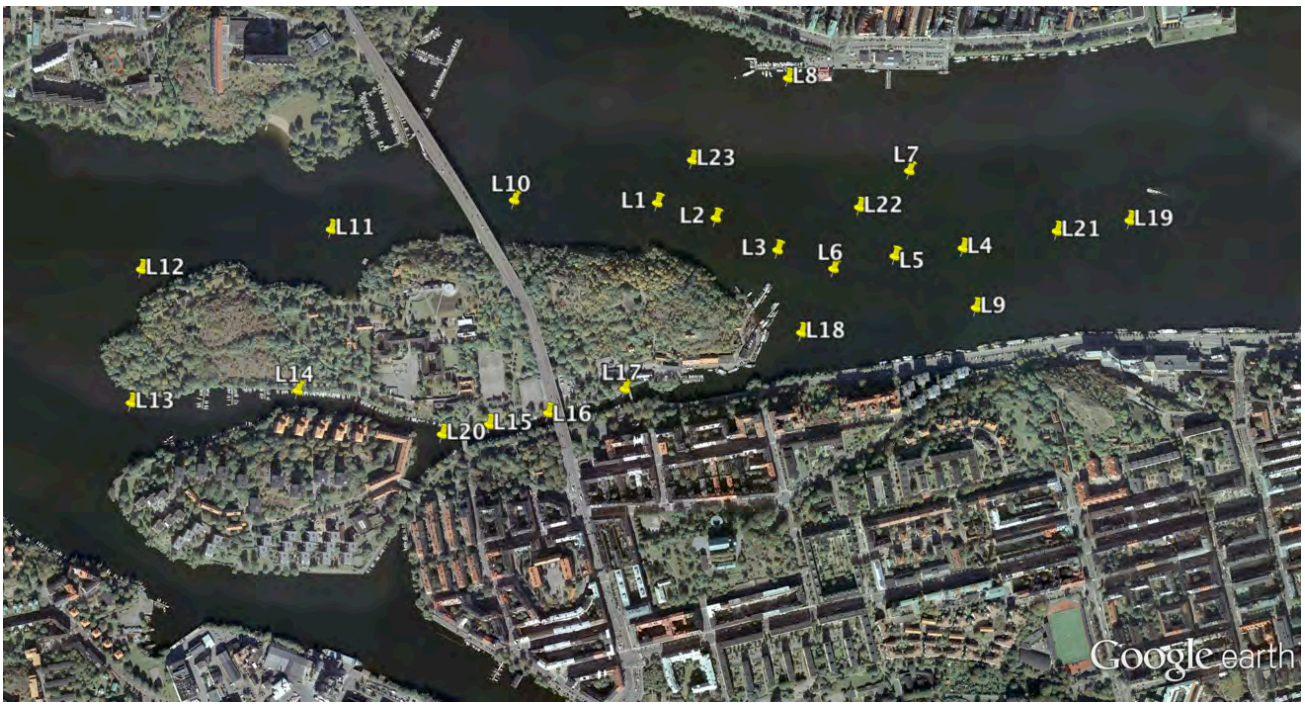
3.3 Kartering av undersökningsområdet

Kartering av Riddarfjärden genomfördes den 16/7 2015 inom navigeringsbara områden längs transekter med ett transektavstånd av 100 m.

3.4 Sedimentprovtagning

Baserat på djupkarteringen och side scan sonar-karteringen utvaldes lämpliga stationer för sedimentprovtagning. Det viktigaste kriteriet för val av stationer var att de skulle ligga på A-bottnar. Det andra viktiga kriteriet var att de skulle ligga i gradienter in mot Långholmens ostudde både norr om Långholmen och i Långholmskanalen/Pålsundet.

Sedimentprovtagningen genomfördes den 16/7 och 20/7 2015 från forskningsfartyget R/V Perca på 28 provtagningsstationer i området (Fig. 8). Fem av dessa bedömdes bestå av erosions- eller transportbottnar varför inga analyser utfördes på dessa stationer. Ytsediment (0-2 cm) togs med Ponarhämtare och på tre stationer (L1, L3 och L5) togs kärnor med Geminihämtare.



Figur 8 Provtagningsstationer i Riddarfjärden, Långholmskanalen och Pålsundet.

3.5 Datering

3.5.1 Varvräkning

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).

När syrehalterna vid bottnarna är så höga att bottendjur kan leva där, får bottensedimenten en speciell karaktär. Sedimenten avspeglar de miljöförhållanden som rådde då de bildades. Finns det bottendjur så gräver och bökar de i det lösa ytsedimentet och blandar om det (s.k.

bioturbation) så att sedimentet från denna tid är en i stort sett homogen lera, utan synliga varv eller andra strukturer (Jonsson et al., 2003).

Om däremot syreförhållandena varit så dåliga att bottendjuren inte kan leva där (<2-3 mg syrgas/l), finner man oftast varviga (laminerade) sediment. Detta kommer sig av att det material som uppifrån vattenmassan regnar ner till bottnen varierar i sammansättning från årstid till årstid. Eftersom inga djur funnits på bottnarna, har inte heller materialet blandats och då kvarstår skillnaderna. Ett årsvarv bildas. Lamineringen behöver inte innebära att djur saknas helt. Ofta finner man diffusa varvstrukturer som indikerar ett djurfattigt bottensamhälle som inte förmår blanda om sedimentet helt.

3.6 Analyser

Alla prover har analyserats av Alcontrol med avseende på torrsubstanshalt (TS), glödgningsförlust (LOI) metaller (Cu, Zn, Cr, Ni, Cd, Hg, Pb, Ag, As, Co, Fe, Mn) samt organiska tennföreningar (TBT, DBT, MBT).

Resultat och analysmetoder framgår av Bilaga 2.

3.7 Bottentyper

Vid denna undersökning har följande definition av bottentyper använts (Håkanson & Jansson, 1983):

- **Ackumulationsbottnar (A-bottnar)** är bottnar där finmaterial kontinuerligt deponeras.
- **Transportbottnar (T-bottnar)** är bottnar med oregelbunden deposition och borttransport av finmaterial och blandade sediment.
- **Erosionsbottnar (E-bottnar)** är bottnar där grövre material (> 0,006 mm) dominerar.

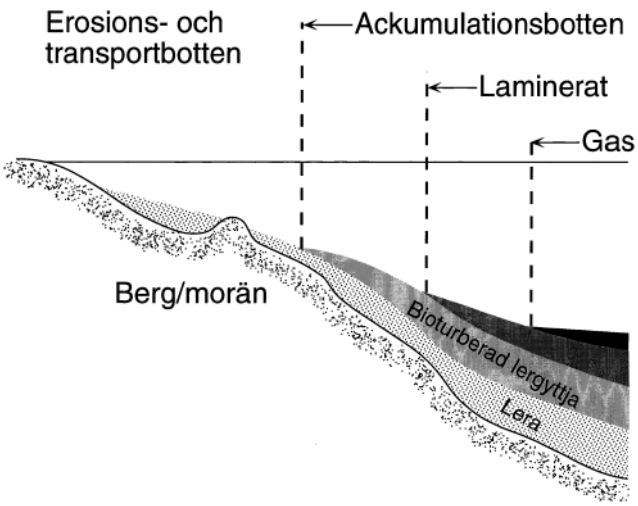
För att på ett tillfredsställande sätt genomföra sedimentundersökningar i ett kustområde eller sjö fordras kännedom om vilka bottendynamiska förhållanden som råder på platsen.

Den viktigaste drivande kraften som avgör vid vilka djup olika bottentyper 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 vattenvågor på ytan ger upphov till turbulens djupare ned i vattenmassan. Den är av avgörande betydelse för var ackumulationsbottnar för finsediment kan uppträda. Generellt kan säjas att ovanför vågbasen uppträder erosions- och transportbottnar och under den finner man ackumulationsbottnarna. Undantag finns där den lokala strömsituationen kan ha stor betydelse för sedimentdynamiken. Erfarenheten visar att A-bottnar kan uppträda i skyddade vikar och fjärdar på endast någon eller några få meters djup. I öppna havsexponerade lägen finner man dock ofta A-bottnar först på djup överstigande 75-80 m (Jonsson et al., 1990). Detta leder också till att gränsen mellan A-bottnar och E/T-bottnar 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-bottnar återfinns djupare ned. Om man mer i detalj önskar kartera detta bör en tätare sonarkartering genomföras kompletterad med verifierande insamling av sedimentkärnor från ett antal lokaler runt fjärden. Man kan även teoretiskt (vid skrivbordet) beräkna såväl den effektiva fetchen, som vågbasen och gränsen mellan A-bottnar och E/T-bottnar (Håkanson and Jansson, 1983).

Erosionsbottnar utgörs av sten, grus och sand, ofta överlagrande en glacial eller postglacial lera, och har låga vattenhalter och organiska halter. Eftersom det hela tiden sker en borttransport av material från erosionsbottnar är halterna av näringsämnen och föroreningar normalt låga.

Transportbottnar kännetecknas av mycket varierande halter av näringsämnen och föroreningar, vilket beror på att dessa bottnar periodvis fungerar som ackumulationsbottnar. Vid ett stormtillfälle kan dock det tidigare ackumulerade materialet resuspenderas och förflyttas nedåt mot de oftast djupare belägna ackumulationsbottnarna.

Ackumulationsbottnarna består av finmaterial som gyttjelera och lergyttja och har höga vattenhalter. Ibland kan t.o.m. gränsen mellan sediment och vatten vara svår att avgöra p.g.a. den höga vattenhalten i ytsedimentet. Vanligen finner man de högsta halterna av de flesta föroreningar i ackumulationsbottnarna. Dessa bottnar innehåller även naturligt hög halt organiskt material.



Figur 9 Principskiss över en recent lagerföljd från djupområde till strandzon.

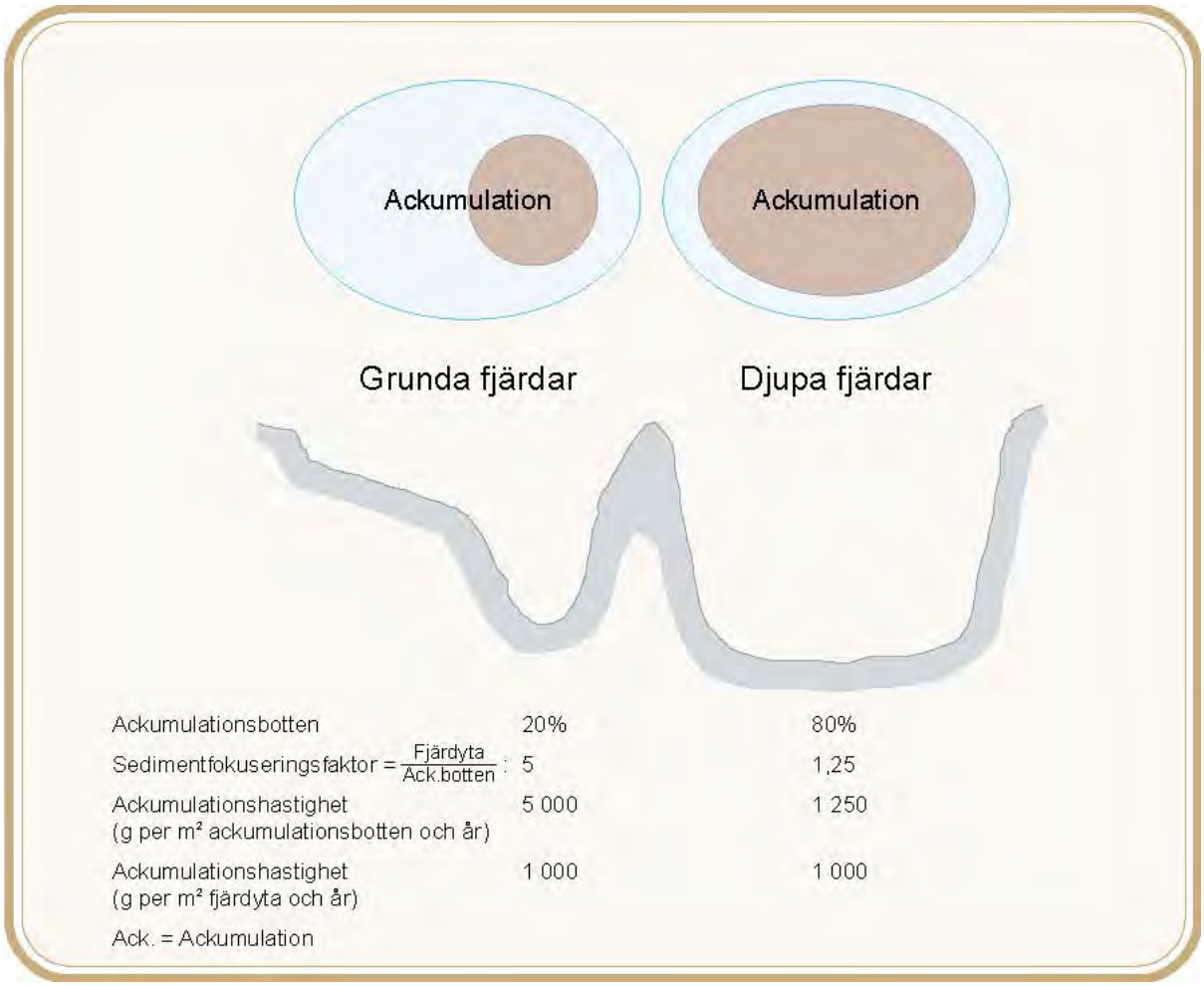
Oftast återfinns E-/T-bottnarna på mindre vattendjup än A-bottnarna. En vanlig lagerföljd kan se ut som i Figur 9 där de olika sedimenttyperna börjar uppträda på olika vattendjup. I en opåverkad sjö eller skärgårdsfjärd domineras vanligen A-bottnarna av bioturberade lergyttjesediment. Om syrehalten vid bottnen längre eller kortare perioder underskridit 2-3 mg O_2/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.

3.8 Sedimentfokusering

Det är inte möjligt att göra en jämförelse av fastläggning i sediment mellan två fjärdområden om inte hänsyn tas till sedimentfokusering, vare sig det gäller den totala sedimentackumulationen eller rör sedimentfastläggning av enskilda ämnen (t ex metaller eller organiska miljögifter). Grundförutsättningen för att jämförelser skall kunna göras är att A-

bottenarean bestäms, vilket vi har gjort genom en kombination av side scan sonarkartering och sedimentprovtagning. Principen för normalisering för sedimentfokusering illustreras i figur 2 och går helt enkelt ut på att omräkna sedimentackumulationen i ackumulationsområdena till att gälla för hela fjärdytan.

I det illustrerade exemplet (Fig. 10) är sedimentackumulationen per kvadratmeter A-botten mycket högre i den djupa fjärden jämfört med den grunda. Om hänsyn tas till fokuseringseffekten och sedimentackumulationen beräknas per kvadratmeter fjärdyta är det dock möjligt att göra jämförelser av sedimentfastläggningen. I detta exempel är sedimentackumulationen lika stor i båda fallen.



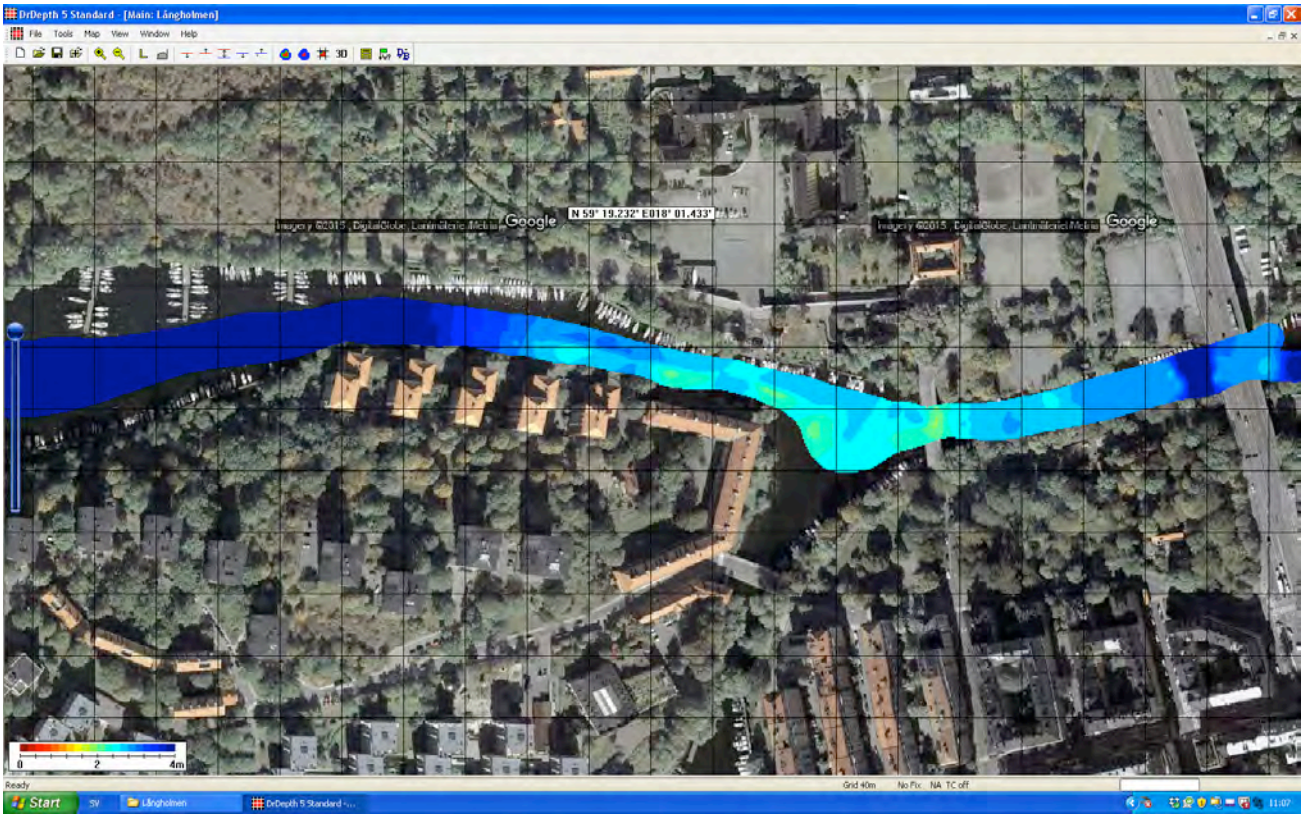
Figur 10 Principen för sedimentfokusering.

4 RESULTAT OCH DISKUSSION

4.1 Djupförhållanden

4.1.1 Långholmskanalen

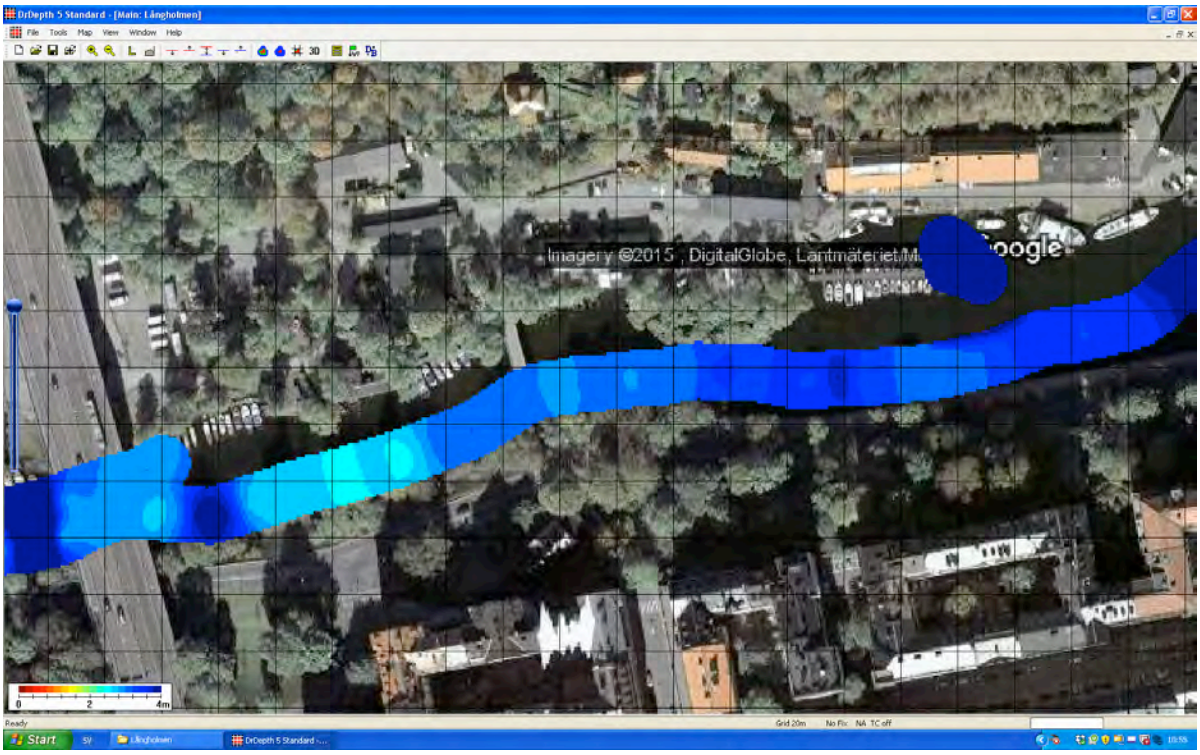
Överensstämmelsen är god i Långholmskanalen mellan sjökortsinformation och uppmätt djup enligt DrDepth (Fig.11).



Figur 11 Djupförhållanden (enligt DrDepth) i Långholmskanalen

4.1.2 Pålsundet

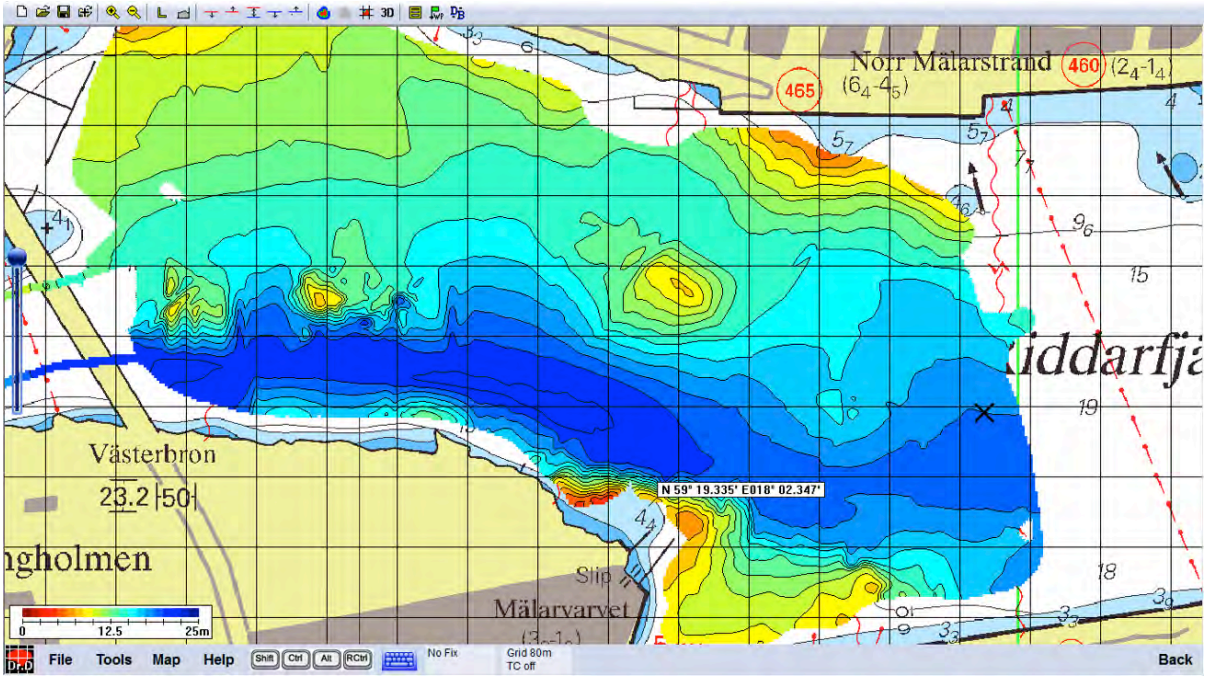
Överensstämmelsen är även i Pålsundet god mellan sjökortsinformation och uppmätt djup enligt DrDepth (Fig.12). Ett undantag är dock på båda sidor om Västerbroleden där djupet är avsevärt större än i andra delar av kanalen, nämligen > 4 m. Station L16 som ligger i den västra av dessa djupare avsnitt har ett djup på 4,6 m och uppvisar torrsubstanshalt och glödgningsförlust som klart indikerar ackumulationsförhållanden.



Figur 12 Djupförhållanden (enligt DrDepth) i Pålsundet.

4.1.3 Riddarfjärden

Djupförhållandena i Riddarfjärden illustreras i grova drag i sjökortsutdraget men en avsevärt bättre upplösning erhålles efter lodning med DrDepth (Fig. 13). Det djupare avsnittet i de sydvästra delarna av fjärden visas med stor detaljrikedom och det kan konstateras att många av provtagningsstationerna ligger i detta djupare område.



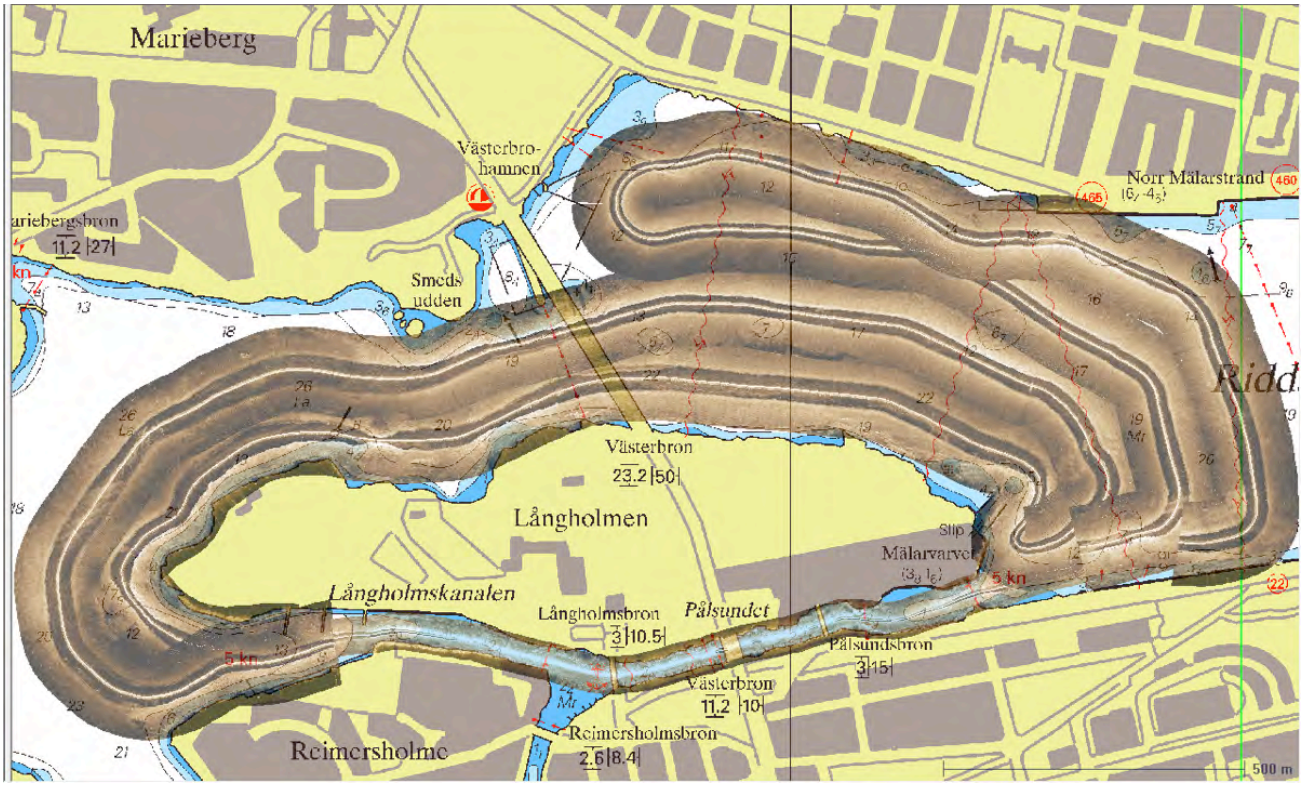
Figur 13 Djupförhållanden (enligt DrDepth) på Riddarfjärden.

4.2 Bottenförhållanden

4.2.1 Kartering med side scan sonar

I figur 14 visas undersökningens översiktliga sonarplott inlagda i sjökortet. Man kan med fördel förstora bilden i Word för att studera detaljer. Emellertid begränsas upplösningen i denna typ av fil. Behövs en högre detaljrikedom kan man studera de enskilda sonarfilerna som har en avsevärt bättre upplösning. För att kunna göra detta måste man dock få tillgång till programvaran DeepView SE via www.deepvision.se.

I avsnitt 4.2.2 görs en genomgång av speciella iakttagelser som gjorts från sonarplotten. Dessa har även bl.a. använts som underlag för att ta fram en bottendynamisk karta (Avsnitt 4.2.3).

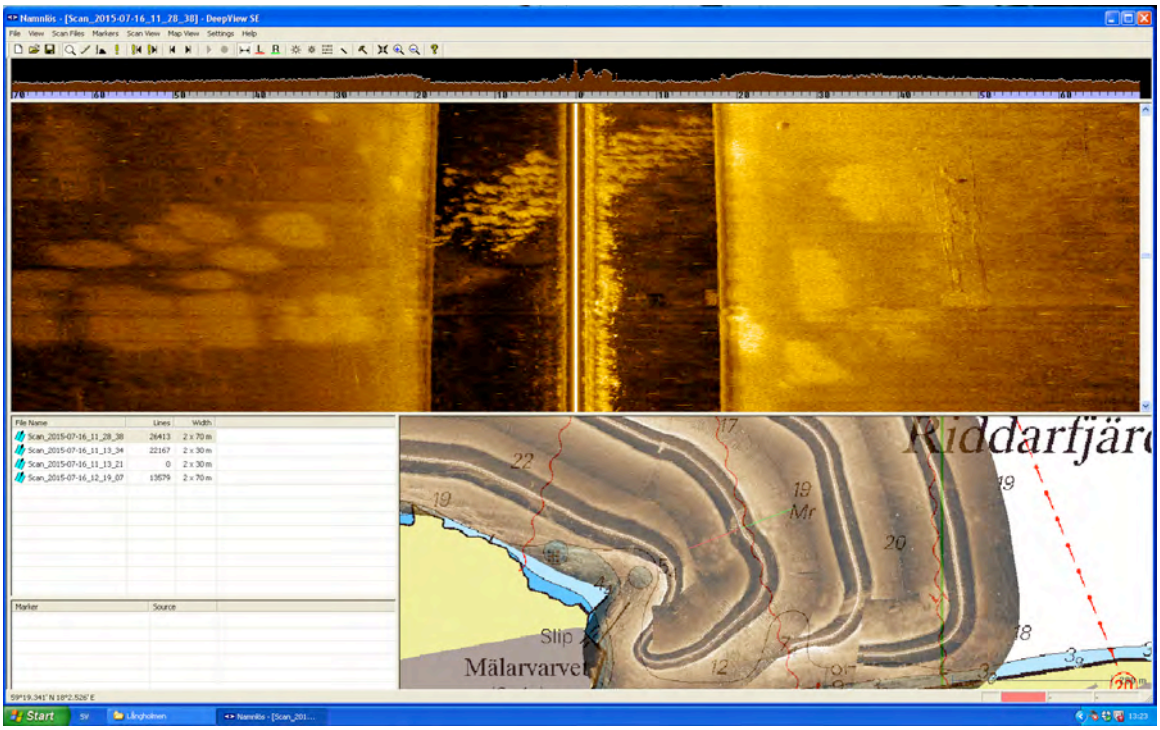


Figur 14 Översikt över undersökningsområdet med side scan sonar-transekter från juli 2015 inlagda.

4.2.2 Iakttagelser från side scan sonarunderlaget

4.2.2.1 Möjlig dumpning

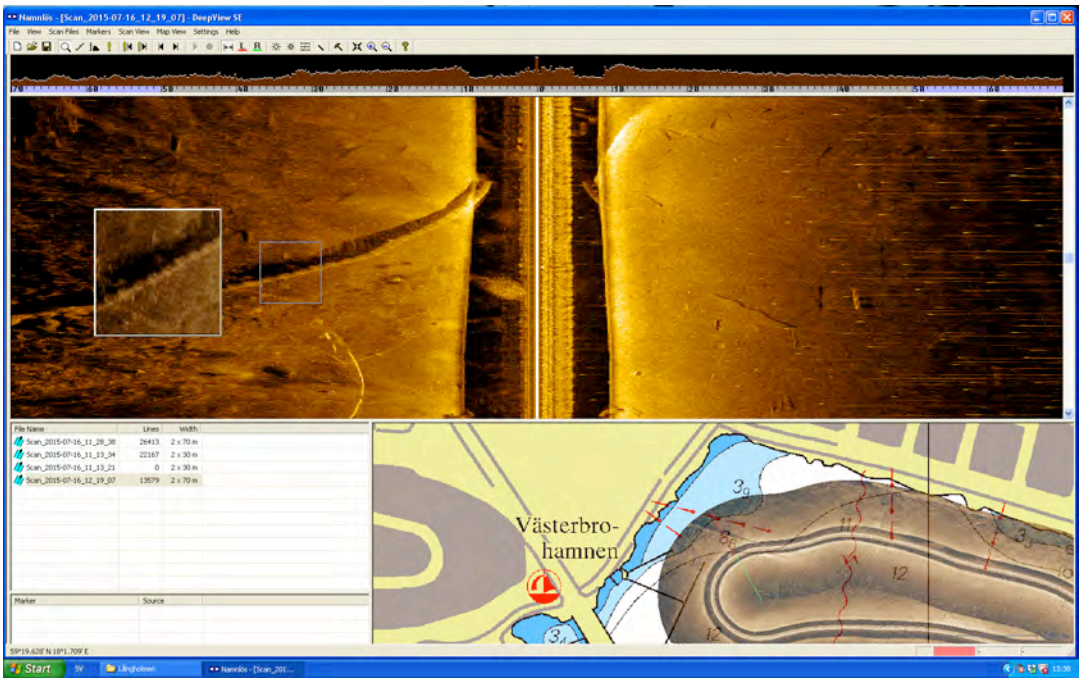
Strax nordost om slipen vid Mälarvarvet noterades diffusa 5-15 m stora ekon (Fig. 15) som uppvisar likheter med ekon som tidigare detekterats i dumpningsområden.



Figur 15 Side scan sonarplott från området nordost om Mälarvarvets slip. Den övre delen av figuren visar sonarplottet i detalj. Fartyget har gått nedifrån i bild och uppåt och spåret i mitten ligger rakt under sonarfisken. Det breda mörka området representerar en blind sektor rakt under fisken. Skalan i meter återfinns i plottets övre del och visar avståndet från fartyget i sidled, i detta fall max 70 m. Den undre högra delen av bilden visar sonarplotten inlagda i sjökortet. Ju bredare den blinda sektorn är desto större vattendjup. Listan till vänster identifierar de använda sonarfilerna.

4.2.2.2 Rör utanför Västerbrohamnen

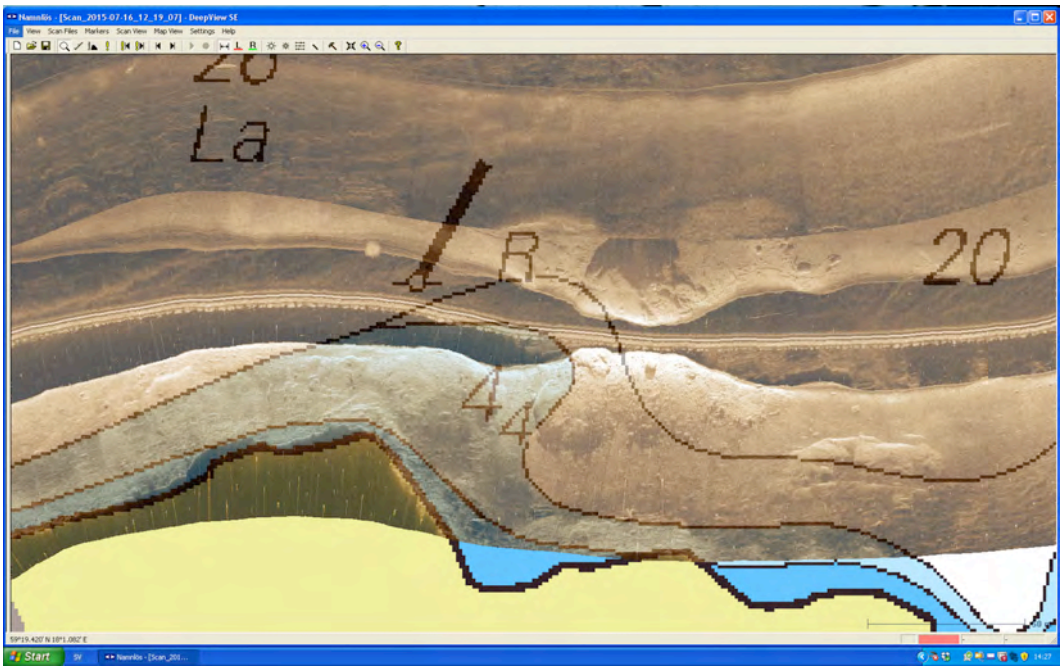
Många detaljer kan urskiljas på bottnen med hjälp av sonaren. Ofta kan man tydligt se kablar och rörledningar. I Fig. 16 visas ett sonarplott där en rörledning från land ligger tydligt exponerad på bottnen.



Figur 16 Rörledning på bottnen utanför Västerbrohamnen. Den stora rutan i den översta vänstra delen av plottet är en uppförstoring (2 ggr) av den lilla rutan och visar tydligt en rörledning som går ut från området norr om Västerbrohamnen. Den anges i sjökortet (undre högra bilden) som röda streckade linjer från strax nordost om o-et i Västerbrohamnen.

4.2.2.3 Felaktigt inmätt grund?

Många av mätningarna som ligger till grund för dagens sjökort genomfördes för över 100 år sedan. I områden som ligger nära farleder har dock ytterligare mätningar gjorts senare. I figur



Figur 17 Sonarbild inlagd i sjökortet över en grundklack utanför den nordvästra delen av Långholmen.

17 visas ett sonarplott som lagts in i sjökortet och som visar en grundklack som sträcker sig ut från Långholmen SSV Smedsudden (jfr Fig. 14). Sonarbilden visar att den blinda sektorn är mycket smal vilket betyder ett mycket ringa vattendjup under sonaren. Det grunda området ligger klart öster om den i sjökortet angivna grundklacken.

4.2.2.4 Djuphålor i Pålsundet

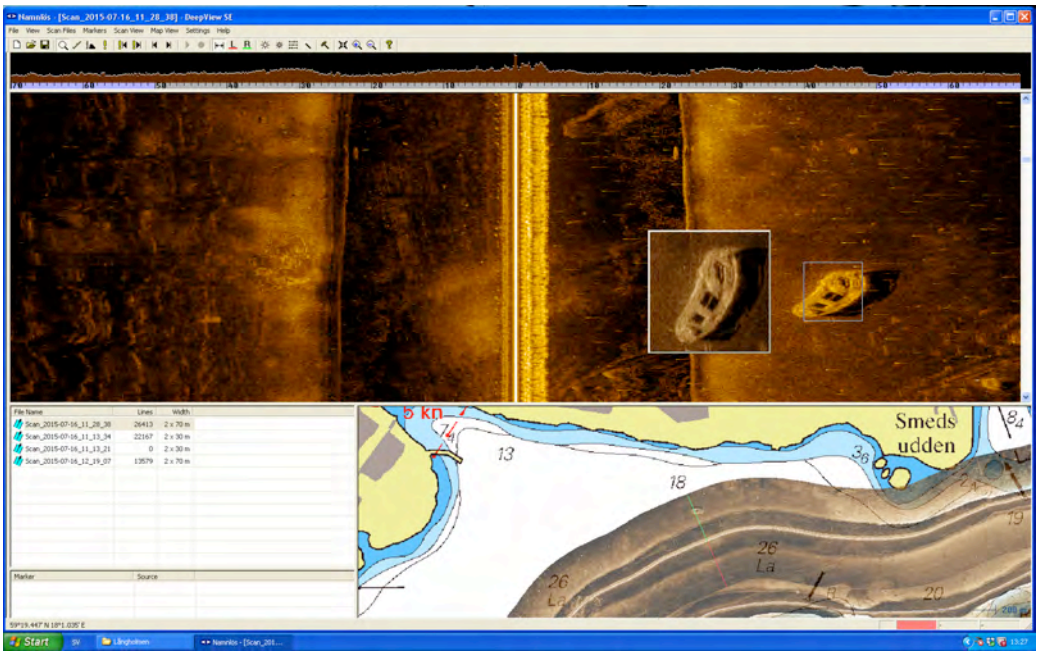
Som påpekats i avsnitt 4.1.2 noterades vid djupmätningen en djuphåla på vardera sidan av Västerbron i Pålsundet. Detta visas också tydligt på side scan sonar-plottet (Fig. 18) där den blinda sektorn är påtagligt bredare både öster och väster om bron vilket indikerar påtagligt större djup än i de andra delarna av kanalen.

Figur 18 Side scan sonar-plott från Pålsundet i trakten av Västerbron.

4.2.2.5 Vrak

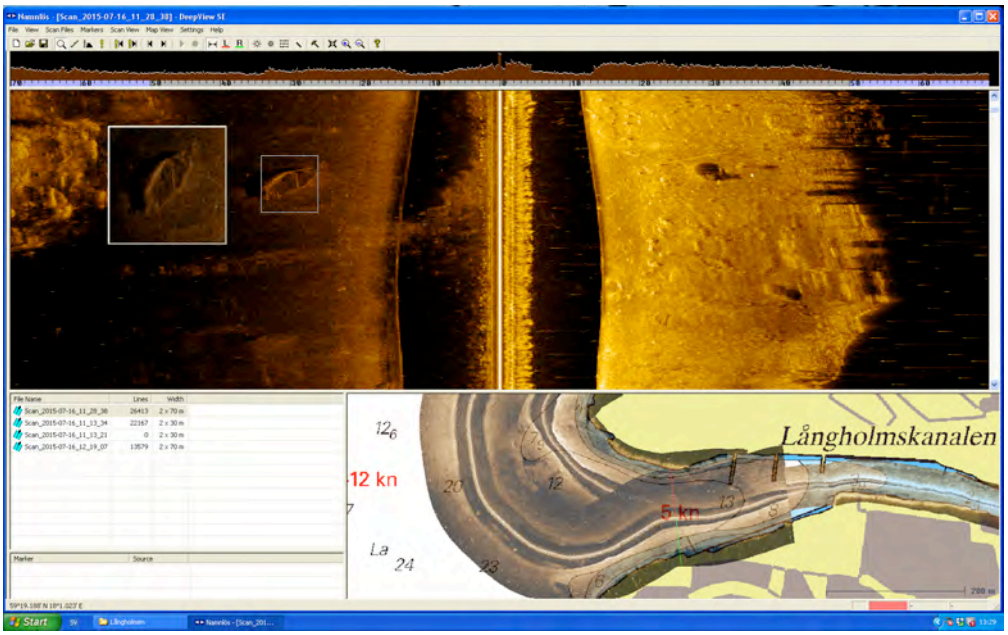
I samband med bottenkarteringar är det vanligt att vrak i olika stadier av nedbrytning lokaliseras med side scan sonar. I det karterade området hittades tre stycken mer eller mindre tydliga vrak på bottnen.

Det tydligaste låg på ca 20 m djup ca 300 m väster om Smedsuddens sydspets (Fig. 19). Det registrerade vraket ligger på ett avstånd från sonarlinjen av 40-50 m. Ekot är 10-12 m långt, 4 m brett och sticker upp förhållandevis högt över bottnen, vilket visas av den mörka skuggan till höger om vraket. Ekot har mycket tydliga öppningar i däck.



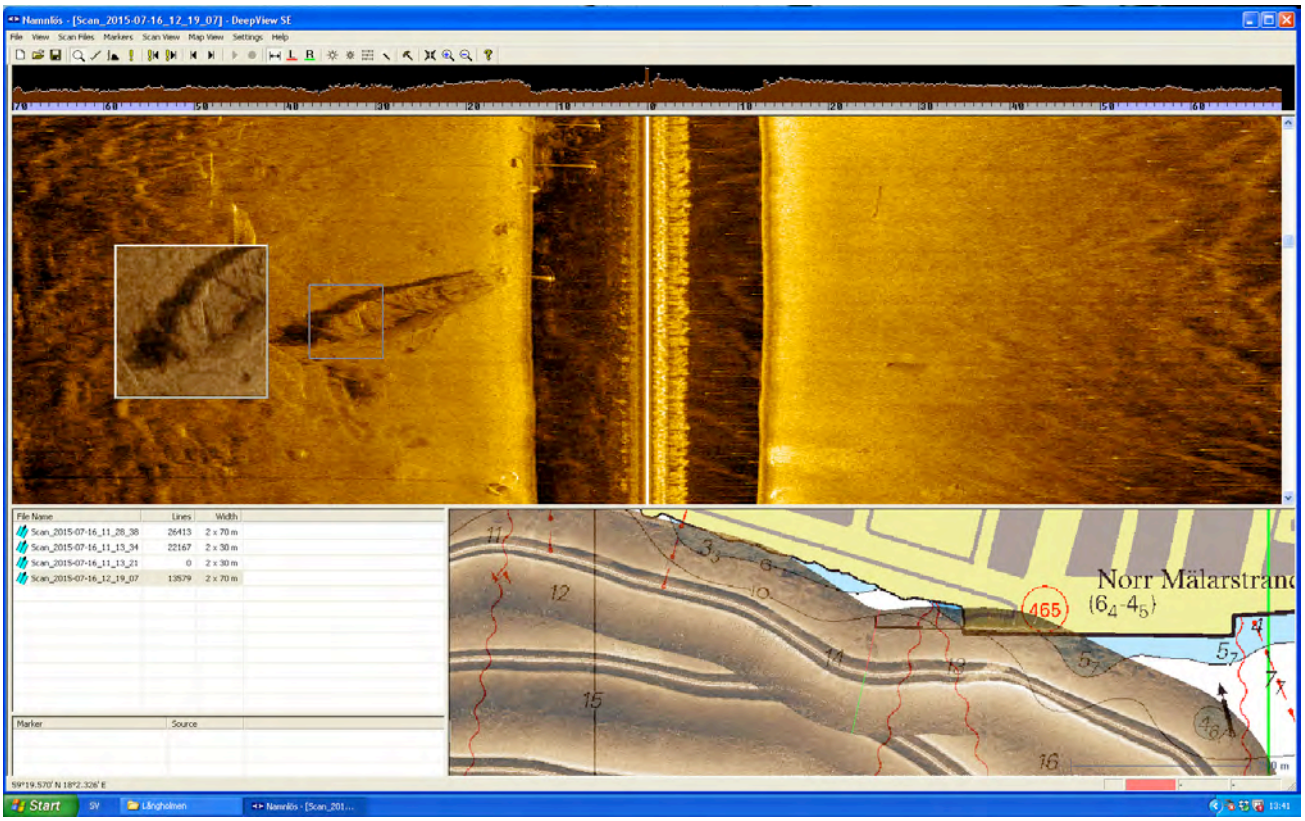
Figur 19 Vrak beläget ca 300 m väst om Smedsuddens sydspets på ca 20 meters djup. Den övre delen av figuren visar sonarplottet i detalj. Fartyget har gått nedifrån i bild och uppåt och spåret i mitten ligger rakt under sonarfisken. Det breda mörka området representerar en blind sektor rakt under fisken. Skalan i meter återfinns i plottets övre del och visar avståndet från provtagningsfartyget i sidled, i detta fall max 70 m. Den stora rutan i den övre delen av plottet är en uppförstoring (2 ggr) av den lilla rutan. Den undre högra delen av bilden visar sonarplotten inlagda i sjökortet. Listan till vänster identifierar de använda sonarfilerna.

Ännu ett vrak lokaliserades strax söder om Långholmens sydvästudde (Fig. 20). Det är inte lika välbevarat som vraket i figur 19, och är något kortare (ca 8 m) och smalare (ca 3m).



Figur 20 Vrak beläget strax söder om Långholmens sydvästudde. För beskrivning av figurens delar se figurtext för figur 19.

Strax syd om marinan vid Norr Mälarstrand lokaliserades ett troligt vrak på drygt 20 meters längd och ca 5 meters bredd (Fig. 21). Änden närmast land sticker upp mer än den yttre, som verkar till dels nedsjunken i sedimentet. Inga detaljer kan urskiljas vilket indikerar en längre gången nedbrytning än de övriga två vraken.



Figur 21 Vrak beläget strax söder om marinan vid Norr Mälarstrand. För beskrivning av figurens delar se figurtext för figur 19.

4.2.3 Bottendynamik

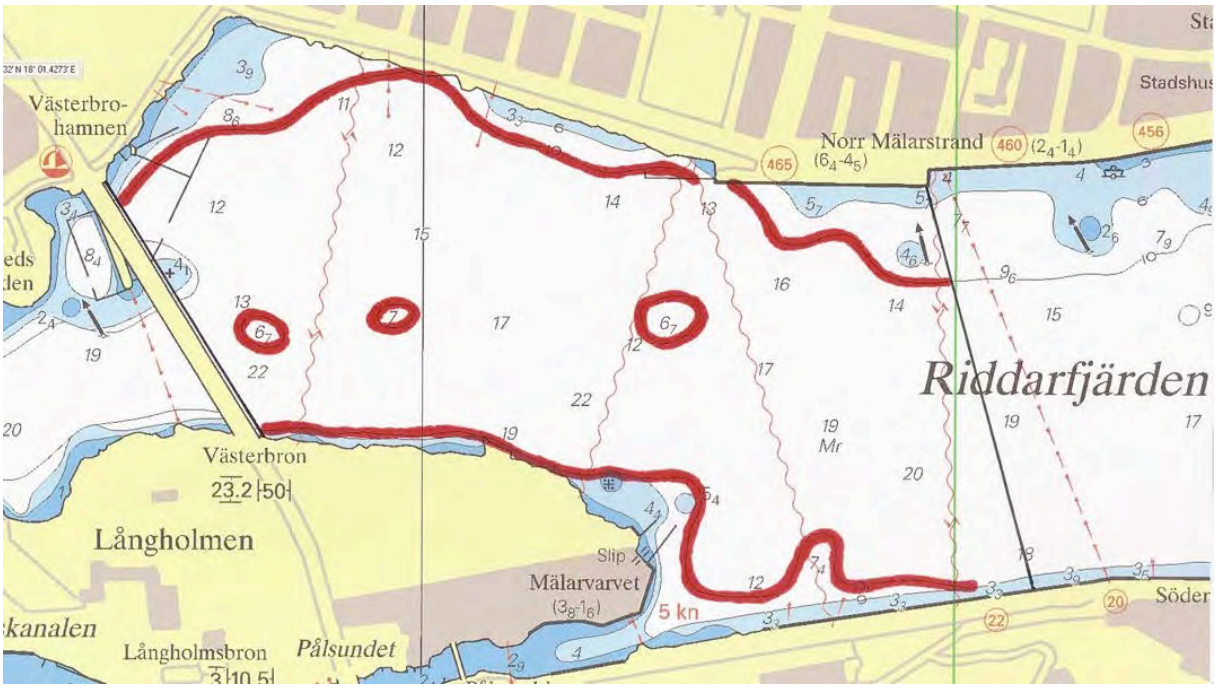
En bottendynamisk karta (Fig. 22) har framställts för västra Riddarfjärden utifrån sjökortsinformation, det insamlade side scan sonarunderlaget och de sedimentprovtagningar som genomförts på 14 stationer i Riddarfjärden. Underlaget i form av sedimentprover är för litet för att en tillförlitlig bottendynamisk karta skall kunna upprättas för området väster om Västerbron. Det är dock troligt att ungefär samma förhållanden råder i detta område som i den egentliga västra Riddarfjärden.

Fjärden är endast ca 2,5 km lång och ca 0,7 km bred. En fjärdstorlek av denna dimension har i Mälaren erfarenhetsmässigt en gräns mellan ackumulationsbottnar (A-bottnar) å den ena sidan och erosions-/transportbottnar (E/T-bottnar) å den andra på 3 ± 1 m (Jonsson 2012; Jonsson 2013ab). Riddarfjärden har dock endast en marginell del naturliga stränder. Huvuddelen utgörs av kajer med vattendjup som oftast överstiger 3 m. En betydande fartygstrafik försiggår på fjärden och påverkar med stor sannolikhet djupgränsen för A-bottnarna.

Utifrån sonarunderlaget är det tydligt att grundklackarna på mellan 6 och 7 meters djup är mer eller mindre renspolade. På 10,3 m vid station L18 (Fig. 8) noterades lös olivgrön successivt allt fastare lergyttja, vilket tillsammans med TS-halt på 16 % och LOI på 12,2 indikerar ackumulationsförhållanden. Vid station L8 strax syd om marinan vid Norr Mälarstrand (Fig. 8) karaktäriserades sedimentet som ” 0-2 cm ljust olivgrön lergyttja, därunder gyttjelera med

smågrus och sandinslag. Torrsubstanshalten var påtagligt högre (42 %) och LOI var låg (3,6 % TS) vilket tydligt visar på låg recent sedimentackumulation.

Ovanstående diskussion leder till en bedömning att gränsen mellan ackumulation och transport/erosion i Riddarfjärden ligger på 10 ± 3 m. I olika delar av fjärden kan ackumulationsgränsen ligga både djupare och grundare än 10 m beroende på vågexponeringen främst från fartygstrafiken.



Figur 22 Översiktlig bottendynamisk karta för Västra Riddarfjärden. Gränsen mellan å ena sidan A-bottnar och å andra sidan E- och T-bottnar har visats gå vid 10 ± 3 m. Grundare än 10 m (E/T) representeras i kartan av den röda linjen. Begränsningslinjer för undersökningsområdet representeras av **svarta** linjer.

4.2.4 Karaktärisering av undersökningsområdets sediment

4.2.4.1 Ytsediment

Vattenhalt och glödgningsförlust 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 vattenhalten (W) i ytsediment bör vara > 75 % (Tab. 1) för att sedimentet skall kunna karaktäriseras som en A-botten (Håkanson and Jansson, 1983). På motsvarande sätt bör glödgningsförlusten (LOI) överstiga 10 % för att det med säkerhet skall röra sig om A-bottensediment. Empiriska undersökningar i kustområden och insjöar (Jonsson

Tabell 1 Samband mellan vattenhalt (W) och glödgningsförlust (LOI) i ytsediment och bottentyp (från Håkanson and Jansson, 1983).

Bottentyp	**W (% WS)**	**LOI (% TS)**
Erosionsbotten	0-50	<4
Transportbotten	50-80	4-10
Ackumulationsbotten	75-99	>10

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 %.

Data på vattendjup, torrsubstanshalt och glödgningsförlust i sedimenten har sammanställts i Tabell 2. Torrsubstanshalten i ytsedimenten varierar i ett ganska stort intervall mellan 13,4 och 45,4 % med ett medianvärde på 19,5 % (SD 8,3).

Tabell 2 Bottentyp, vattendjup, torrsubstanshalt (TS) och glödgningsförlust (LOI) i undersökningsområdets ytsediment (0-2 cm).

Station	Bottentyp	Vattendjup	TS	LOI
		(m)	(% VS)	(% TS)
Riddarfjärden				
L1	A	21,3	19	10,7
L2	A	21,5	16	11,9
L3	A	20,6	14	12,5
L4	A	19,2	14	12,4
L5	A	18,5	16	12,9
L6	A	19,4	18	11,0
L7	A	16,9	25	7,9
L8	E/T	13,0	42	3,6
L9	A	18,3	16	12,5
L10	A	21,4	21	8,8
L11	A	18,1	22	9,0
L12	A	21,8	14	15,2
L13	A	16,5	17	15,2
L18	A	10,3	16	12,2
L19	A	17,0	17	9,8
L21	A	16,6	16	11,2
L22	A	16,1	30	6,7
L23	A	17,7	25	7,3
Kanalen				
L14	E/T	4,1	63	4,0
L15	A	2,8	26	23,9
L16	A	4,6	20	16,9
L17	A	3,0	25	14,7
L20	T	2,4	30	10,4

Glödgningsförlusten i Riddarfjärden varierar i ytsedimenten mellan 3,6 och 15,2 %. Den stora variationen beror på att prover tagits både från A- och E/T-bottnar.

Utifrån Tabell 2 är det uppenbart att stationerna L8 och L14 är att karaktärisera som E/T-bottnar och därför inte används i beskrivningen av föroreningssituationen. Glödgningsförlusten i en del av A-bottnarnas ytsediment är något lägre än vad Håkanson och Jansson (1983) angivit som norm. LOI-halter < 10 % är dock vanligt förekommande även i Östersjöns A-bottnar, framförallt i Bottniska viken.

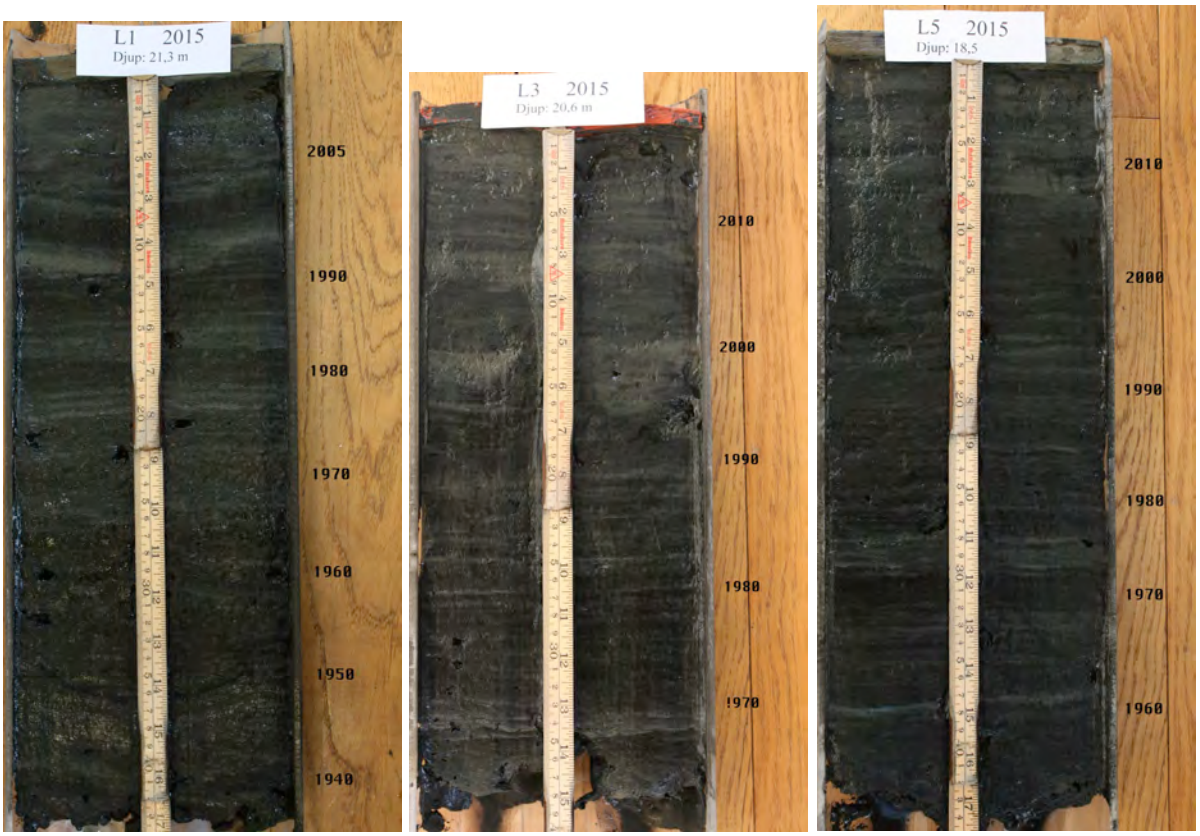
Den främsta orsaken till högre TS-halter och korresponderande lägre LOI-halter är dock troligen kopplad till människans påverkan. Den registrerade anomalin kan sålunda sannolikt

kopplas till snötippning i Riddarfjärden. Med snön följer även sand och grus och deponeras slumpmässigt lite här och var vid issmältningen och ger upphov till högre TS-halter. Sand- och grusinslag har noterats i ytsedimenten på stationerna L5, L6, L7, L21, L22 och L23 på vattendjup mellan16,1 och 19,4 där det rimligen bör ackumuleras finsediment. Så, ackumulationsbottnarna i Riddarfjärden innehåller ofta sand och grusinslag i de övre sedimentskikten. I djupare sedimentlager är det även vanligt med slaggrester från ångfartyg som rensat sina pannor på fjärden innan förtöjning (Jonsson, 2010). I alla tre studerade sedimentkärnor hittades slaggbitar på sedimentdjup mellan 30 och 40 cm.

Med hänsyn tagen till diskussionen ovan är sålunda bedömningen att samtliga stationer utom L8, L14 och L20 (E/T-bottnar) är att karaktärisera som A-bottnar. Även på E/T-bottnar kan sedimentbundna föroreningar deponeras under perioder med lugna förhållanden.

4.2.4.2 Kärnor

Tre sedimentkärnor har tagits på stationerna L1, L3 och L5. De är alla mer eller mindre laminerade (Fig. 23) och försök har gjorts att med varvräkning datera kärnorna utifrån antagande att ett varv (ljust/mörkt) motsvarar ett års sedimentackumulation. Tidsskalorna skall dock tas med vederbörlig reservation eftersom det inom flera avsnitt i kärnorna är svårt att urskilja varv. Osäkerheten i dateringarna kan vara påtaglig och ökar med djupet i kärnorna.

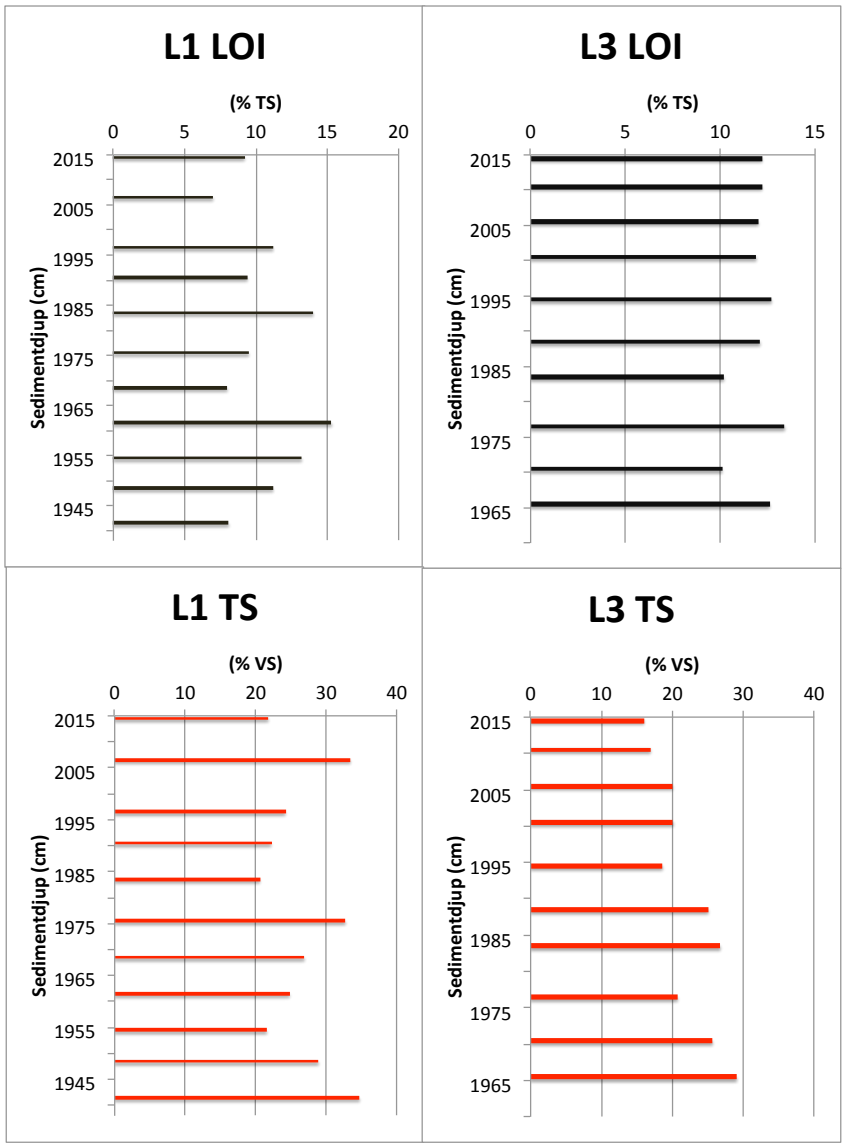


Figur 23 Snittade sedimentkärnor från L1, L3 och L5. Försök har gjorts att datera kärnorna utifrån varvräkning. En preliminär tidsskala visas till höger om respektive kärna.

Det framgår från såväl tabell 2 som de fotografierna av de snittade laminerade kärnorna i figur 23 att de tre undersökta sedimentkärnorna från L1, L3 och L5 utgörs av goda A-bottnar. För L1 och L3 styrks denna slutsats av fördelningarna av TS och LOI i figur 24. TS i de översta 20 centimeterna i båda kärnorna ligger klart under 25 % utom för 1 värde i L1 (33 %). Detta

kan bero på sandinslag som diskuterats ovan. Det korresponderande LOI-värdet på nivån 4-6 cm är också avsevärt lägre än både ovanför och under denna nivå. Station L3 uppvisar påtagligt mindre variation mellan nivåerna vilket indikerar bättre ackumulationsförhållanden än i Stn L1.

Den genomsnittliga varvtjockleken i kärnan från L1 är ca 5,5 mm och i L3 ca 7,5 mm. Detta innebär att den årliga sedimentackumulationen är av storleksordningen 30-40 % högre på station L3 än i L1.



Figur 24 Profiler av ts och LOI i sedimentkärnorna L1 och L3.

4.3 Föroreningar i sediment

4.3.1 Västra Riddarfjärden

4.3.1.1 Statistiska samband

För att undersöka eventuell samvariation mellan metaller, TBT och organiskt material uttryckt som glödgningsförlust (LOI) har haltdata från alla ytsedimentstationer sammanställts i en korrelationsmatris (Fig. 25). Värden med ett högre r^2-värde än 0,5 har i figuren noterats med grön färg för att uppmärksamma att det finns ett troligt samband. I figuren har även r^2-värden högre än 0,75 rödmarkerats i tabellen. Alla dessa samband har sedan testats mot varandra i diagramform och granskats för att se om sambanden till stor del beror på enstaka extremvärden och s.k. outliers. Generellt sett är haltvariationerna i materialet relativt små:
- 1,5-2,5 gånger för Ag, As, Cd, Co, Cr, Zn och LOI.
- 3-4,5 gånger för Cu, Hg och Pb.

	Cu	Zn	Cr	Ni	Cd	Hg	Pb	Ag	As	Co	TBT	DBT	MBT	LOI
Cu	1													
Zn	0,86	1												
Cr	0,46	0,67	1											
Ni	0,12	0,20	0,52	1										
Cd	0,37	0,25	0,00	0,04	1									
Hg	0,58	0,45	0,03	0,02	0,86	1								
Pb	0,71	0,72	0,64	0,58	0,14	0,24	1							
Ag	0,10	0,17	0,04	0,08	0,29	0,35	0,01	1						
As	0,45	0,69	0,44	0,01	0,16	0,30	0,22	0,40	1					
Co	0,31	0,58	0,76	0,52	0,00	0,01	0,49	0,01	0,45	1				
TBT	0,71	0,53	0,14	0,01	0,37	0,59	0,22	0,13	0,42	0,12	1			
DBT	0,48	0,37	0,12	0,00	0,21	0,35	0,15	0,09	0,32	0,14	0,5	1		
MBT	0,76	0,59	0,12	0,00	0,55	0,79	0,28	0,16	0,38	0,06	0,8	0,5	1	
LOI	0,04	0,22	0,12	0,00	0,02	0,05	0,00	0,21	0,56	0,26	0,08	0,12	0,10	1

Figur 25 Korrelationsmatris (r^2-värden; n=16) för metaller, TBT och glödgningsförlust (LOI) i ytsediment (0-2 cm) från Västra Riddarfjärden.

Slutsatserna från denna kritiska granskning är att de erhållna sambanden för Cu/Hg, Cu/TBT, Cu/Hg, Cu/MBT, Cd/TBT, Cd/MBT, Hg/TBT, Hg/MBT, Zn/TBT, Zn/MBT, TBT/MBT, MBT/DBT och Pb/Ni minskar påtagligt om 1 och/eller 2 värden (L10 och/eller L18) exkluderas i figuren. Relativt tydliga samband kvarstår för Zn/Pb, Zn/Co, Cr/Ni, Cr/Pb och TBT/DBT. Tydligaste sambanden, som inte bygger på enskilda höga värden, noteras för Cu/Zn, Cu/Pb, Zn/Cr, Cr/Co, Co/Ni, Cd/Hg, Zn/As och LOI/As.

Ett tydligt resultat är också att inga samband finns mellan metaller och LOI utom för As/LOI där dock haltvariationen i materialet endast är en faktor 2. Inget samband finns heller mellan de tennorganiska föreningarna och LOI.

Resultatet av denna kritiska granskning har resulterat i en reviderad korrelationsmatris där endast verkliga korrelationer (exklusive ett eller två extremvärden) markerats med färg (Fig. 26).

	Cu	Zn	Cr	Ni	Cd	Hg	Pb	Ag	As	Co	TBT	DBT	MBT	LOI
Cu	1													
Zn	0,86	1												
Cr	0,46	0,67	1											
Ni	0,12	0,20	0,52	1										
Cd	0,37	0,25	0,00	0,04	1									
Hg	0,58	0,45	0,03	0,02	0,86	1								
Pb	0,71	0,72	0,64	0,58	0,14	0,24	1							
Ag	0,10	0,17	0,04	0,08	0,29	0,35	0,01	1						
As	0,45	0,69	0,44	0,01	0,16	0,30	0,22	0,40	1					
Co	0,31	0,58	0,76	0,52	0,00	0,01	0,49	0,01	0,45	1				
TBT	0,71	0,53	0,14	0,01	0,37	0,59	0,22	0,13	0,42	0,12	1			
DBT	0,48	0,37	0,12	0,00	0,21	0,35	0,15	0,09	0,32	0,14	0,5	1		
MBT	0,76	0,59	0,12	0,00	0,55	0,79	0,28	0,16	0,38	0,06	0,8	0,5	1	
LOI	0,04	0,22	0,12	0,00	0,02	0,05	0,00	0,21	0,56	0,26	0,08	0,12	0,10	1

Figur 26 Reviderad korrelationsmatris (r^2-värden; n=16) för metaller, TBT och glödgningsförlust (LOI) i ytsediment (0-2 cm) från Västra Riddarfjärden efter kritisk granskning av vilka samband som inte enbart beror på ett eller två höga värden (L10 och/eller L18). Värden med ett högre r^2-värde än 0,5 har i figuren noterats med grön färg och r^2-värden högre än 0,75 har rödmarkerats i tabellen.

Halterna av organiska tennföreningar i ytsediment (0-2 cm) varierar avsevärt mer än metallerna i undersökningsområdet (Tab. 3). TBT-halterna varierar mellan 46 och 1300 µg/kg TS (28 gånger), DBT-halterna mellan 17 och 240 µg/kg TS (14 gånger), MBT-halterna mellan 47 och 590 µg/kg TS (13 gånger).

Tabell 3 Organiska tennföreningar, torrsubstanshalt (TS) och glödgningsförlust (LOI) i ytsediment (0-2 cm) från öppna Riddarfjärden.

Station	TBT (ug/kg TS)	DBT (ug/kg TS)	MBT (ug/kg TS)	TS (VS)%	LOI (% TS)
L1	78	59	73	19,2	10,7
L2	150	30	47	15,6	11,9
L3	740	210	170	14,4	12,5
L4	270	85	120	14,1	12,4
L5	290	110	140	16,2	12,9
L6	340	22	190	18	11
L7	100	97	69	24,8	7,9
L9	210	33	150	15,6	12,5
L10	96	43	82	20,6	8,8
L11	46	23	68	21,5	9
L12	150	61	120	14	15,2
L18	1300	240	590	16,4	12,2
L19	120	17	120	17,2	9,8
L21	130	42	94	16,4	11,2
L22	85	27	83	29,5	6,7
L23	390	46	66	25,3	7,3

4.3.1.2 Rumslig variation

4.3.1.2.1 Metaller

4.3.1.2.1.1 Klassning

För att klassificera föroreningsgraden kan tre olika strategier användas: 1/ utifrån principen med jämförvärden grundad på förindustriella värden från NV Rapport 4914, 2/ utifrån uppmätta regionala bakgrundshalter och 3/ HVMFS 2015:4 för Cd och Pb. Naturvårdsverkets Rapport 4914 bygger på prover tagna vid olika tider och i olika områden runt den svenska kusten på 55 cm sediment-djup. Dessa värden representerar olika tidsavsnitt alltifrån så mycket som kanske 1500-talet i den öppna Östersjön till kanske 1980-90-talen i skyddade skärgårds-områden. Det är väl dokumenterat att det finns en betydande geografisk variation i sedimenten beroende på variationer i berggrund och mark längs den svenska kusten.

Vår bedömning har därför varit att den bästa bakgrundsbilden för Riddarfjärden avspeglas i gamla sediment från Mälaren. Jonsson (2014) undersökte 5 långa sedimentkärnor i Västeråsfjärden och bestämde de regionala bakgrundsvärdena för prover som är ≥ 500 år. Ett nytt klassningsschema har byggts upp grundat utifrån regionala bakgrundshalter i Västeråsfjärdens sediment (Tabell 4).

Tabell 4 Klassning utifrån principen grundad på regionala (Västeråsfjärden) bakgrundsvärden. Analys enligt svensk standard. (Från Jonsson 2014).

	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	≤ 7,1	7,2 - 12	13 - 20	21 - 32	≥ 33
Kadmium	≤ 0,23	0,24 - 0,58	0,59 - 1,4	1,5 - 3,5	≥ 3,6
Kobolt	≤ 18	19 - 31	32 - 52	53 - 90	≥ 91
Krom	≤ 53	54 - 64	65 - 80	81 - 95	≥ 96
Koppar	≤ 26	27 - 52	53 - 86	87 - 138	≥ 139
Kvicksilver	≤ 0,04	0,05 - 0,12	0,13 - 0,4	0,5 - 1,3	≥ 1,4
Nickel	≤ 34	35 - 51	52 - 75	76 - 112	≥ 113
Bly	≤ 30	31 - 48	49 - 78	79 - 132	≥ 133
Zink	≤ 134	135 - 201	202 - 322	323 - 563	≥ 564

Vid klassificeringen av Riddarfjärdens sediment har vi utifrån diskussionen ovan bedömt att denna regionala bakgrundsklassificering är mer relevant att använda än vad som anges i Naturvårdsverkets bedömningsgrunder för kust och hav (NV Rapport 4914).

Halterna av såväl koppar som bly och kvicksilver i västra Riddarfjärden (Fig. 27) är att klassificera som stor avvikelse (Klass 4) eller mycket stor (Klass 5). Zinkhalterna hamnar i Klass 3 – Klass 5 medan kadmiumhalterna motsvarar Klass 3 och 4. Övriga metaller utom något enstaka högt värde hamnar i de tre lägsta klasserna.

Som ett led i implementeringen av EU:s vattendirektiv har Havs- och vattenmyndigheten (HaV) beslutat om gränsvärden för prioriterade ämnen avseende ytvatten (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. För ett fåtal ämnen har HaV beslutat om nationella gränsvärden i sediment. Dessa ämnen är bly, kadmium, antracen,

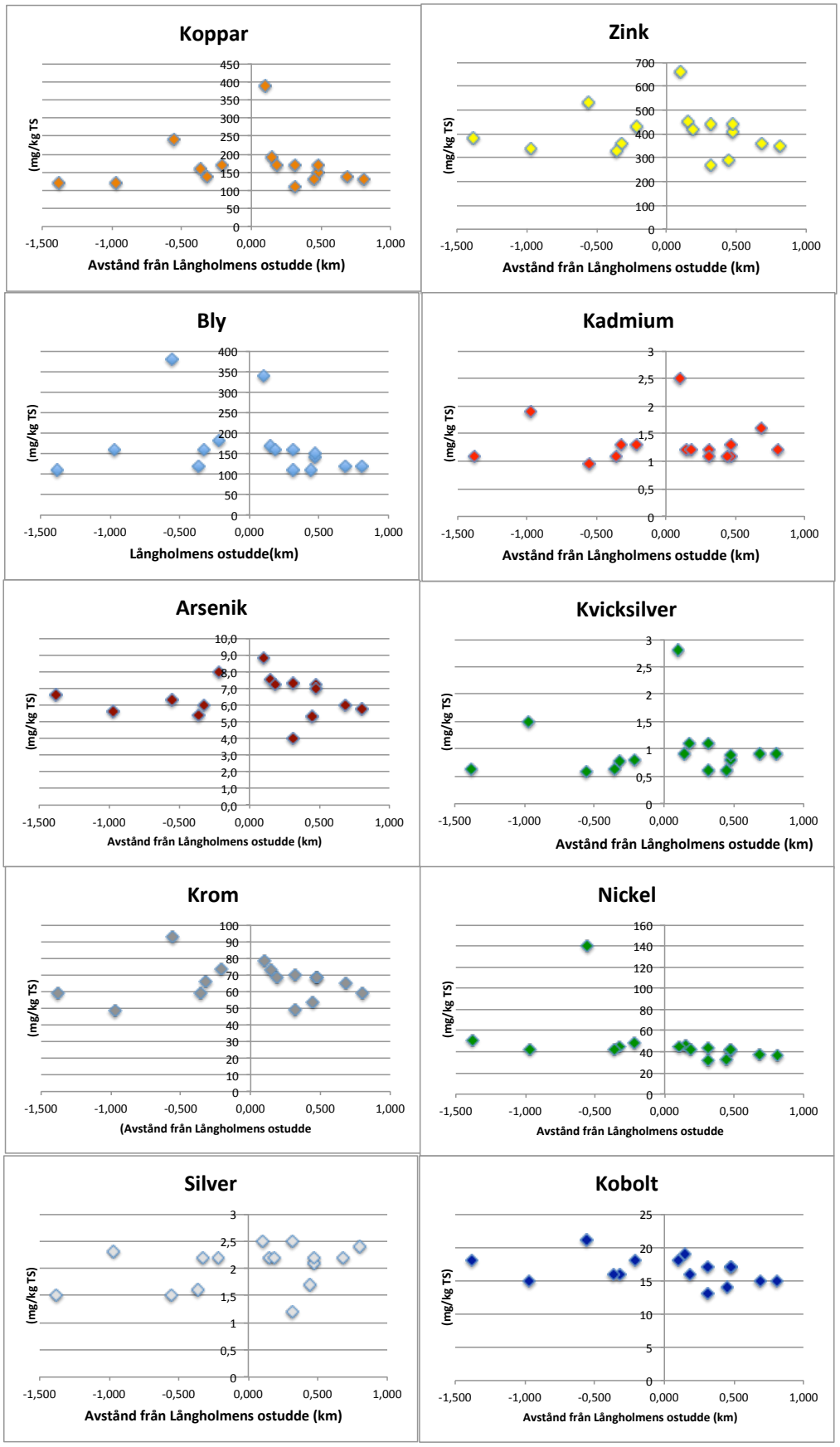
fluoranten och TBT. Tre av dessa ämnen (bly, kadmium och TBT) har analyserats i föreliggande undersökning. För dessa ämnen görs särskilda värderingar av huruvida god kemisk status uppnås på de enskilda stationerna.

Vad gäller bly anges i HVMFS 2015:4 ett gränsvärde på 120 mg/kg ts. På 17 av de totalt 23 undersökta stationerna är halterna lika med eller högre än gränsvärdet, men det är bara en station där halten överstiger gränsvärdet med en faktor 3.

För kadmium skall gränsvärdet 2,3 mg/kg ts ökas på med den naturliga bakgrunden. I föreliggande rapport har vi använt oss av bakgrundsvärdet 0,23 mg/kg ts (Tab. 4) från en studie av Mälarsediment (Jonsson 2014). Det framräknade gränsvärdet för kadmium är sålunda 2,5 mg/kg ts. Samtliga 23 undersökta stationer uppvisar halter som är lika med eller lägre än gränsvärdet för kadmium.

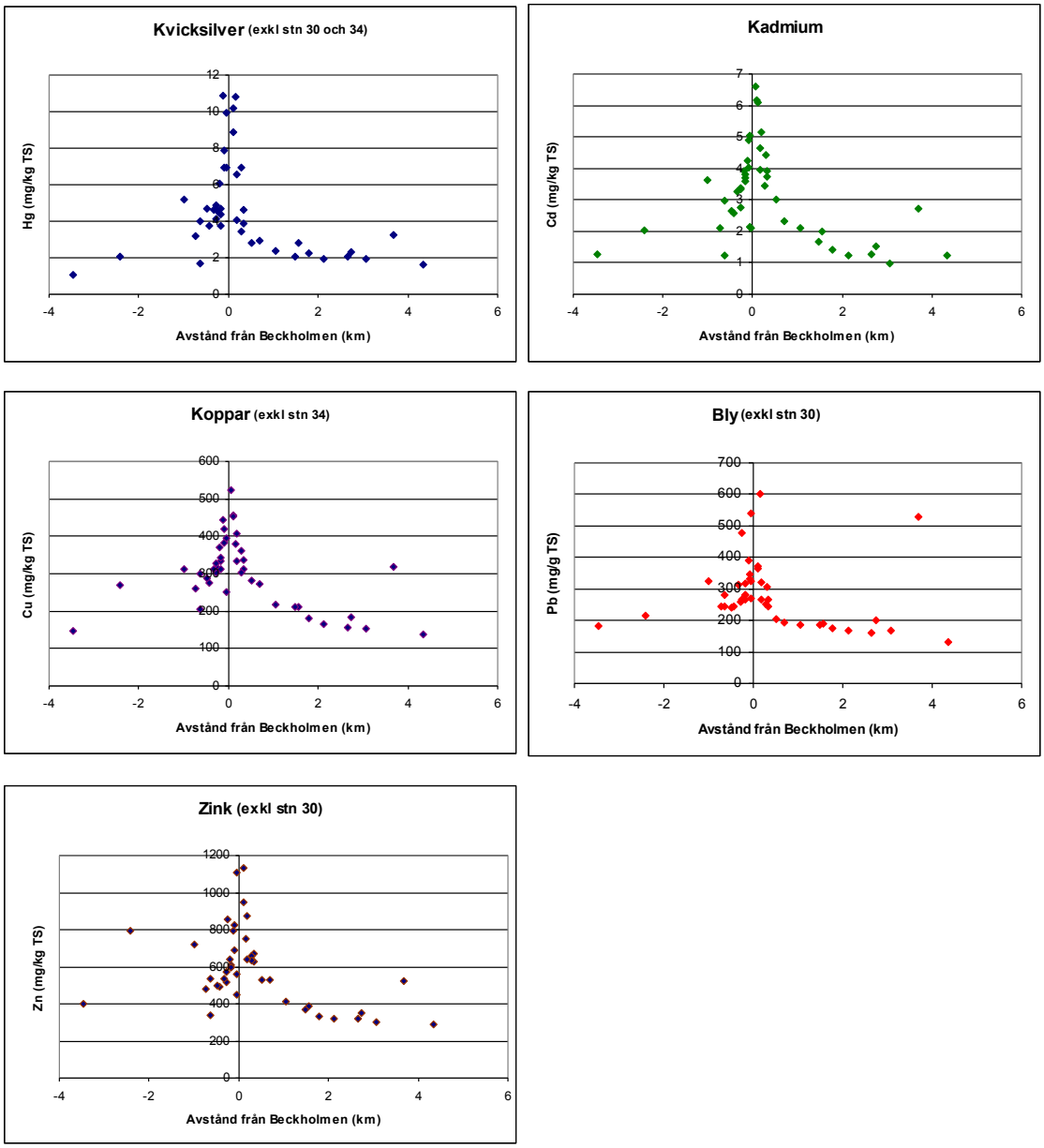
4.3.1.2.1.2 Geografisk fördelning

Indikationer finns på att halterna av vissa metaller (koppar, zink, arsenik, krom och i viss mån kvicksilver) visar gradienter inemot Långholmens ostudde (Fig. 26) där reparations- och



Figur 27 Halter av metaller i öppna Riddarfjärden redovisade i diagram som visar avståndet från Långholmens ostudde. Minusvärden på avståndet representerar stationer belägna väster om udden, plusvärden representerar stationer öster om Långholmen.

underhållsvarvet Mälarvarvet är beläget. En antydan finns till en tydligare gradient österut än mot väst, vilket kan ha samband med rådande strömförhållanden. Vad gäller övriga studerade metaller finns inga sådana tendenser. De registrerade gradienterna är svaga och förutom beträffande de höga värdena från stationerna L10 och L18 är det fråga om förhöjningar med i storleksordningen en faktor 2. Detta kan jämföras med de mycket tydliga gradienter som registrerades utanför varvsön Beckholmen 2010 (Fig. 28; Jonsson 2010). Halterna där gradienterna klingat av från såväl Mälarvarvet som Beckholmen är av samma storleksordning för zink, kadmium, koppar och bly. Kvicksilverhalterna är dock påtagligt högre i Saltsjön, där ungefär dubbelt så höga värden noterades som i Riddarfjärden.



Figur 28. Halter i ytsediment (0-2 cm) av bly kvicksilver, kadmium, koppar, bly och zink i förhållande till avståndet från Beckholmen. Minusvärden på avståndet representerar stationer i den västra halvcirkeln från Beckholmen, plusvärden representerar den östra halvcirkeln. (Station 30 och 34 har av framställningstekniska skäl exkluderats i diagrammen p.g.a. mycket höga halter). (Från Jonsson 2010).

4.3.1.2.2 Organiska tennföreningar

4.3.1.2.2.1 Klassning

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 blivit praxis i miljödomstolarna.

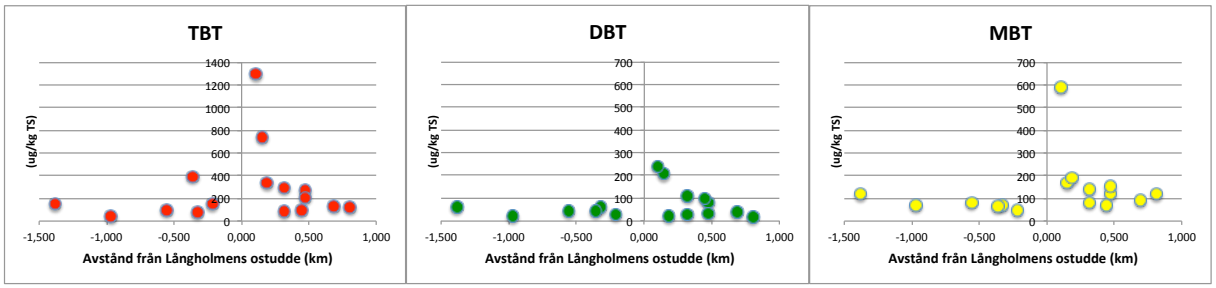
Miljödomstolen i Nacka tingsrätt diskuterar TBT-halter i mälarsediment i sin dom för ombyggnad av Södertälje kanal och sluss samt breddning och fördjupning av allmän farled i Mälaren (Nacka Tingsrätt 2015). Man noterar att TBT, tributyltenn, som är en mycket giftig organisk förening, saknas i Naturvårdsverkets 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 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 200 µg/kg 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.

Medelhalten av TBT i västra öppna Riddarfjärden är 281 µg/kg TS med ett maxvärde på 1300 µg/kg ts (Fig. 28). I Havs- och vattenmyndighetens riktlinjer för klassificering och miljökvalitetsnormer avseende ytvatten (HVMFS 2015:4) anges att gränsvärdet för uppnående av god status i sediment skall ligga på 1,6 µg/kg ts för TBT normerat till 5 % kolhalt (TOC). Detta påtagligt mycket strängare krav på sedimentkvalitet än den nu tillämpade praxisen vid muddring/tippning innebär att samtliga 23 stationer i Riddarfjärden överstiger gränsvärdet för god kemisk status med mer än tio gånger. Tio stationer har halter som är mer än 100 gånger högre än gränsvärdet.

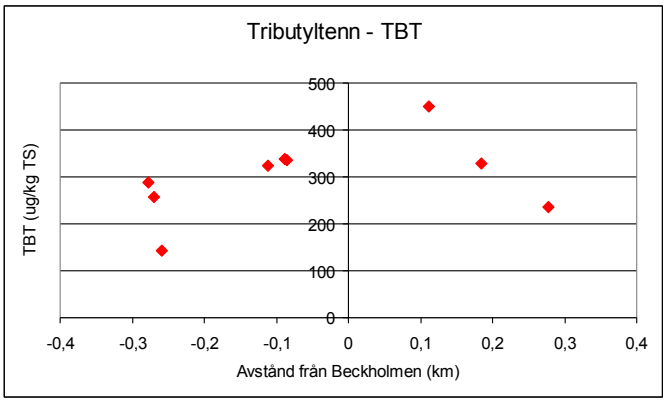
4.3.1.2.2.1 Geografisk fördelning

De organiska tennföreningarna uppvisar tydligare gradienter än metallerna in emot Långholmens ostudde (Fig. 29). Särskilt tydligt är det vad gäller TBT. Och halterna är mycket höga med många haltvärden över 200 µg/kg TS och ett maxvärde på station L18 på 1300 µg/kg TS.



Figur 29 Halter av organiska tennföreningar (TBT, DBT och MBT i västra öppna Riddarfjärden redovisade i diagram som visar avståndet från Långholmens ostudde. Minusvärden på avståndet representerar stationer belägna väster om udden, plusvärden representerar stationer öster om Långholmen.

De registrerade halterna är väl i klass med de halter som noterades utanför Beckholmen (Fig. 30). Som synes varierar halterna inom ett avstånd av 300 m från Beckholmen mellan 143 och 450 µg/kg TS, att jämföras med utanför Mälarvarvet där men fann halter mellan 78 och 1300 µg/kg TS.

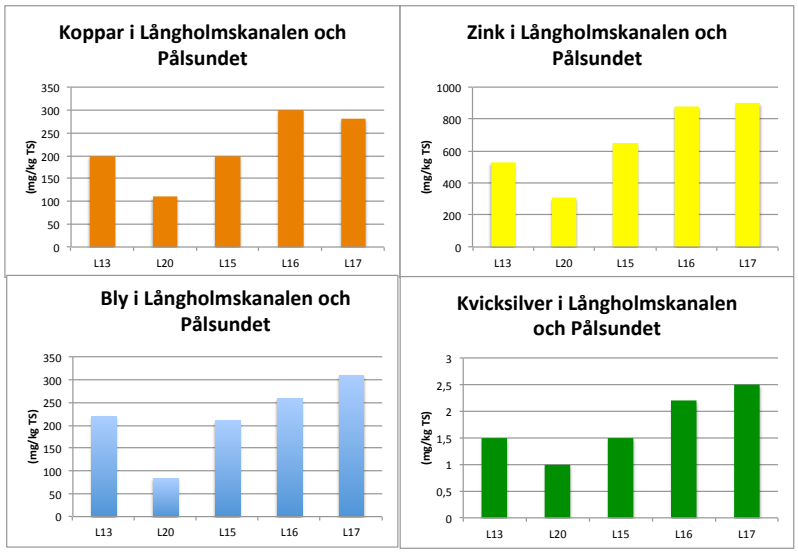


Figur 30. Halter i ytsediment (0-2 cm) av tributyltenn (TBT) i förhållande till avståndet från Beckholmen. Minusvärden på avståndet representerar stationer i den västra halvcirkeln från Beckholmen, plusvärden representerar den östra halvcirkeln. (Från Jonsson 2010).

4.3.2 Långholmskanalen och Pålsundet

4.3.2.1 Metaller

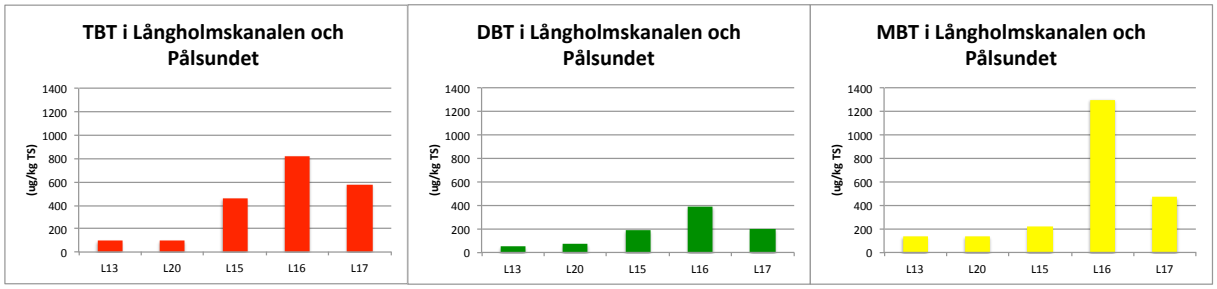
Något högre halter av koppar, zink, bly och kvicksilver noteras i den östra delen av kanalen (Fig. 31). Haltnivåerna är generellt sätt något högre än i öppna Riddarfjärden, men resultaten tyder inte på någon betydande källa i kanalen. Snarare indikerar haltfördelningarna för koppar, bly och kvicksilver ökande halter mot den närmaste stationen L18, som ligger strax utanför Mälarvarvet i öppna Riddarfjärden.



Figur 31 Halter av koppar, zink, bly och kvicksilver i Långholmskanalen och Pålsundet.

4.3.2.2 Organiska tennföreningar

TBT-halterna i Långholmskanalen och Pålsundet ligger alla i haltintervallet 100-800 µg/kg TS (Fig. 32). Påtagligt är att MBT uppvisar ännu högre halter på tre av stationerna i gradienten. Det allra högsta värdet noteras på L16 (1300 µg/kg TS). De höga halterna av nedbrytningsprodukterna DBT och MBT indikerar att nedbrytningen av TBT är långt framskriden och att föroreningen kan vara gammal. Icke desto mindre är halterna av TBT mycket höga och källan till föroreningen bör identifieras och åtgärdas.

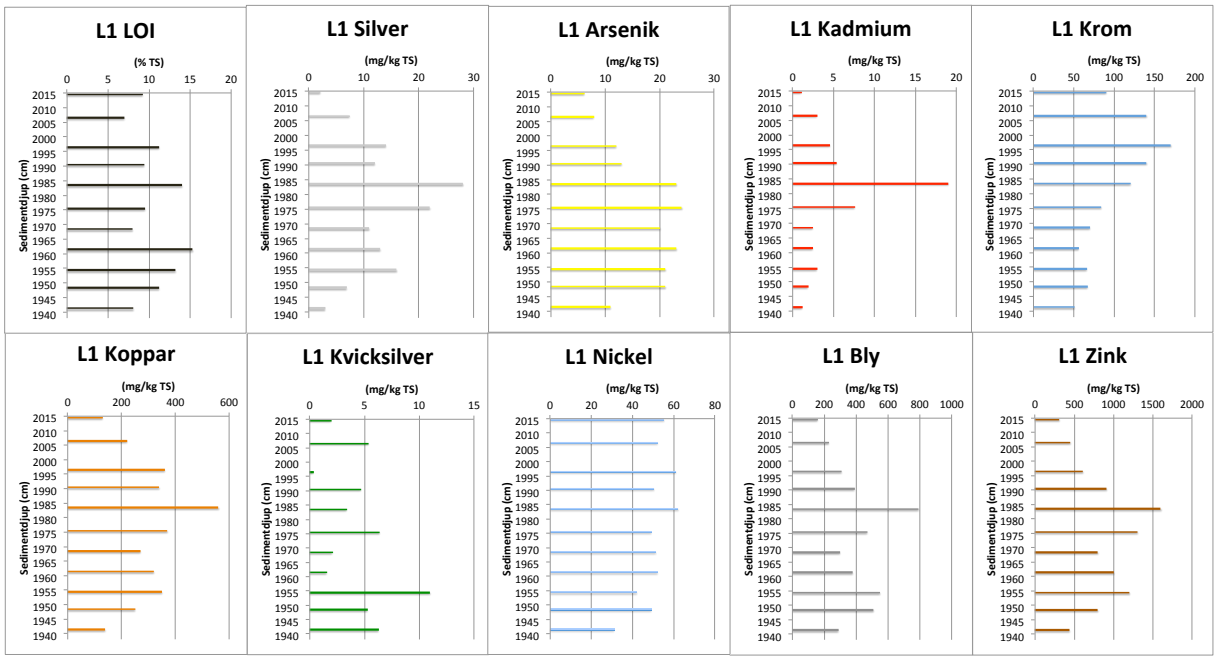


Figur 32 Halter av organiska tennföreningar (TBT, DBT, MBT) i Långholmskanalen och Pålsundet.

4.4 Tidstrender

4.4.1 Metaller

Tydliga tidstrender kan iakttas i de analyserade sedimentkärnorna. I figur 33 visas fördelningen av LOI och metaller i den översiktligt daterade sedimentkärnan L1 från omkring 1940 till 2015. Halterna av alla ämnen utom krom, kvicksilver och nickel ökar från 1940-talet fram till 1975-1985 och avtar därefter. Vad gäller krom noteras en tydlig uppgång som börjar först under 1960-talet och når maxhalter under 1990-talet för att därefter avta. Nickelhalterna är generellt sett låga och uppvisar ingen tydlig tidstrend. Kvicksilverhalterna varierar mycket men uppvisar möjligen en tendens till sjunkande halter från 1950-talet och framåt. En tänkbar anledning till sjunkande halter efter 1990 är SVAB flyttade Bromma avloppsreningsverk utsläppspunkt från Mälaren till Saltsjön 1989.

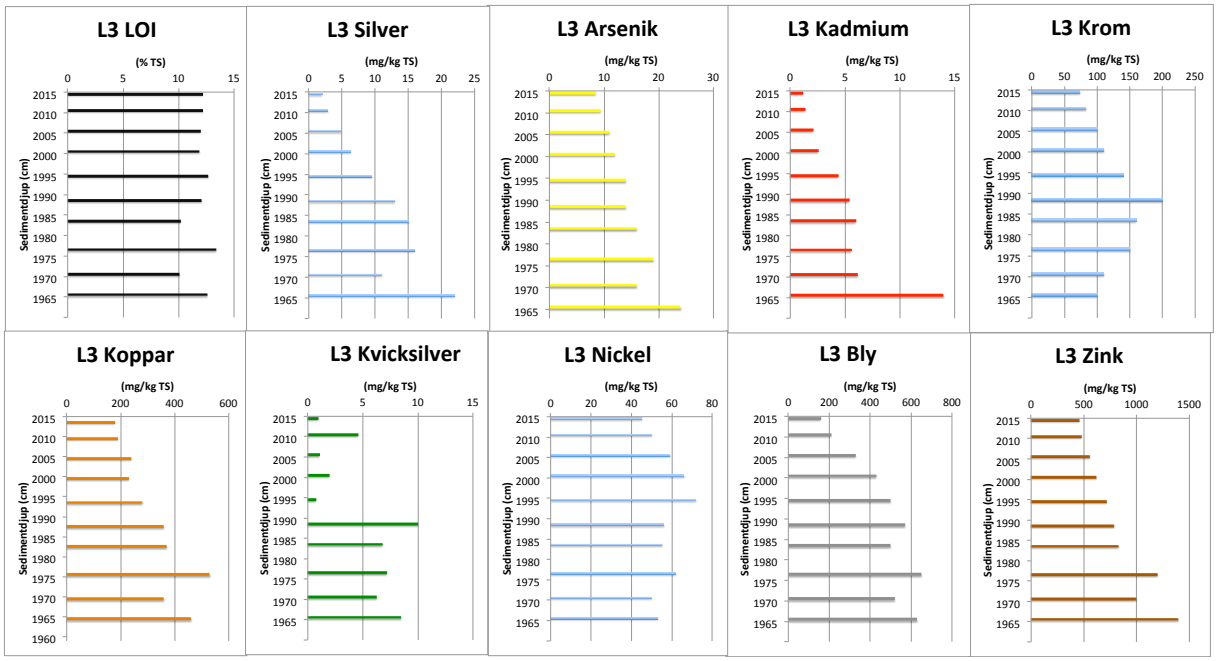


Figur 33 Tidstrender av metaller i den översiktligt daterade sedimentkärnan L1.

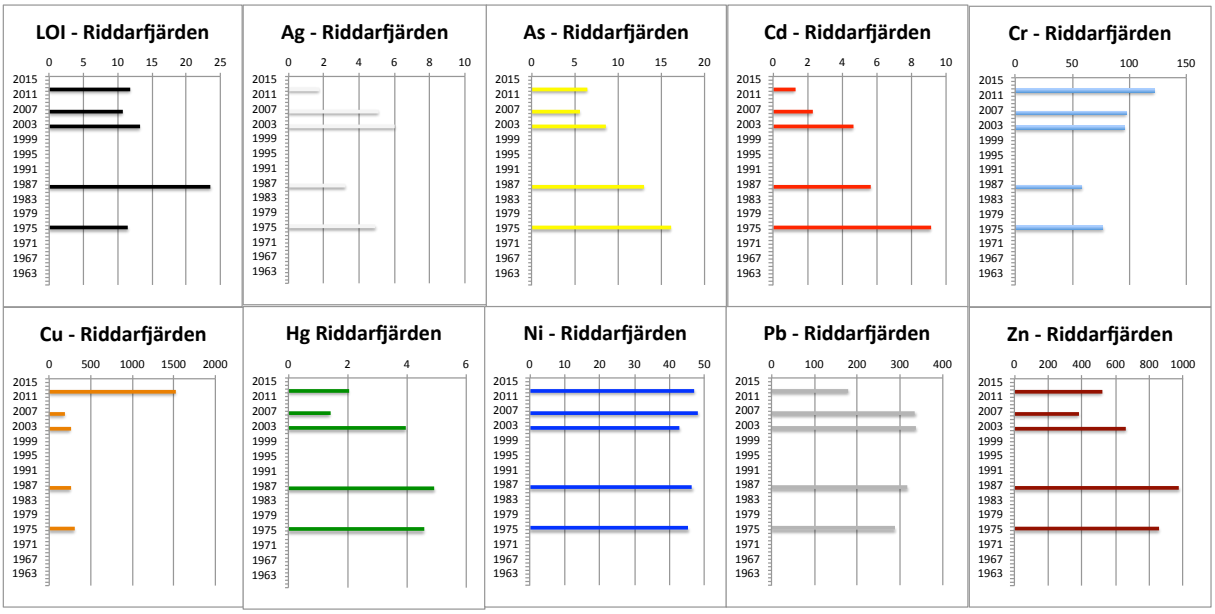
I kärnan från station L3 (Fig. 34) nås maxhalter av de flesta ämnen redan under 1960-70-talen. Kromhalten når maxvärden omkring 1970 att jämföras med slutet av 1990-talet i kärnan från L1. Detta betyder inte att de verkliga tidstrenderna är olika i de båda kärnorna. Snarare är det så att dateringarna utifrån varvräkningarna är olika och osäkra. I Västeråsfjärden erhölls vid retrospektiva studier av tre cesiumdaterade sedimentkärnor (Jonsson 2013) mycket karaktäristiska och tydliga tidstrender med generellt sett ökande halter av alla föroreningsmetaller från 1920-30-talet och framåt. Tydliga pikar noterades för de flesta metaller omkring 1970 och därefter skedde påtagliga avtaganden av alla metaller. Flera av dessa avtaganden kunde kopplas till ett storskaligt minskat luftnedfall av metaller från omkring 1970 och framåt (Rühling et al. 1987; Rühling 2006).

Trenderna för Riddarfjärden är likartade och det är sannolikt att kärnan från L3 avspeglar tidstrenden bättre än L1. En stor minskning, ca 10 gånger, noteras för silver, som tidigare haft en stor användning i tryckerier och vid fotolaboratorier. I samband med övergång till digital teknik har utsläppen minskat, vilket sannolikt tidstrenden i kärnorna visar. Även kadmium har minskat kraftigt och minskningen är av storleksordningen 10 gånger. Blyhalten har reducerats med en faktor 3-4 och arsenik, koppar, krom, kvicksilver och zink har minskat 2-3 gånger.

Haltfördelningarna i den daterade sedimentkärnan från Riddarfjärden vid provtagningen för projektet Miljögifter i sediment i Stockholms skärgård och östra Mälaren 2013 (Fig. 35; Anon. 2015) stämmer ganska väl överens för de flesta ämnen med fördelningen i kärnan från L3. Vid föreliggande undersökning noterades dock ingen så extremt hög kopparhalt som vid provtagningen 2013.



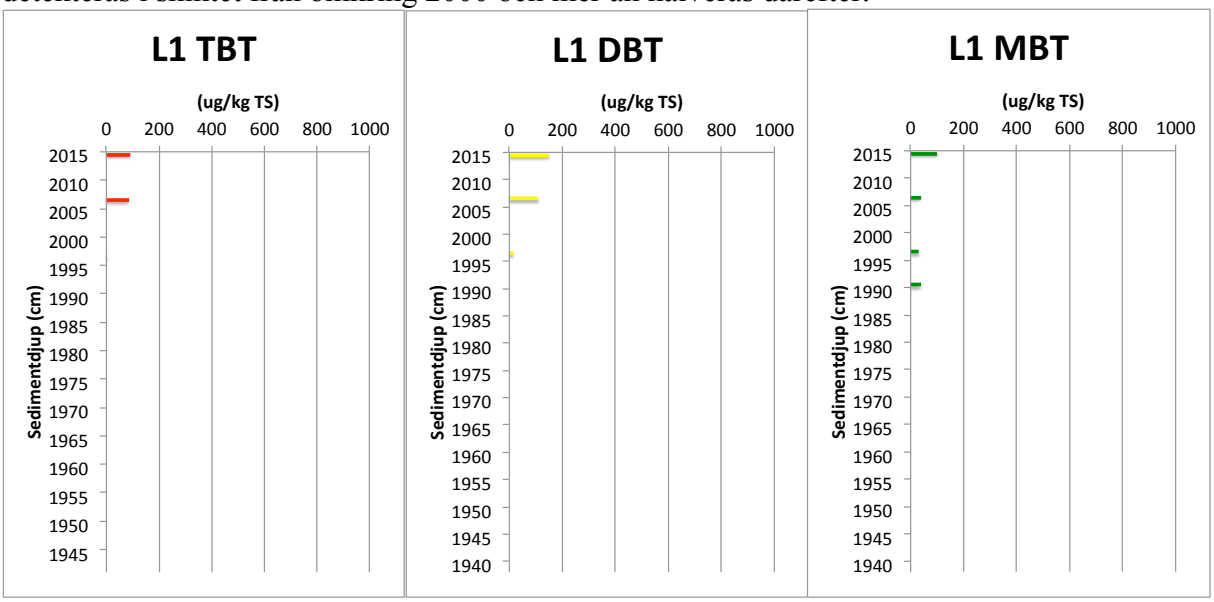
Figur 34 Tidstrender av metaller i den översiktligt daterade sedimentkärnan L3.

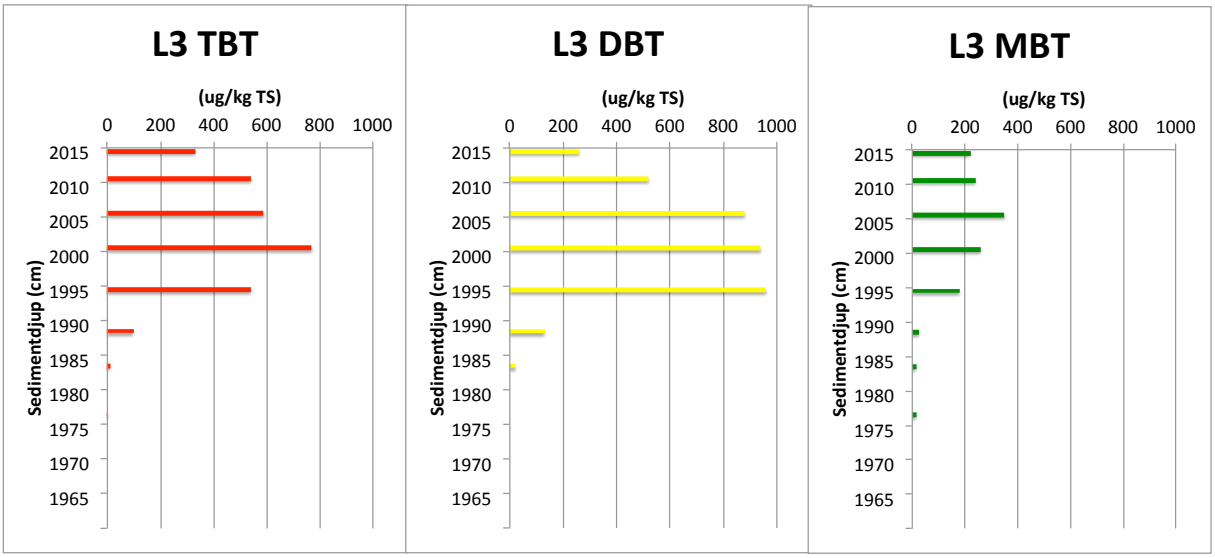


Figur 35 Sedimentprofiler från Riddarfjärden av LOI och metaller från undersökningen av miljögifter i sediment i Stockholms skärgård och östra Mälaren 2013 (Från Anon. 2015).

4.4.2 Organiska tennföreningar

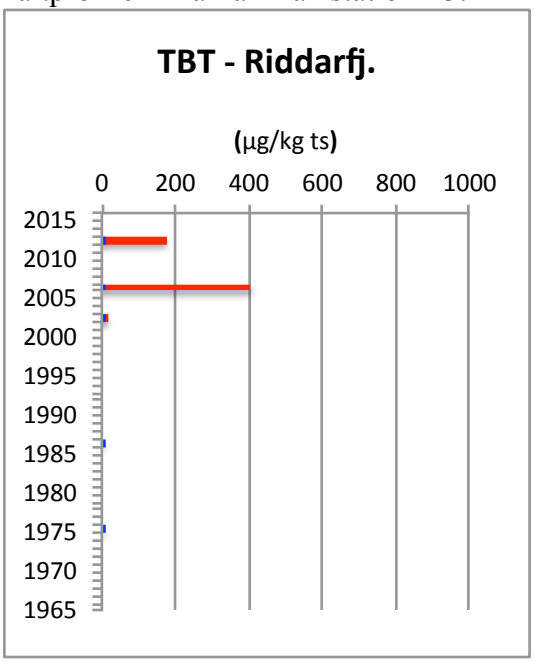
Halterna av organiska tennföreningar är påtagligt högre i kärnan från L3 än L1 (Fig. 36). Tidstrenden är tydlig i kärnan från L3 med inga halter under 1960-talet och början av 1970-talet. Låga halter av nedbrytningsprodukten MBT noteras från slutet av 1970-talet fram till 1990-talet då kraftiga ökningar sker av såväl TBT, DBT som MBT. Högsta halten av TBT detekteras i skiktet från omkring 2000 och mer än halveras därefter.





Figur 36 Halter av TBT, DBT och MBT i översiktligt daterade sedimentkärnor från stationerna L1 och L3.

Haltfördelningsprofilen för TBT i kärnan från Riddarfjärden vid undersökningen av miljögifter i sediment i Stockholms skärgård och östra Mälaren 2013 (Fig. 37) liknar haltprofilen i kärnan från station L3.



Figur 37 Sedimentprofiler från Riddarfjärden av TBT från undersökningen av miljögifter i sediment i Stockholms skärgård och östra Mälaren 2013 (Från Anon. 2015).

REFERENSER

- Anonymous, 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.
- DeepVision, 2009. DeepEye Sonar System - User´s Guide, 8 sid. http://www.deepvision.se/
- DrDepth Djupmätningsprogramvara. http://www.drdepth.se
- HVMFS 2013:19, 2013. 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., 2010. Spridning av föroreningar från Beckholmen - Sediment-undersökning i Stockholms hamn. Rapport JP Sedimentkonsult.
- Jonsson, P., 2013. Sedimentbundna föroreningar från Västerås - Bottenundersökning i Västeråsfjärden. Rapport JP Sedimentkonsult 2013:01, 50 sid.
- Jonsson, P., 2014. Regionala bakgrundshalter av metaller i Västeråsfjärden. JP Sedimentkonsult Rapport 2014:2, 27 sid.
- Jonsson, P. (Red.), Persson, J. och Holmberg, P., 2003. Skärgårdens bottnar. Naturvårdsverket Rapport 5212, Stockholm, ISBN 91-620-5212-8, ISSN 0282-7298, 112 sid. English summary.
- MÖD 2007:12. Miljööverdomstolens dom.
- Nacka Tingsrätt, 2015. Mål nr M 1492-14 och M6754-13
- Naturvårdsverket, 1999. Rapport 4914. Bedömningsgrunder för miljökvalitet - Kust och hav. Naturvårdsverket, Stockholm, ISBN 91-620-4917-8, ISSN 0282-7298, 136 sid.
- 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.
- Rühling, Å., Rasmussen, L., Pilegaard, K., Mäkinen, A. And Steinnes, E., 1987. Survey of atmospheric heavy metal deposition in the Nordic countries in 1985. Nord 1987:21, 44 pp.
- Rühling, Å., 2006. Nedfallet av tungmetaller i Sverige - Mätningar år 2005. Rapport till Naturvårdsverket. Avtal nr 211 0419, dnr 230-5907-04 Mm.
- 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 Protokoll och fotografier från sedimentprovtagning

Station L1
Position

WGS-84	Lat 59 19,416	Long 18 02,104
SWEREF99 1800	6578717.979	151996.524

Djup: 21,3 m
Beskrivning: Oxiderat 2 cm, därunder lös svart lergyttja

Station L2
Position

WGS-84	Lat 59 19,399	Long18 02,233
SWEREF99 1800	6578686.482	152118.952

Djup: 21,5 m
Beskrivning: Oxiderat 2 cm, därunder lös svart lergyttja

Station L3
Position

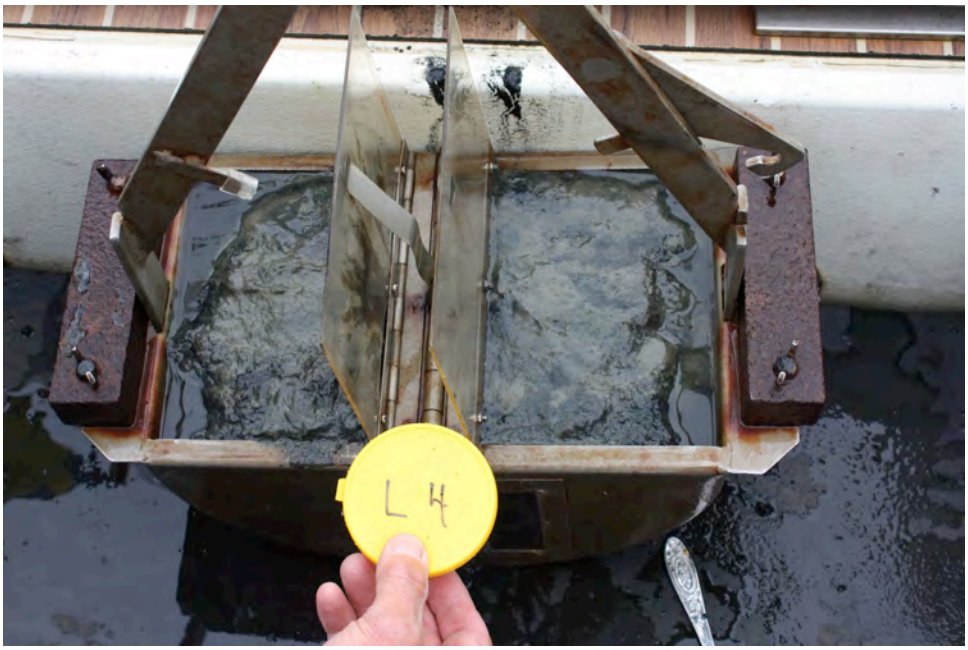
WGS-84	Lat 59 19,363	Long 18 02,369
SWEREF99 1800	6578619.715	152248.045

Djup: 20,6 m
Beskrivning: Oxiderat 2 cm, därunder lös svart lergyttja

Station L4
Position

WGS-84	Lat 59 19,365	Long 18 02,777
SWEREF99 1800	6578623.678	152635.211

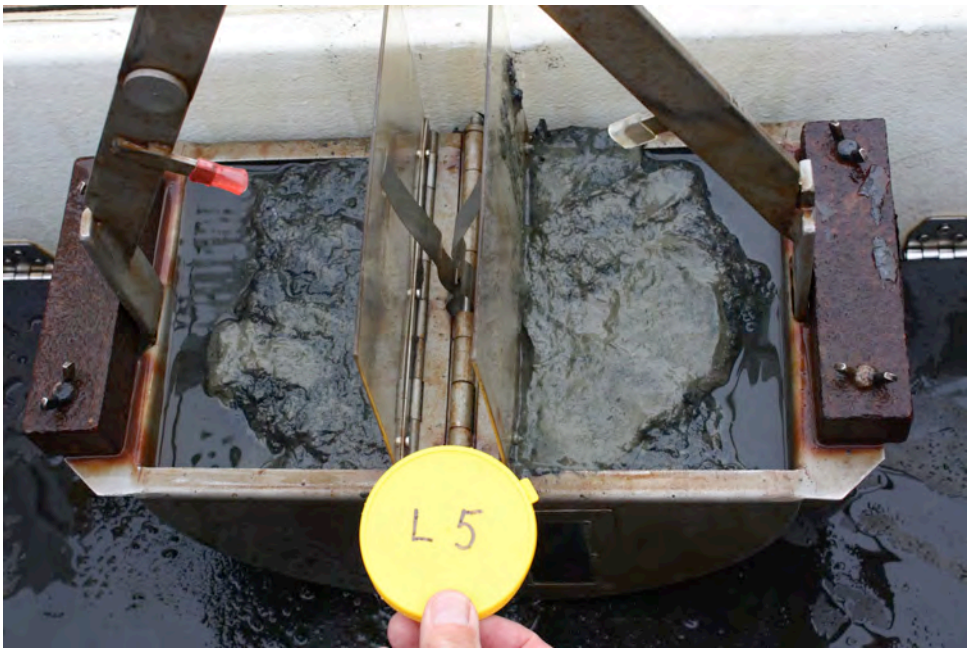
Djup: 19,2 m
Beskrivning: Oxiderad olivgrön lergyttja de översta 2-3 cm, därunder svartgrå lergyttja successivt allt fastare. En del varv.



Station L5
Position

WGS-84	Lat 59 19,356	Long 18 02,627
SWEREF99 1800	6578606.872	152492.881

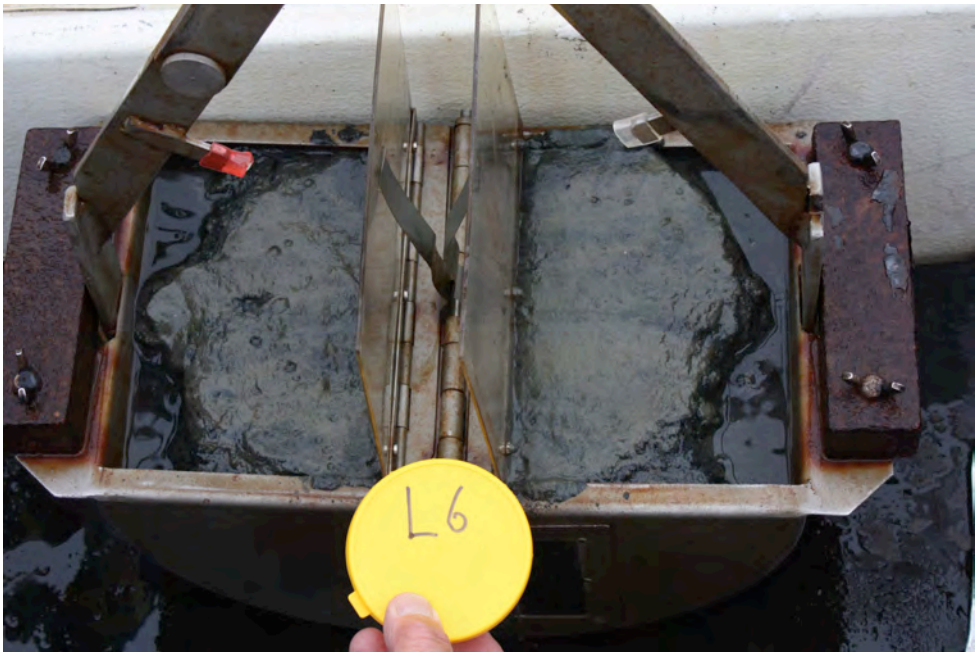
Djup: 18,5 m
Beskrivning: Oxiderad olivgrön lergyttja de översta 2-3 cm, därunder svartgrå lergyttja successivt allt fastare. En del sand/grusinslag



Station L6
Position

WGS-84	Lat 59 19,342	Long 18 02,492
SWEREF99 1800	6578580.796	152364.79

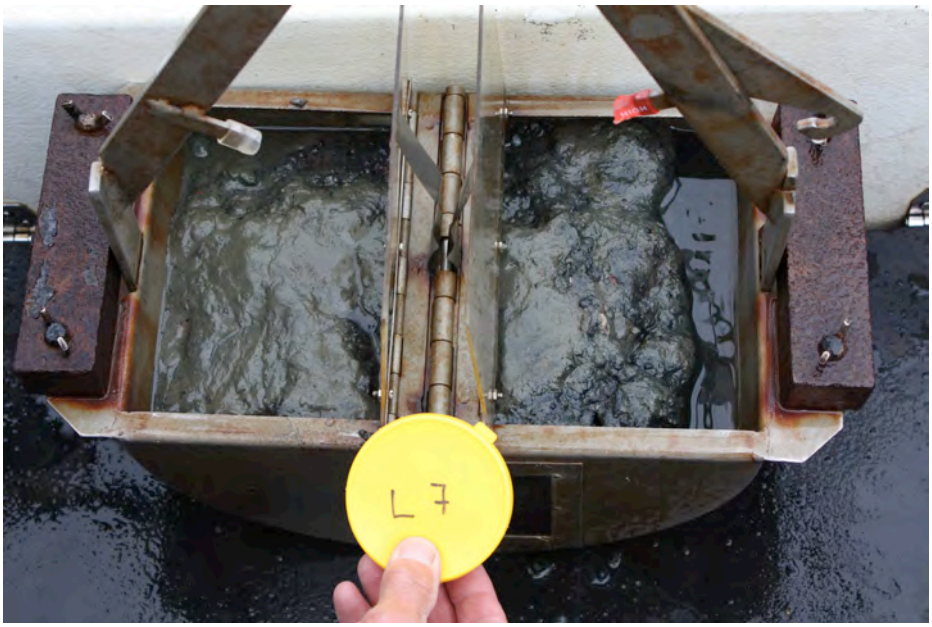
Djup: 19,4 m
Beskrivning: Oxiderad olivgrön lergyttja de översta 2-3 cm, därunder svartgrå lergyttja successivt allt fastare. En del sand/grusinslag



Station L7
Position

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

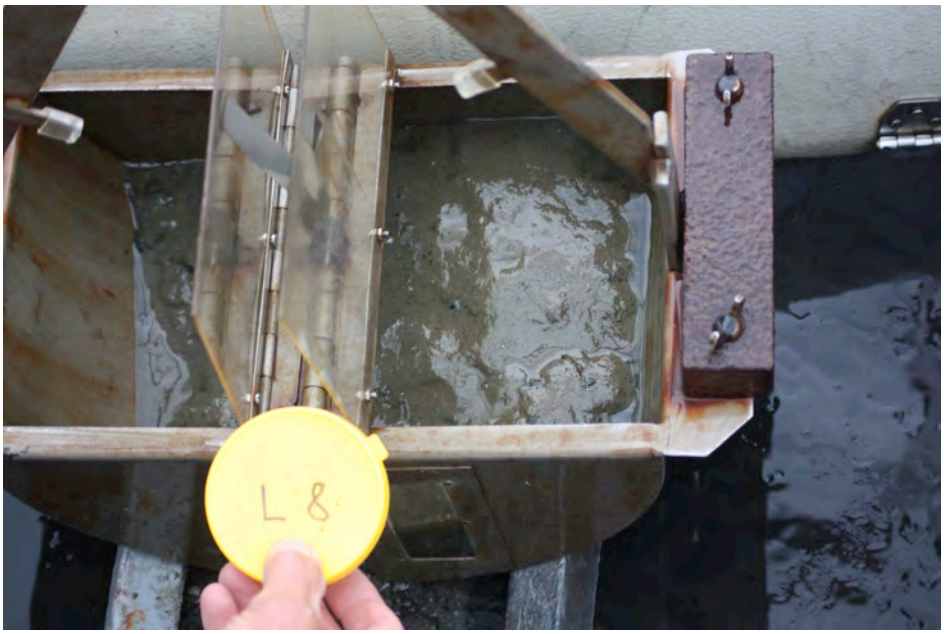
Djup: 16,9 m
Beskrivning: Smågrus/sandinslag i ytan, dock mjukt emellan. Översta 2-3 cm oxiderad olivgrön lergyttja, därunder svartgrå lergyttja ned till 10 cm. Därunder svart oljehaltig lergyttja



Station L8
Position

WGS-84	Lat 59 19,556	Long 18 02,392
SWEREF99 1800	6578978.067	152269.657

Djup: 13,0 m
Beskrivning: 0-2 cm ljust olivgrön lergyttja därunder gyttjelera med smågrus sandinslag.



Station L9
Position

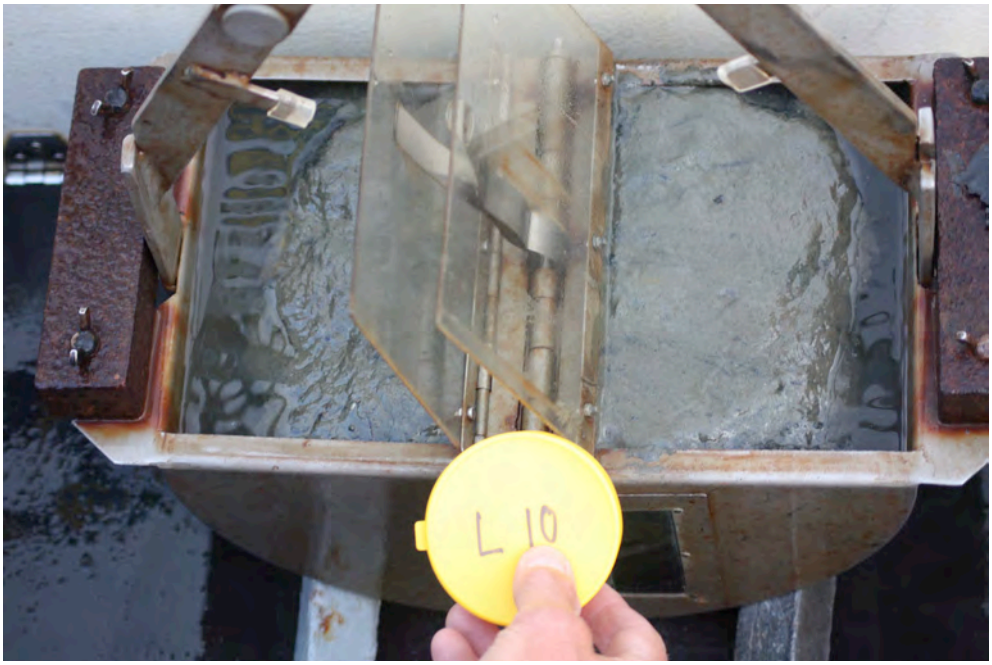
WGS-84	Lat 59 19,298	Long 18 02,805
SWEREF99 1800	6578499.299	152661.869

Djup: 18,3 m
Beskrivning: Oxiderad olivgrön lergyttja de översta 2-3 cm, därunder svartgrå lergyttja successivt allt fastare

Station L10
Position

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

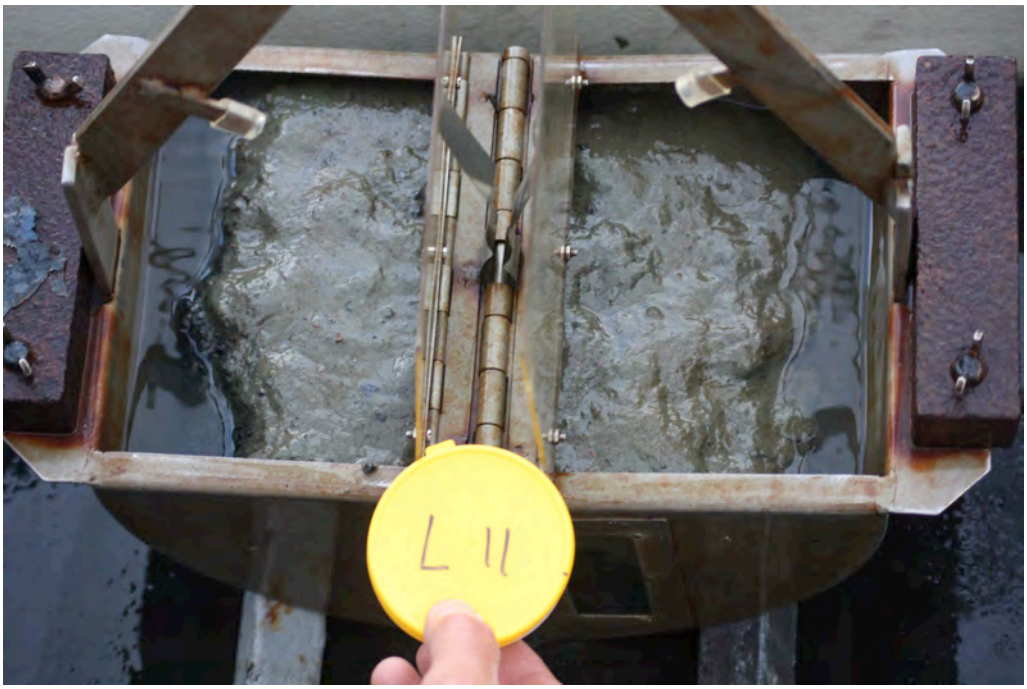
Djup: 21,4 m
Beskrivning: 0-3 cm lös oxiderad lergyttja, därunder allt fastare mörk lergyttja



Station L11
Position

WGS-84	Lat 59 19,386	Long 18 01,390
SWEREF99 1800	6578661.982	151319.016

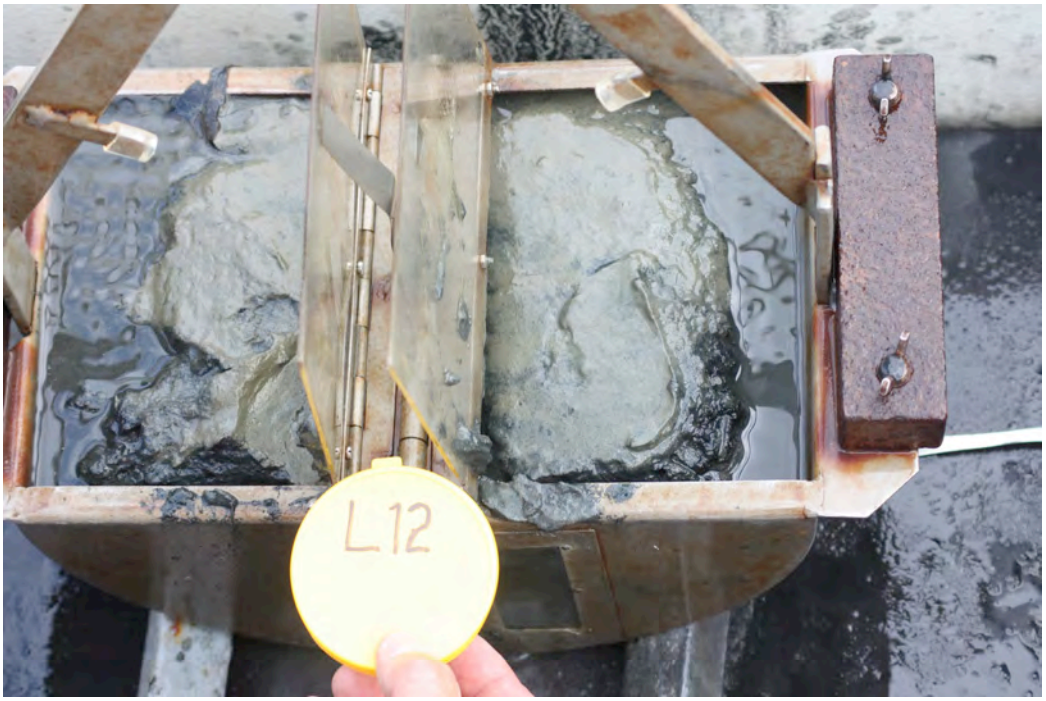
Djup: 18,1 m
Beskrivning: 0-3 cm oxiderad, därunder svart allt fastare lergyttja, 15 cm i hämtaren.



Station L12
Position

WGS-84	Lat 59 19,341	Long 18 00,969
SWEREF99 1800	6578578.314	150919.535

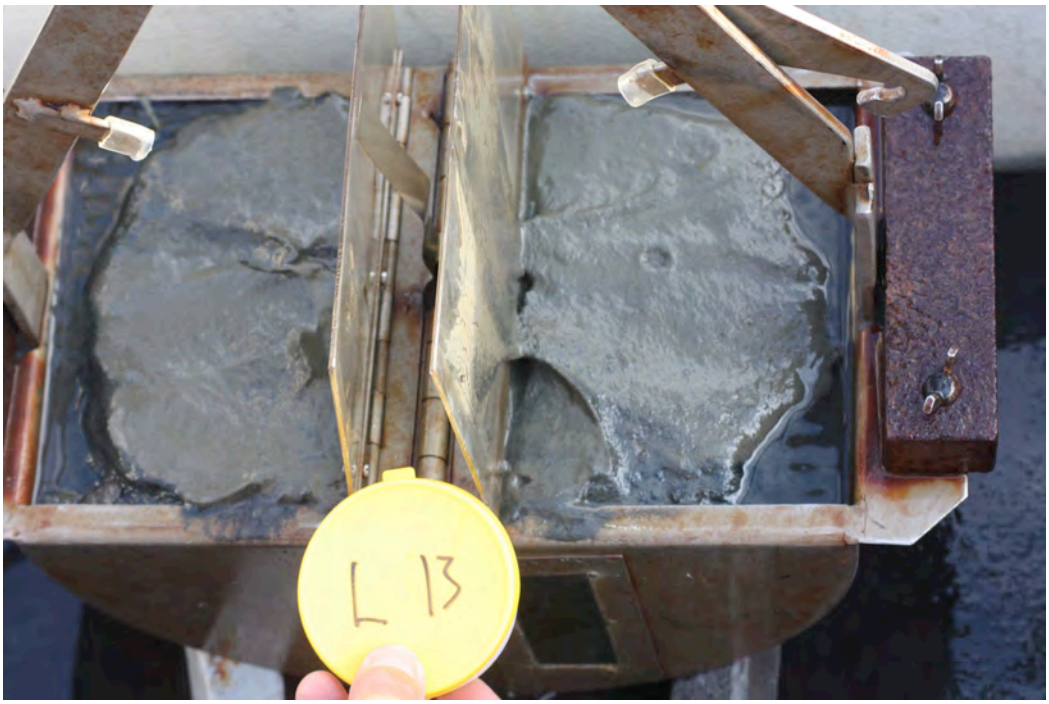
Djup: 21,8 m
Beskrivning: 0-3 cm oxiderad lergyttja, därunder allt mörkare, 15 cm i hämtaren.



Station L13
Position

WGS-84	Lat 59 19,191	Long 18 00,946
SWEREF99 1800	6578299.807	150897.775

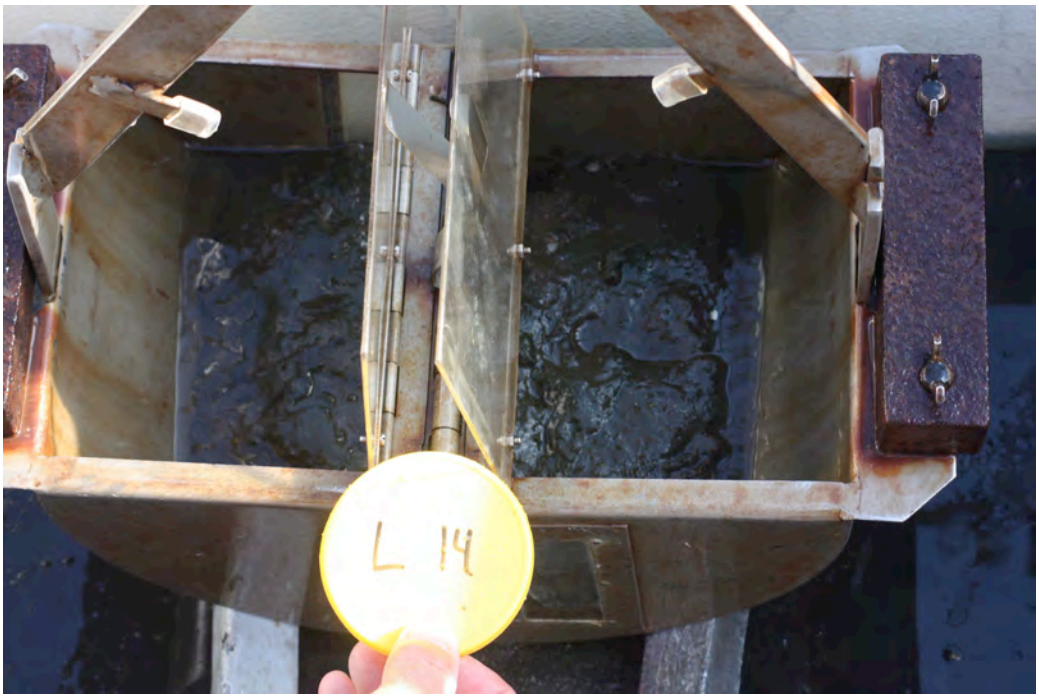
Djup: 16,5 m
Beskrivning: Lös olivgrön lergyttja, successivt allt mörkare och fastare, 15 cm i hämtaren.



Station L14
Position

WGS-84	Lat 59 19,205	Long 18 01,315
SWEREF99 1800	6578325.899	151247.956

Djup: 4,1 m
Beskrivning: Lite recent blandat med sand och grus



Station L15
Position

WGS-84	Lat 59 19,167	Long 18 01,735
SWEREF99 1800	6578255.498	151646.574

Djup: 2,8 m
Beskrivning: Torvliknande med sandinslag. 5 cm i hämtaren.

Station L16
Position

WGS-84	Lat 59 19,180	Long 18 01,865
SWEREF99 1800	6578279.69	151769.937v

Djup: 4,6 m
Beskrivning: Lös gröngrå lergyttja, successivt allt fastare. 12 cm i hämtaren.

Station L17
Position

WGS-84	Lat 59 19,207	Long 18 02,033
SWEREF99 1800	6578329.898	151929.348

Djup: 3,0 m
Beskrivning: Mörk lergyttja med en del grovdetritus.

Station L18
Position

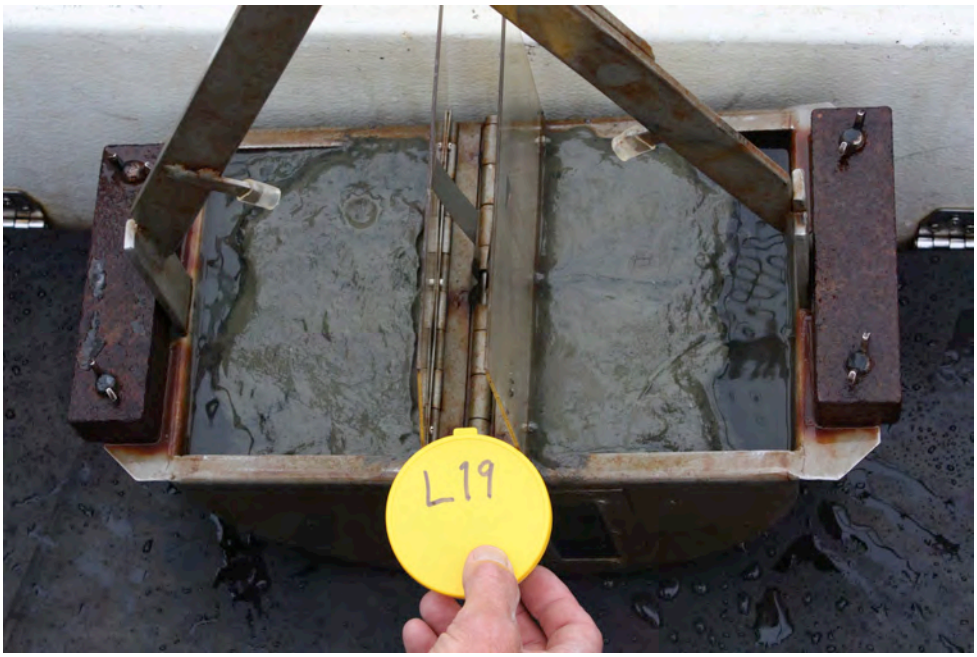
WGS-84	Lat 59 19,270	Long 18 02,421
SWEREF99 1800	6578447.074	152297.495

Djup: 10,3 m
Beskrivning: Lös olivgrön successivt allt fastare lergyttja. 10 cm i hämtaren.

Station L19
Position

WGS-84	Lat 59 19,396	Long 18 03,144
SWEREF99 1800	6578681.493	152983.428

Djup: 17,0 m
Beskrivning: Oxiderad olivgrön lergyttja de översta 2-3 cm, därunder svartgrå lergyttja successivt allt fastare



Station L20
Position

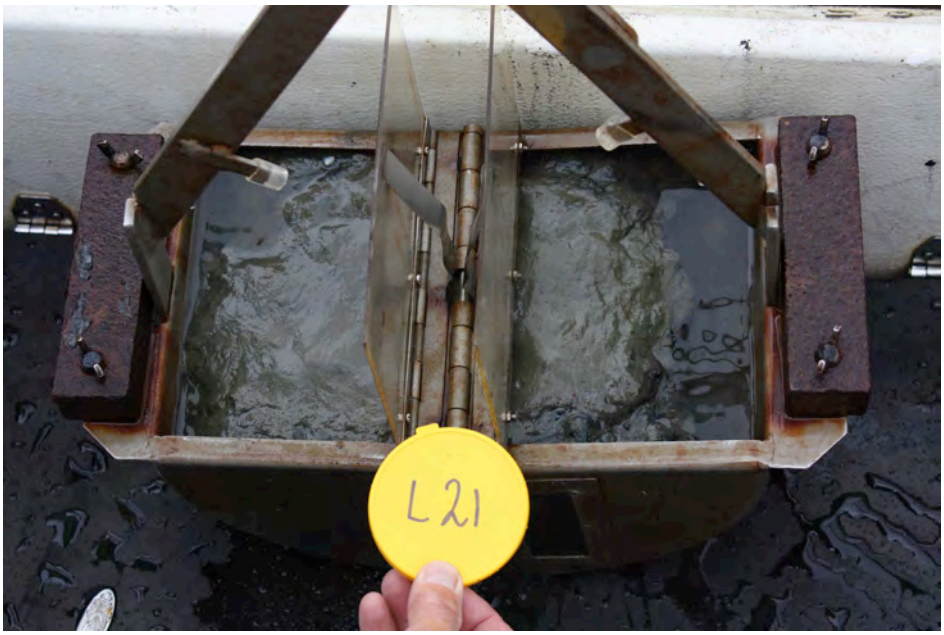
WGS-84	Lat 59 19,156	Long 18 01,632
SWEREF99 1800	6578235.033	151548.832

Djup: 2,4
Beskrivning: 0-4 cm lös olivgrön lergyttja. Grovdetritus och levande nate på ytan. 4 cm och nedåt glaciallera.

Station L21
Position

WGS-84	Lat 59 19,384	Long 18 02,984
SWEREF99 1800	6578659.096	152831.616

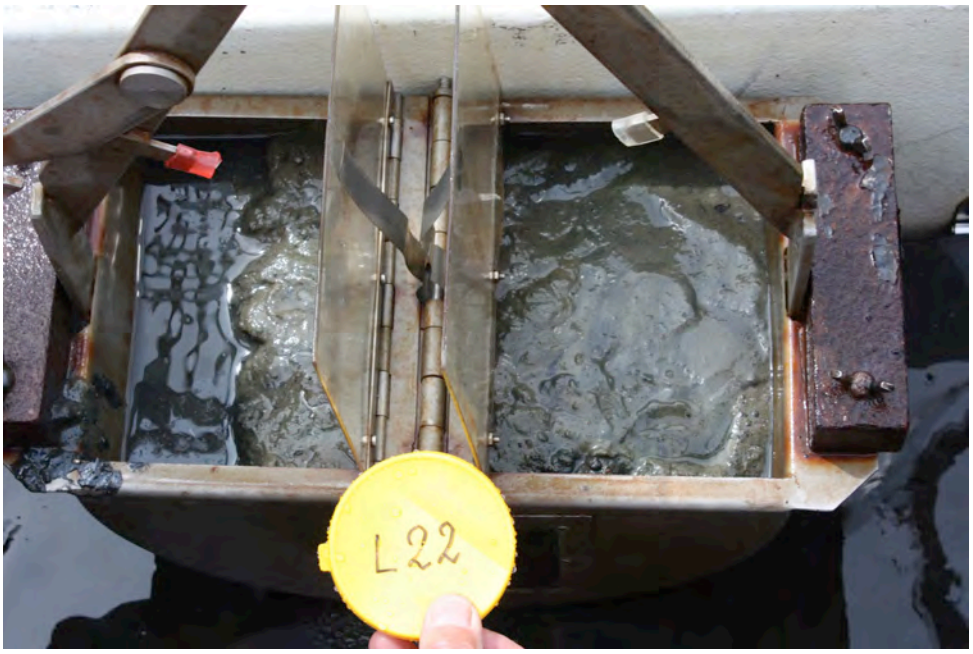
Djup: 16,6 m
Beskrivning: Oxiderad olivgrön lergyttja de översta 2-3 cm, därunder svartgrå lergyttja successivt allt fastare. Från 10 cm grus och sand.



Station L22
Position

WGS-84	Lat 59 19,411	Long 18 02,549
SWEREF99 1800	6578708.941	152418.798

Djup: 16,1 m
Beskrivning: Smågrus/sandinslag i ytan, dock mjukt emellan. Översta 2-3 cm oxiderad olivgrön lergyttja, därunder svartgrå lergyttja ned till 10 cm. Därunder svart oljehaltig lergyttja. En del slagg.



Station L23
Position

WGS-84	Lat 59 19,464	Long 18 02,181
SWEREF99 1800	6578807.138	152069.542

Djup: 17,7 m
Beskrivning: Lite sand/grus i ytskiktet, därunder mörk lergyttja med en del sandinslag, oljelukt.

Ej provtagna

Nära L9
Position

WGS-84	Lat 59 19,301	Long 18 02,793
SWEREF99 1800	6578504.861	1627606.313

Djup: 17,8 m
Anm.: På kabel, inget prov

Nära L14
Position

WGS-84	Lat 59 19,186	Long 18 01,518
SWEREF99 1800	6578290.691	151440.62

Djup: 2,5 m
Anm.: Hårt, inget prov

Nära L16
Position

WGS-84	Lat 59 19,194	Long 18 01,94
SWEREF99 1800	6578305.717	151841.101v

Djup: 2,8 m
Anm.: Hårt, inget prov

Nära L17
Position

WGS-84	Lat 59 19,212	Long 18 02,117
SWEREF99 1800	6578339.223	152009.06

Djup: 3,2 m
Anm.: Hårt, inget prov

Nära L22
Position

WGS-84	Lat 59 19,392	Long 18 02,521
SWEREF99 1800	6578673.648	152392.915

Djup: 14,2 m
Anm.: Lite löst recent ovanpå sandig/grusig gyttjelera, inget prov