

# SKÄRGÅRDENS BOTTNAR

Redaktör  
Per Jonsson

# SKÄRGÅRDENS BOTTNAR

En sammanställning av  
sedimentundersökningar gjorda  
1992–1999 i skärgårdsområden  
längs svenska ostkusten

Redaktör

Per Jonsson

Medförfattare

Johan Persson • Pia Holmberg



NATURVÅRDSVERKET

MILJÖANALYSAVDELNINGEN, MILJÖEFFEKTENHETEN  
KONTAKTPERSON: PER JONSSON, MOBILTELEFON: 070-520 80 57  
Författarna svarar ensamma för rapportens innehåll.

PRODUKTION: MARGOT WALLIN

Kartor och diagram har ritats/bearbetats av JOHAN WIHLKE

OMSLAGSBILD: Furusundsleden. BILD TITELSIDAN: Ekholmen

Godkända för spridning av Försvarsmakten

FOTOGRAF: JOHAN PERSSON

NATURVÅRDSVERKET:

TFN 08-698 1000 (växel)

E-POST: [upplysningar@naturvardsverket.se](mailto:upplysningar@naturvardsverket.se)

POSTADRESS: Naturvårdsverket, 106 48 STOCKHOLM

BESTÄLLNINGAR:

ORDERTELEFON: 08-5059 3340

ORDERFAX: 08-5059 3399

E-POST: [natur@cm.se](mailto:natur@cm.se)

POSTADRESS: CM-Gruppen

Box 11093

161 11 BROMMA

INTERNET: [www.naturvardsverket.se/bokhandeln](http://www.naturvardsverket.se/bokhandeln)

ISBN 91-620-5212-8.pdf

ISSN 0282-7298

© Naturvårdsverket 2003

TRYCK: BERLINGS SKOGS, TRELLEBORG, 2003

UPPLAGA: 500 EX

## FÖRORD

Undersökningar av skärgårdens bottnar har sedan 1992 genomförts vid Institutionen för geovetenskaper vid Uppsala universitet och Institutionen för geologi och geokemi vid Stockholms universitet. Denna rapport är en sammanställning av dessa sedimentundersökningar som utförts i totalt 51 fjärdar mellan Höga kusten i norr till Gryts skärgård i söder.

Syftet med sammanställningen var att:

- ✦ redovisa utbredningen av olika bottentyper (erosions- och transportbottnar, ackumulationsbottnar, laminerade sediment, gasrika bottnar) i samtliga områden,
- ✦ bedöma hur stora arealer som vid tiden för undersökningarna hade ansträngda syrgasförhållanden vid bottnarna,
- ✦ beskriva den historiska utvecklingen av syrgasfattiga bottnar,
- ✦ kvantifiera den totala sedimentackumuleringen och kolfastläggningen i Östersjöns skärgårdar.

Rapporten har sammanställts vid Institutionen för geovetenskaper, Uppsala universitet, av FD Johan Persson, FK Pia Holmberg och professor Per Jonsson, projektledare. Naturvårdsverket har finansierat och producerat rapporten. Författarna är ensamma ansvariga för rapportens innehåll.

Uppsala i januari 2003

## Ett omfattande material om skärgårdens bottnar har samlats in inom ramen för:

- Naturvårdsverkets projektområde ”EUCON – Samband mellan eutrofiering och miljögifter/metaller i akvatisk miljö”
- Naturvårdsverkets projektområde ”Metaller i stad och land”
- 5-poängskursen ”Östersjön från kust till hav” vid Uppsala universitet
- Användarinriktade kursen ”Havets bottnar från kust till utsjö” som gavs av Naturvårdsverket
- Doktorandkursen ”Sedimentologisk undersökningsmetodik i kustområden” vid Uppsala universitet
- Undersökningen ”Bottenförhållanden som eutrofieringsindikator i S:t Anna skärgård” med stöd från regionala miljöövervakningsmedel
- Undersökningen ”Laminerade bottnar i Ångermanfjorden – en effekt av organisk belastning” på uppdrag av intressenterna för Ångermanfjordens arbetsgrupp (Assi Domän Dynäs, Kramfors kommun, Sollefteå kommun och Länsstyrelsen i Västernorrlands län).

Följande personer har på olika sätt tillgängliggjort data och annan information för sammanställningen och till dem vill vi framföra ett stort tack:

CAMILLA ANDERSSON, Institutionen för geovetenskaper, Uppsala universitet

ROLF CARMAN, Institutionen för geologi och geokemi, Stockholms universitet

ANDERS JÖNSSON, Institutionen för geologi och geokemi, Stockholms universitet

MARTIN LINDSTRÖM, Institutionen för geovetenskaper, Uppsala universitet

MARKUS MEILL, Institutionen för geovetenskaper, Uppsala universitet.

Dessutom är vi skyldiga ett stort tack till alla dem (kursdeltagare, forskare och besättning) som bistått vid karteringar och sedimentprovtagningar ombord på R/V Sunbeam.

Sammanställningen har utförts med ekonomiskt stöd från Naturvårdsverket.

## INNEHÅLL

Förord	3
Sammanfattning	6
English Summary	8
Några sedimentologiska nyckelfaktorer	10
Undersökta skärgårdsområden	21
• Bottenhavets skärgårdsområden	22
• Roslagens skärgård	22
• Stockholms skärgård	23
• Södermanlands skärgård	27
• S:t Anna och Gryts skärgårdar	28
Expansion av laminerade sediment under 1900-talet	30
Stora mängder material i omlopp i skärgården	39
Karaktärisering av fjärdarna	54
• Bottenhavets skärgårdsområden	54
• Roslagens skärgård	58
• Inre delen av Stockholms skärgård	60
• Yttre delen av Stockholms skärgård	76
• Södermanlands skärgård	85
• S:t Anna och Gryts skärgårdar	90
Material och metoder	104
Referenser	110

## SAMMANFATTNING

NÄR STUDIER AV SKÄRGÅRDARNAS BOTTNAR inleddes 1992 var hypotesen att situationen i kustområdena skulle vara avsevärt bättre än i öppet hav tack vare de omfattande reningsåtgärderna i svenska kommunala reningsverk och industrier under de senaste decennierna. De genomförda studierna visar dock att omfattande bottenförändringar har skett i stort sett i alla de undersökta fjärdarna i Östersjöns kustområden samtidigt som reningsverken byggts ut.

I rapporten redovisas resultat från karteringar med sidtittande sonar och sedimentekolod av 51 skärgårdsfjärdar samt sedimentprovtagningar från mer än 400 stationer i dessa fjärdar. Utbredning av olika botten typer och bedömningar av hur stora områden som vid tiden för undersökningarna hade ansträngda syrgasförhållanden vid botten presenteras, och en bedömning ges av hur syrgas-situationen i de olika områdena utvecklats i ett historiskt perspektiv.

Betydande arealer av Egentliga Östersjöns ackumulationsbotten i öppet hav har under de senaste decennierna övergått från att vara bioturberade till att där i dag avsätts laminerade sediment, d v s varviga sediment bildas där botten djur saknas eller finns i liten mängd främst p g a dåliga syrgasförhållanden.

Tidsdiagram som visar hur andelen laminerade botten förändrats med tiden har visat sig vara en god historisk indikator på belastningssituationen i skärgårdsområden. I Ångermanälvens mynningsområde finns god historik av utsläppen av syrekrävande substans (BOD) vilket medfört att vi har kunnat ställa utvecklingen av laminerade botten i relation till BOD-utsläppen. Kurvorna för lamineringsutvecklingen har stora likheter med BOD-belastningen och samstämmigheten i tid är god.

Utvecklingen av laminerade botten i hela Stockholms skärgård karaktäriseras av gradvis ökande andel laminerade botten från 1910-talet ända fram till 1990, varefter en utplaning kan skönjas under början av 1990-talet. Det mest anmärkningsvärda är att de laminerade botten breder ut sig som allra snabbast just under den tid då de kommunala reningsverken byggs ut i Storstockholmsregionen. Trenden är helt motsatt mot vad som skulle förväntas.

Lamineringsutvecklingskurvan i ytterskärgården har ett annat tidsförlopp än i inner- och mellanskärgården. De första laminerade sedimenten uppträder först under mitten av 1950-talet och då först i de inre stora och djupa fjärdarna. I de ytterst belägna fjärdarna dyker inte de första varven upp förrän omkring 1970–1980. I S:t Anna och Gryts skärgårdar började expansionen av laminerade sediment ungefär samtidigt med den i Stockholms ytterskärgård. Situationen har förvärrats med början under 1960-talet och har accelererat under 1970- och 1980-talen.

Den troligaste förklaringen till att situationen förvärras i ytterskärgården trots omfattande lokala reningsåtgärder är att situationen i öppna Östersjön betyder mer för vattenkvaliteten i skärgårdarna än vad de lokala utsläppen från land gör. Ökande närsalter i öppet hav tycks således ha haft en stor inverkan på botten-situationen i ytterskärgården och sannolikt även långt in i mellanskärgården.

Genomgående för ytterskärgårdsfjärdarna är att påtagliga förbättringar tycks ha inträffat från slutet av 1980-talet. En likartad och samtidig förbättring inträffade i nordvästra öppna Egentliga Östersjön, vilket kopplats till vindinducerade stora saltvatteninbrott från Kattegat under den mycket blåsiga början av 1990-talet. Det är dock inte troligt att det inströmmande Kattegatvattnet är orsaken till förbättringarna i skärgårdarna. Mer sannolikt är att de blåsiga åren i början av 1990-talet har lett till vindinducerad vertikal turbulens ned till större djup i skärgårdarna med förbättrade syrgasförhållanden i djupvattnet som följd.

Sedimenttillväxten är i genomsnitt så hög som 17 mm/år inne i skärgårdsfjärdarnas ytsediment att jämföras med motsvarande i öppet hav, 1–4 mm/år. På motsvarande sätt är också sedimenttillväxten mätt i gram per kvadratmeter fjärdyta och år avsevärt mycket högre inne i skärgårdarna jämfört med i öppet hav.

Kolhalten i sediment från Bottenhavets kustområden är generellt påtagligt lägre än i fjärdarna i Egentliga Östersjöns kustområden. Vanligen är halterna något högre i ytsedimenten (2–4 %) än i de djupare skikten (ca 1–2 %). I Stockholms skärgård är kolprofilerna förbluffande likartade i hela det undersökta området; 4,5–6,5 % i sedimenten från 1950-talet och 5–8 % i slutet av 1990-talet.

Lokala eutrofieringsförhållanden har liten inverkan på kolprofilernas absoluthalter, vilket illustreras mycket klart vid en jämförelse mellan de av kommunala utsläpp belastade Näslandsfjärden och Himmerfjärden å ena sidan och den av direktutsläpp ringa belastade Tvären å den andra. Kolhaltererna i Tvären är genomgående 1–2 procentenheter högre än i de belastade fjärdarna.

I S:t Anna skärgård är TOC-halterna högst i ytterskärgården och lägst i de innersta inneslutna fjärdarna. Likartade men inte så utpräglade tendenser finns i såväl Södermanlands som Stockholms skärgård. Kolhaltfördelningen i sedimenten är således motsatt vad vi förväntade oss finna när undersökningarna initierades i början av 1990-talet.

I S:t Anna skärgård finns en tydlig gradient där sedimentackumuleringen är högst i de inre och lägst i de yttre fjärdarna. I Stockholms skärgård finns inga tydliga sådana skillnader mellan ytter- och innerskärgård. Här finner man såväl hög som låg sedimentackumulering i alla delar av skärgården. Anledningen till detta är troligen att söka i de naturgivna förutsättningarna i form av de enskilda fjärdområdenas morfologi. Ett svagt negativt samband visar att kolhalten ökar vid låg sedimentackumulering.

Utifrån den ringa variationen av radiocesiumaktiviteter i skärgårdssedimenten kan man dra slutsatsen att spridningen från öppet hav in i skärgårdarna är mycket effektiv, vilket innebär att förhållandena i öppna havet torde ha en stor inverkan på förhållandena inne i skärgårdarna. Detta gäller även näringsämnes-transporter/halter, varför effekter av lokala utsläppsåtgärder många gånger kan vara svåra att se, eftersom näringsämnen hela tiden ”importeras” från öppna havet. Den påtagliga expansionen av laminerade sediment i Stockholms skärgård samtidigt med den stora reningsverksutbyggnaden i Stockholmsregionen är en annan indikation på samma sak, nämligen att situationen i utsjön till mycket större del styr effektsituationen i skärgårdarna än vad tidigare rapporterats.



## ENGLISH SUMMARY

IN 1992, WHEN INVESTIGATIONS WERE INITIATED of the seafloor of the Baltic Sea archipelagoes, the main hypothesis was that the conditions in the archipelagoes would be far better than in the open sea due to extensive purification measures in the municipal sewage purification plants and industries during recent decades. Our studies, however, show that large-scale structural changes occurred in almost all the investigated coastal areas simultaneously with the increased degree of purification in sewage plants and industries.

In this report we present results from seafloor mapping by means of side scan sonar and sediment echosounder of 51 archipelago bays and sediment sampling of more than 400 sediment cores. The distribution of different bottom types in the archipelagoes is presented. Estimates are given on the extension of areas with poor near-bottom oxygen conditions as well as historical records of the development of oxygen-poor seafloor areas.

In the offshore Baltic proper, considerable areas of accumulation bottoms have shifted from “normal” bioturbated sediments to laminated (varved) sediments. The lamination is created when macrobenthic fauna are absent or significantly reduced due to low near-bottom oxygen concentrations.

Diagrams showing the spatial change of extension of laminated sediments over time have proven to be good historical indicators of the load situation in archipelago areas. In the river-mouth area of the river Ångermanälven, for instance, good historical data were available on the discharges of oxygen demanding substances (BOD). The historical record of BOD discharges is in good agreement with the development of laminated sediments in the area.

In the Stockholm archipelago as a whole, the historical long-term record of laminated sediments is characterized by a gradually increasing portion of laminated sediments from around 1910 up to 1990, thereafter levelling off in the 1990s. The most remarkable thing is that the fastest expansion was recorded simultaneously with improved sewage purification in the Stockholm area. The registered time trend is opposite to what was expected.

In the outer Stockholm archipelago, the lamination curve shows a different time development compared to the region as a whole. Laminated sediments did not occur until mid 1950s starting in the large and deep bays. In the outermost archipelago bays, the first lamination occurred between 1970 and 1980. In the S:t Anna and Gryt archipelagoes the expansion of laminated sediments started at the same time as in the outer Stockholm archipelago and the situation worsened during the 1970-80s.

The most probable reason for the worsened situation in the outer archipelagoes, despite the local/regional extensive purification measures, is that the situation in the offshore Baltic to a larger extent determines the conditions in the archipelago than local land-based discharges do. Thus, increasing offshore nutrient concentrations seem to have a major impact on the seafloor conditions not only in the outer archipelagoes but also most likely even in the central Stockholm archipelago.

A notable trend in the outer archipelagoes is that significant improvements seem to have occurred in the late 1980s. A similar and simultaneous improvement was

registered in the NW Baltic proper and has been linked to large wind-induced salt-water inflow from the Kattegat during the very windy beginning of the 1990s. However, it is not likely that the in-flowing Kattegat water is the reason for the improvements in the archipelagoes. More probable is that the windy conditions in the early 1990s caused wind-induced vertical water mixing to greater depths than in the extremely calm 1980s, resulting in increased oxygen concentrations in the near-bottom water.

As an average, the sediment accumulation rate in surficial archipelago sediments is as high as 17 mm/year in comparison with only 1-4 mm/year in offshore areas of the Baltic proper. Correspondingly, the sediment accumulation rate, measured in gram per square meter per year, is several times higher in the archipelagoes than offshore.

The sediment carbon content in coastal areas in the Bothnian Sea is in general considerably lower than in the investigated Baltic proper archipelagoes, showing somewhat higher concentrations in surficial sediments (2-4%) compared to further down-core (1-2%). In the Stockholm archipelago, the carbon concentrations are amazingly similar in the entire investigation area ranging from 4.5-6.5% in layers representing the 1950s to 5-8% in the sediments from the 1990s.

Local eutrophication conditions have low impact on the sediment carbon content. This was clearly demonstrated by a comparison between the bays Näslandsfjärden and Himmerfjärden, which are heavily influenced by local municipal discharges, and the bay Tvären with no direct discharges. The carbon contents are generally 1-2 percent units higher in the bay Tvären compared to the polluted bays.

In the S:t Anna archipelago, the highest TOC contents were found in the outermost bays and the lowest in the inner sheltered bays. Similar, although not so pronounced, trends were detected in the Södermanland and Stockholm archipelagoes. In general, the carbon distribution patterns are not as expected when investigations started in the early 1990s.

In S:t Anna, a clear gradient was found showing the highest bulk sediment accumulation rates in the inner bays and lowest in the outer bays. In the Stockholm archipelago no such clear differences were found between outer and inner parts of the archipelago. Here we found high as well as low sediment accumulation rates in all parts of the archipelago. The reason for this is most likely linked to different morphological conditions in each specific bay. However, a weak negative relationship showed that carbon content increased with decreased bulk sediment accumulation rate.

Based on the low variation of radiocesium activity in archipelago sediments it may be concluded that the transport from open sea into the archipelagoes is quite efficient, which in turn suggests that the situation in the offshore areas highly influenced the conditions in the archipelagoes. Accordingly, the same conclusion may be drawn for nutrient transports/concentrations. Since large amounts of nutrients are "imported" from the open sea, small or no improvements due to local measures are to be expected in the archipelagoes. The large-scale expansion of laminated sediments in the Stockholm archipelago during the period when large measures were taken to reduce nutrient discharges to the archipelago is an indication of the same phenomenon. The offshore situation seems to a much greater extent govern the seafloor conditions in the archipelagoes than what has been reported earlier.

# NÅGRA SEDIMENTO- LOGISKA NYCKELFAKTORER

---

ÖSTERSJÖN är komplex. Förutom att den består av många mer eller mindre väl avgränsade havsområden med olika karaktär, kan man även inom varje sådant område urskilja flera funktionella delar. Ett sätt att beskriva hur Östersjöns system i stort fungerar är att dela in havet i kusten, bältet och de öppna djupområdena.

Människans påverkan sker huvudsakligen i kustområdena. Här kan man, i tid och rum, förhållandevis väl kartlägga den lokala och/eller regionala omfattningen av denna påverkan.

Det s k bältet är ett övergångsområde genom vilket olika substanser som tillförts havet vid kusten transporteras ut från den mer eller mindre skyddade kusten ut till de öppna havsområdena. Bältet karaktäriseras av stora variationer, både i tid och rum. Därför är det inte särskilt lämpligt att studera trender i detta område.

De öppna djupområdena i havet har givetvis också en dynamik, men situationen här ute karaktäriseras allmänt sett mer än de kustnära områdena av långsiktiga skeenden. Inom alla Östersjöns delområden verkar stora snurrar av havsströmmar, som rör sig motsols och är betingade av jordrotationen. De bidrar i ett längre tidsperspektiv till att utjämna lokala och regionala skillnader i t ex halt av näringsämnen och miljögifter. Bottnarna i djupområdena är därför tänkbara miljöhistoriska arkiv för vad som i stor skala har skett i Östersjön. En hel del av det vi i dag vet om Östersjöns moderna historia är sådant som vi avlockat just dessa djupbottensediment.

## Bottentyper

Omsättningen och depositionen av finmaterial i akvatiska miljöer är en av nyckelfaktorerna i ekologiska sammanhang eftersom finmaterialet har stor inverkan på såväl funktionen som karaktären hos ett akvatiskt ekosystem. Då man definierar fördelningen mellan olika bottentyper (= bottendynamiska förhållanden) utgår man från det mest lätttrörliga finmaterialet (med partikelstorlek  $< 0,006$  mm, eller medium silt), som också är viktigt i ekologiska sammanhang eftersom det generellt har stor förmåga att binda olika typer av föroreningar. I våra studier har vi använt följande klassifieringsystem (Håkanson and Jansson, 1983):

- **ACKUMULATIONSBOTTNAR** är bottnar där finmaterial kontinuerligt deponeras.
- **TRANSPORTBOTTNAR** är bottnar med oregelbunden deposition och borttransport av finmaterial och blandade sedimenttyper.
- **EROSIONSBOTTNAR** är bottnar där borttransport av material dominerar och där ofta grövre material återfinns i ytsedimentet.

De flesta föroreningar uppvisar samma mönster om man jämför de tre bottentyperna: Låga halter i erosionsbottnar, höga halter i ackumulationsbottnar medan transportbottnar karaktäriseras av varierande halter.

## Erosionsbottnar

På en erosionsbotten dominerar erosionen, men under korta perioder kan finkornigt nysedimenterat material avsättas även på denna bottentyp. Materialet blir dock inte kvar här någon längre period utan resuspenderas (d v s virvlas upp) snart på grund av den höga turbulensen som karaktäriserar dessa bottnar (figur 1). Bottnar av denna typ återfinns främst i den energirika strandzonen ned till 50–70 meters djup, men de kan också uppträda på förhållandevis stora djup, där strömhastigheten ovanför sediment ytan är stor till följd av djupvattenströmmar.

Erosionsbottnarna, som främst utgörs av exponerade glacial- och postglacialeror, har låga vatten- och kolhalter. Halterna av näringsämnen och metaller är också generellt sett låga.

Eftersom det ofta är mycket svårt att dra gränsen mellan erosions- och transportbottnar utifrån akustiskt mätunderlag har vi i kartmaterialet i denna sammanställning enbart skiljt mellan erosions-/transportbottnar (ET-bottnar) å ena sidan och ackumulationsbottnar (A-bottnar) å andra sidan.



Figur 1. Erosionsbotten i norra Egentliga Östersjön. Bilden är tagen nere på botten och visar en profil genom de översta sedimentlagren.

Bildens höjd motsvarar ca 25 cm.

Foto: Robert Diaz .

## Transportbottnar

Transportbottnar återfinns oftast på större djup än erosionsbottnarna och utgör en transportlänk för material som eroderats eller tillförts med floder

och som via upprepade resuspensionscykler är på väg till de djupare belägna ackumulationsbottnarna. I kustnära grunda områden sker denna resuspension allt ifrån flera gånger per dag till en gång per år. Jonsson (1992) skiljer mellan korttids- och långtidstransportbottnar (resuspensionsfrekvens  $>1$  år). Den senare botten typen kan antas utgöra en länk mellan de kustnära och/eller grunda ( $<ca$  75 m) erosions- och transportbottnarna genom att material på väg från grundområdena mellanlagras här på sin väg ut till de egentliga ackumulations-/depositionsbottnarna för finmaterial. Oftast finner man en fast konsoliderad lera (glacial eller postglacial) som överlagras av någon eller några centimeter löst nybildat sediment. Detta är ofta årsvarvigt och består av 3–25 varv (Jonsson, 1992). Lutningsbetingade transportbottnar kan uppträda på stora djup under vågbasen om bottenlutningen överstiger ca 5 % (Håkanson, 1977).

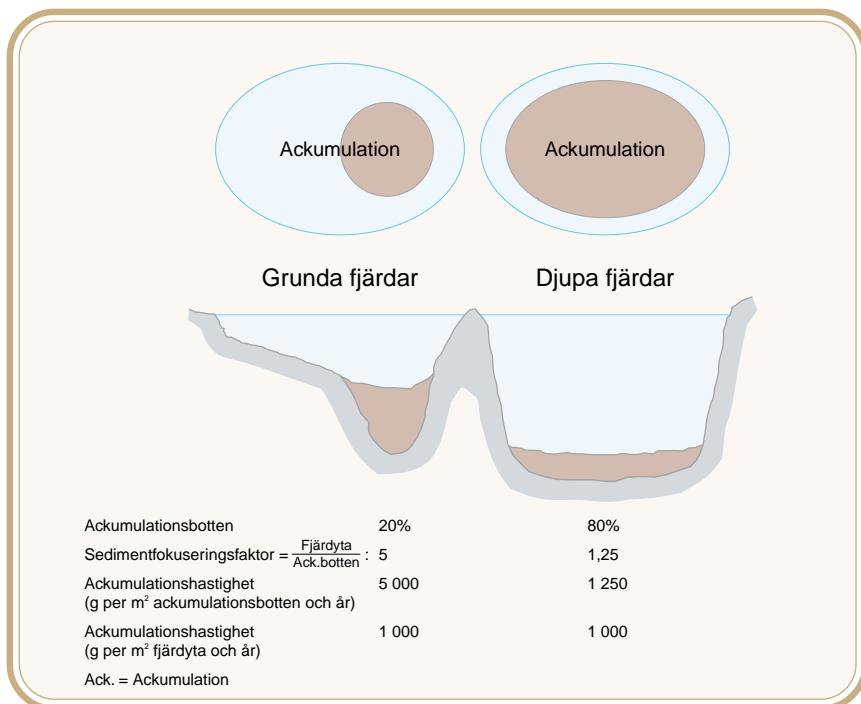
Transportbottnar kännetecknas av mycket varierande halter av föroreningar vilket beror på att dessa bottnar under kortare till längre perioder kan fungera som ackumulationsbottnar.

## Akkumulationsbottnar

Akkumulationsbottnarna består av hög andel finmaterial och uppvisar höga vattenhalter ( $>75$  %). Ibland kan gränsen mellan sediment och vatten vara svår att avgöra på grund av den höga vattenhalten i ytsedimentet. Vanligen finner man höga föroreningshalter i akkumulationsbottnarna och den organiska halten är hög. Ju mer organiskt material, desto mer syrgas krävs vid nedbrytningsprocesserna vilket innebär att områden med stor andel akkumulationsbottnar är särskilt känsliga för extra belastning av syrgaskrävande organiskt material. Näringsämnen, främst fosfor, som ansamlas på botten binds till stor del i sedimentet så länge ytsedimentet är syresatt. Vid syrgasfattiga förhållanden förändras de kemiska egenskaperna hos ytsedimentet och näringsämnen kan frigöras från botten till vattnet. I och med att sedimentytan hela tiden pålagras nytt material från omgivande vatten blockeras syrgastillförseln till djupare liggande sedimentskikt. Endast några centimeter ner i sedimentpelaren är bottnarna därför ofta syrgasfria, vilket ger en karaktäristisk svavelvätehaltig lukt vid omrörning av sedimentet. Så länge ytsedimentet är syresatt fungerar det som ett lock vilket hindrar fosforläckage från underliggande sedimentlager. I gränsskiktet mellan syrgasrika och syrgasfattiga skikt sker denitrifikation vilket innebär att oorganiskt kväve genom mikrobiologisk aktivitet omvandlas till kvävgas som kan avgå till atmosfären. Denitrifikationsprocesserna minskar på detta sätt kväveförrådet i sedimenten och är därigenom en mycket viktig självreningsmekanism för Östersjön.

## 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 sedimentackumuleringen eller rör sedimentfastläggning av enskilda ämnen (t ex metaller eller organiska miljögifter). Grundförutsättningen för att jämförelser skall kunna göras är att ackumulationsbottnarean bestäms, vilket kan ske med olika tekniker. I vårt fall har vi använt oss av en kombination av ”side-scan-sonar”, sedimentekolod och sedimentprovtagning (se kapitlet Material och metoder). Principen för normalisering för sedimentfokusering illustreras i figur 2 och går helt enkelt ut på att omräkna sedimentackumuleringen i ackumulationsområdena till att gälla för hela fjärdytan. I det illustrerade exemplet (figur 2) är sedimentackumuleringen per kvadratmeter ackumulationsbotten mycket högre i den djupa fjärden jämfört med den grunda. Om hänsyn tas till fokuseringseffekten och sedimentackumuleringen beräknas per kvadratmeter fjärddyta är det dock möjligt att göra jämförelser av sedimentfastläggningen. I detta exempel är sedimentackumuleringen lika stor i båda fallen.



Figur 2. Principskiss illustrerande normalisering för sedimentfokusering.

## Landhöjningen orsakar omlagring av sediment

Ett fenomen som är kopplat till landhöjningen har på senare år uppmärksamrats i forskningen om Östersjön. När vattenytan sjunker så kryper även den så kallade vågbasen nedåt. Vågbasen är det vattendjup till vilket vågorna kan utöva påverkan. Man kan lätt föreställa sig att stormar som driver upp Östersjöns vatten till över tio meter höga vågor – något som regelbundet inträffar med ett eller annat års mellanrum – får stor betydelse för kustområdenas bottenar.

Vågbasen ligger i utsatta lägen i Östersjön ända nere på 75–80 meters djup. Ovanför denna nivå sker således inte heller någon långsiktig ackumulation av finkorniga bottensediment. Genom landhöjningen lyfts djupare liggande bottenar successivt upp till grundare djup än vågbasen. De påverkas då av turbulensen från vattnets ytskikt, och följden blir att dessa sediment eroderas/resuspenderas.

Även om landhöjningen i Egentliga Östersjön (havet söder om Åland) endast är i genomsnitt 1,5 millimeter per år, kan detta teoretiskt medföra att så mycket som 50–100 miljoner ton gamla glaciala och postglaciala leror eroderas årligen. Detta medför att det kol, den kväve och fosfor och de metaller och mineralpartiklar som dessa leror innehåller åter kommer i omlopp i Östersjöns ekosystem kanske tusentals år efter att de sjönk till botten i en betydligt lugnare miljö. Nu återförs de på nytt och tar del i livsprocesserna i havet.

Det har visat sig (Jonsson et al., 1990; Jonsson, 1992; Blomqvist och Larsson, 1994; Eckh ell et al., 2000) att 50–80 procent av det material som sjunker ner på öppna Egentliga Östersjöns djupbottenar (25–30 miljoner ton per  r räknat som torrsubstans) härrör från gamla, eroderade sediment. Ny



Stormigt hav. Foto: Johan Persson.

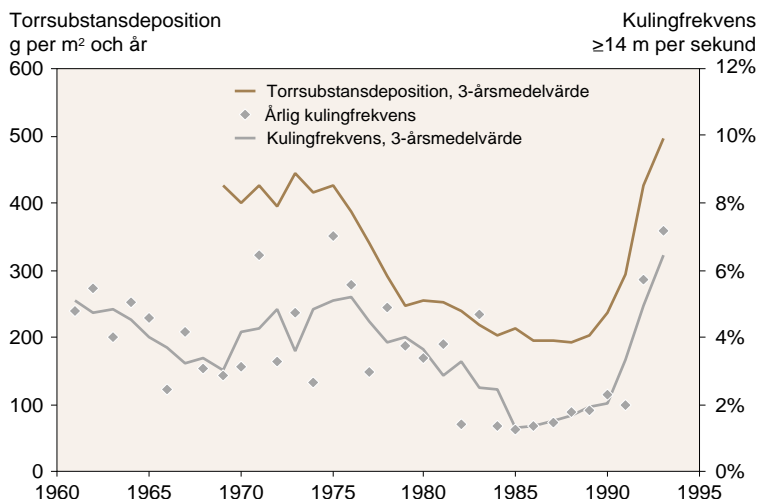
tillförsel till havet med floder, från direkta utsläpp och nedfall från luften på havsytan svarar således för en mindre del av det som årligen läggs fast i dessa s k ackumulationsbottnar i djupområdena. För Bottniska viken är det troligt att erosionens betydelse är ännu större eftersom landhöjningen är avsevärt högre (5–9 mm/år) än i Egentliga Östersjön (0-5 mm/år).

## Vindens betydelse för sedimentationen

Utifrån studier av laminerade utsjösediment i nordvästra Egentliga Östersjön (Eckhäll et al., 2000) har man kunnat konstatera att ackumulationen av sediment på djupbottnarna huvudsakligen styrs av vinden (figur 3). Detta förklaras av att under stormiga år sker en stor erosion/resuspension av grundområdenas sediment som så småningom sedimenterar i de mindre turbulenta djupområdena (figur 3).

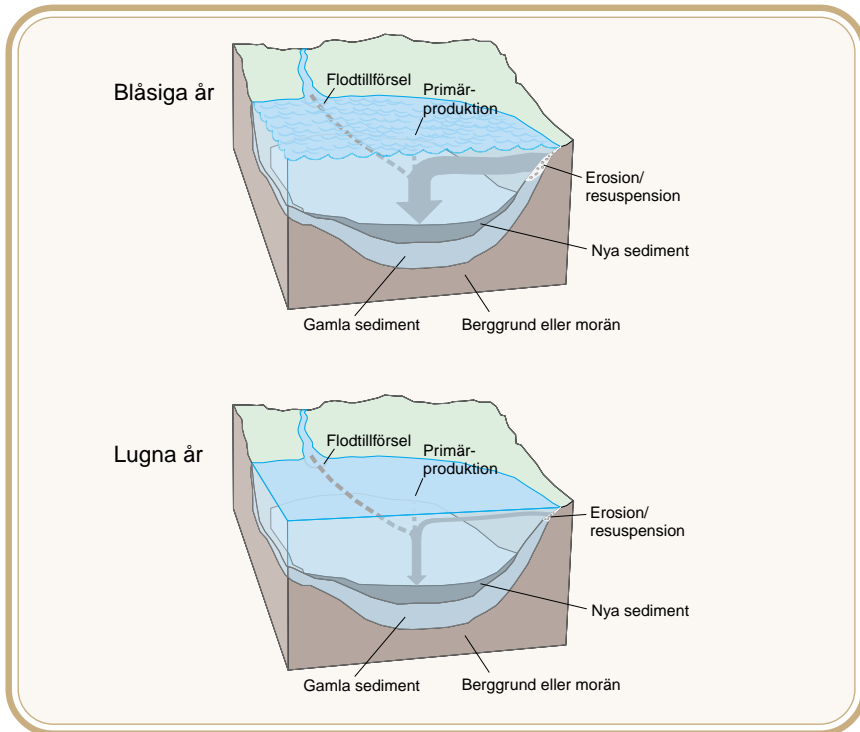
Sedimentackumulationen varierar i dessa utsjöbottnar under de senaste decennierna inom så vida gränser som med en faktor 3–5. Under lugna år sker mycket mindre erosion i strandnära områden (figur 4). Ofta ligger då sedimentackumulationen i de djupa ackumulationsbottnarna på 100–200 g per kvadratmeter och år, medan det under stormiga år på samma kvadratmeter avsätts så mycket som 500–800 g sediment.

Liknande resultat har visats även för S:t Anna skärgård (Persson och Jonsson, 2000), med den skillnaden att sedimentationen inomskärs är många gånger högre än ute till havs. I Stockholms skärgård fann Andersson (2001), utifrån detaljerade studier av 17 sedimentkärnor från 6 olika fjärdar, att torrsubstansdepositionen var bättre korrelerad till frekvensen vindstyrkor



Figur 3. Schematisk illustration av skillnader i sammansättning av sedimenterande material under blåsiga år respektive lugna år (från Eckhäll et al., 2000).





Figur 4. Schematisk illustration av skillnader i sammansättning av sedimentande material under blåsiga respektive lugna år.

$\geq 7$  m/s än till  $\geq 14$  m/s, vilket ansågs bero på det frekventa nötande som vågpåverkan vid vindstyrkor  $\geq 7$  m/s utför på grunda bottenar och stränder. Detta tycks resultera i att stora mängder material eroderas för att sedan deponeras på fjärdarnas ackumulationsbottenar.

## Bioturberade bottenar

I de allra flesta havsområden finns ett betydande djurliv i gränsskiktet mellan sediment och vatten. Dessa djur har en förmåga att blanda om bottenmaterialet så att eventuella årtidsskillnader i sedimentationen jämnas ut. Genom bioturbationen (d v s sedimentomblandning av bottenfauna) omblandas även nysedimenterat kraftigt förorenat material med underliggande preindustriella sediment, vilket leder till att snabba förändringar i föroreningsbelastning suddas ut. Detta leder också till att dessa bioturberade sediment är olämpliga att använda i miljökontrollen för beskrivning av miljögiftsutvecklingen. Således kan det ta många år innan en eventuell belastningsminskning ger sig till känna i form av minskande ytsedimenthalter.

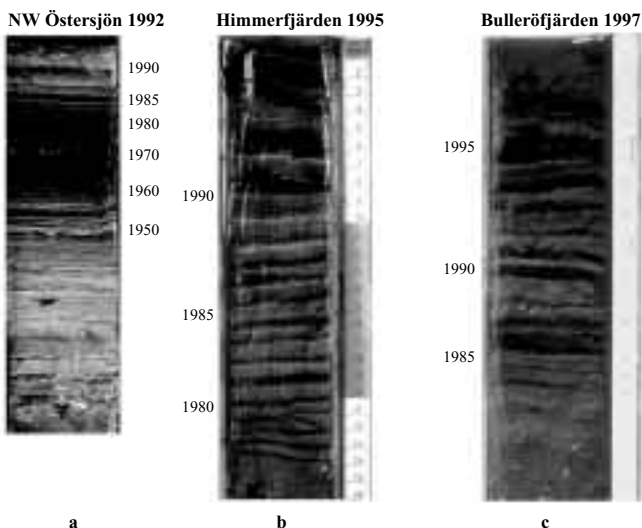
## Laminerade sediment

Laminerade ytsediment har länge varit ett välkänt fenomen i sjöar (t ex Anderson and Dean, 1988; Renberg, 1986). Denna sedimenttyp har även konstaterats i Bottenvikens (Heikkilä, 1986) och Bottenhavets (Axelsson, 1983; Cato, 1987) kustområden, och befunnits vara vanligt förekommande i Östersjöns kustområden (Morris et al., 1988, Jonsson et al., 1990; Persson and Jonsson, 2000) liksom i Östersjöns öppna delar (Renberg, 1981; Axelsson, 1987; Jonsson and Jonsson, 1988; Jonsson et al., 1990; Jonsson and Carman, 1994; Axelman et al., 1995). Laminerade sediment förekommer även i Skagerraks kustområden (Wallin och Öster, 1986).

## Öppna Östersjön

Under slutet av 1940-talet började bottendjuren att få svårt att klara sig över stora områden av Egentliga Östersjöns djupområden. Den ena rapporten efter den andra visade under början av 1950-talet att det högre djurlivet på bottenarna i rask takt slogs ut av syrgasbrist. Detta sammanföll väl i tiden med de registrerade sänkningarna av syrgashalterna i djupområdena och med att den kritiska syrgasgränsen kring 2–3 ml/l under 1950–70-talen underskreds i stora bottenområden på större djup än 100 meter.

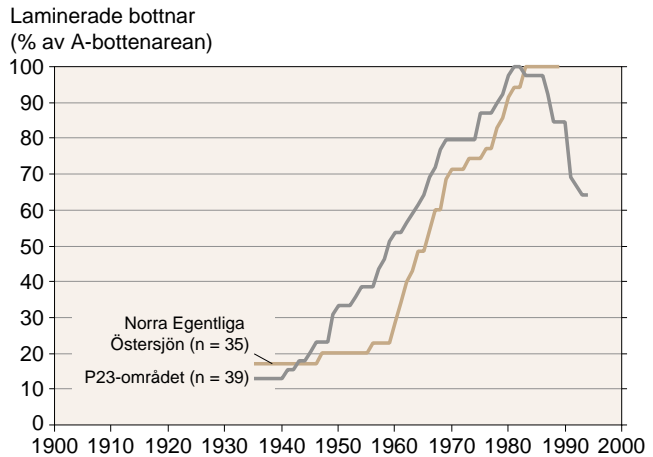
Även sedimenten talar samma språk som undersökningarna av bottendjuren och trenderna för syrgashalten. Om syrgasförhållandena varit så dåliga att bottendjuren inte kunnat leva där, finner man oftast varviga (laminerade) sediment (figur 5). Detta kommer sig av att det material som uppifrån vattenmassan regnar ner till botten varierar i sammansättning från årstid till årstid (Renberg, 1981).



Figur 5. Laminerade sedimentkärnor från  
a) norra Egentliga Östersjön  
b) Södermanlands skärgård (Himmerfjärden)  
c) Stockholms ytterskärgård (Bulleröfjärden).  
Foto: Per Jonsson.

Eftersom inga djur funnits på bottenarna, har inte heller materialet blandats och då kvarstår skillnaderna. Ett årsvarv bildas. Genom att räkna antalet årsvarv längst upp i de laminerade sedimentkärnorna från öppna Östersjön, har vi också med hjälp av dessa sediment kunnat beskriva hur de syrgasfria bottenarna snabbt breddade ut sig under denna period (figur 6). Det började under 1940-talet, men de riktigt stora bottenförändringarna kom under 1960- och 70-talen. Då slogs i genomsnitt 2 000 kvadratkilometer Östersjöbotten ut varje år!

Figur 6. Andelen laminerade sedimentkärnor i förhållande till totalantalet studerade i norra Egentliga Östersjön (källa: Jonsson et al., 1990) och i ett studieområde (P23) i nordvästra Egentliga Östersjön vid en provtagning 1994 (källa: Persson & Jonsson, 2000).



Sedimenten bär också vittnesbörd om de allt kärvare livsvillkoren för bottendjuren. Man kan i sedimenten från den här tiden ofta registrera en övergångsperiod där homogena och syrgassatta sediment omväxlar med sådana som är varviga och därigenom indikerar ansträngda syrgasförhållanden. Några tydliga årsvarv avlöses ofta av en eller annan centimeter jämnt och ljusst sediment, vilket slutligen följs av en konstant laminering ända upp till sedimentytan.

Detta har tolkats så att djuren på denna plats har slagits ut av brist på syrgas, varvid den första varvningen uppstår. Sedan blir syrgasförhållandena bättre under några år och provtagningsplatsen kolonieras då av djur som överlevt någonstans i närheten. Så småningom blev emellertid syrgasbristen permanent, och då var katastrofen ett faktum för djursamhället. Ungefär en tredjedel av öppna Egentliga Östersjöns bottenareal lider i dag av syrgasbrist och på huvuddelen av dessa bottenar avsätts laminerade sediment. Bottenarna täcks i dag tidvis (särskilt efter vårbloomingen) av utbredda mattor av svavelbakterier (*Beggiatoa* sp.). De sediment som tas upp från sådana bottenar stinker oftast av svavelväte, en gas som är giftig för allt högre liv.

Det är på sin plats att betona att även på laminerade bottenar kan det finnas bottendjur. Om det finns tillräckligt med bottendjur för att fullstän-

diget blanda om det sedimenterande materialet uppstår ett homogent sediment utan synliga strukturer. Den andra extremen är att det inte finns några högre bottendjur över huvudtaget. Då uppstår mycket tydligt laminerade sediment. Men om det finns en liten mängd bottendjur kan dessa inte fullständigt blanda om vad som ”regnar ned” till bottenarna från ovanförliggande vattenmassa, varvid diffust laminerade sediment uppstår. Är sedimentackumuleringen låg, som den normalt är ute i öppet hav, räcker det med en betydligt mindre mängd bottendjur för att blanda om sedimentet totalt än inne i skärgården med en oftast mycket högre årlig sedimentackumulering.

Betydande arealer av Egentliga Östersjöns ackumulationsbotten har under de senaste decennierna övergått från att vara bioturberade till att det i dag avsätts laminerade sediment där (d v s varviga sediment som avsätts där bottendjur saknas eller finns i liten mängd). Detta kan ha inneburit stora effekter på sedimentens förmåga till fastläggning av såväl organiska miljögifter som metaller (Jonsson, 1992). I samband med övergång från bioturberat sediment till laminerat ökar halterna av i stort sett alla föroreningar.

På alla ackumulationsbotten för finsediment belägna djupare än 75 meter i öppna Egentliga Östersjön avsattes i slutet av 1980-talet laminerade sediment (Jonsson et al., 1990), som en följd av utslagning av bottenfaunan. Lamineringen, som anses visa årsvarv (Morris et al., 1988, Jonsson, 1992), har utnyttjats för översiktlig beräkning av depositionen av oorganiska närsalter, organiskt material (Jonsson et al., 1990; Jonsson och Carman, 1994) samt klorerade ämnen (Jonsson, 1992; Jonsson et al., 2000; Jonsson, 2000) och metaller (Jonsson, 1992).

Under tiden efter den senaste nedisningen har homogen lera eller lergyttja dominerat i alla Östersjöns delbassänger. I vissa områden och under vissa perioder har dock laminerade sediment bildats naturligt i Östersjöbäckenet. Ytan där denna sedimenttyp deponeras synes ha minst fyrdubbplats sedan 1940-talet och täcker i dag ca en tredjedel av Egentliga Östersjöns botten (Jonsson et al., 1990).

I det sk P23-området, ett intensivstuderat ca 40 km<sup>2</sup> stort område mitt emellan Gotland och det svenska fastlandet, nåddes maximal areal laminerade botten omkring år 1985 (Persson and Jonsson, 2000). Detta stämmer väl med data från sedimentkärnor insamlade från hela norra Egentliga Östersjön (figur 6) under mitten-slutet av 1980-talet (Jonsson, 1992), som kännetecknades av mycket lugna förhållanden. Härefter har den laminerade arealen minskat, vilket sannolikt kan kopplas till de stora saltvatteninbrotten som skedde under den mycket blåsiga början av 1990-talet när frekvensen vindstyrkor  $\geq 14$  m/s på årsbasis ökade från 1–2 till 6–7 % (figur 3).

Förutom att sedimentackumuleringen ökade dramatiskt på djupbottnarna (Eckh ell et al., 2000) ledde det också till förbättrade syrgasförhållanden i Östersjöns djupvatten, vilket resulterade i att bottenfaunan i början av 1990-talet  ter kunde kolonisera tidigare utslagna områden. Förbättringen tycks ha inträtt med början i mitten av 1980-talet. Detta  r dock en fiktiv och för tidig nedgång, som beror på att när bottenfaunan ett visst  r  ter koloniserar ett tidigare utslaget område, bioturberar den inte bara detta års avlagringar utan även flera tidigare års avsatta sediment (Persson & Jonsson, 2000). Förbättringen tycks således ha inträffat tidigare än den i själva verket gjort.

# UNDERSÖKTA SKÄRGÅRDSOMRÅDEN

---

Denna sammanställning behandlar följande skärgårdsområden, uppräknade från norr till söder:

- ✦ Bottenhavets skärgårdsområden mellan Härnösand och Gävle (10 fjärdar; figur 8).
- ✦ Roslagens skärgård mellan Öregrund och Norrtälje (2 fjärdar; figur 8).
- ✦ Stockholms skärgård mellan Rådmansö och Dalarö (23 fjärdar; figur 9 och 10).
- ✦ Södermanlands skärgård mellan Södertälje och Nyköping (4 fjärdar; figur 11).
- ✦ S:t Anna och Gryts skärgårdar mellan Arkösund och Fyrudden (11 fjärdar; figur 12).

Nedan ges en översiktlig beskrivning av de olika skärgårdsområdena. I den senare delen av rapporten ges detaljerade beskrivningar av de studerade fjärdarna tillsammans med bottendynamiska kartor.



Figur 7. Forskningsfartyget R/V Sunbeam har använts som undersökningsplattform vid samtliga undersökningar. Foto: Peter Hallerdt.

## Bottenhavets skärgårdsområden

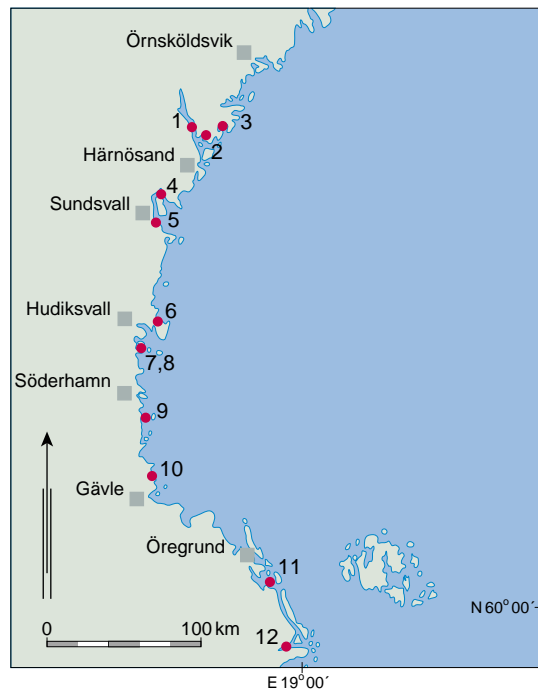
I denna undersökning ingår områden från Härnösand i norr till Gävle i söder (figur 8). Eftersom större sammanhängande skärgårdsområden inte finns längs denna sträcka, samt att fjärdarna har stor geografisk spridning, ges ingen utförlig områdesbeskrivning i detta avsnitt. Den enda fjärd som har karterats med sidtittande sonar och sedimentekolod i Bottenhavet är Ångermanfjorden.

## Roslagens skärgård

**ROSLAGENS SKÄRGÅRD** brukar man vanligen benämna sträckan mellan Öregrund och Norrtälje (figur 8). Skärgården kan i sin tur indelas i en nordlig (Östhammars kommuns kustvatten) och en sydlig del (Norrtälje kommuns kustvatten) som är åtskilda av Vaddö kanal. Av flera orsaker är detta en logisk uppdelning, framförallt beroende på att den norra delen karaktäriseras av vatten från Bottenhavet och den södra delen är mer maritimt präglad av vatten från norra Egentliga Östersjön.

De norra delarna av Roslagen har under en lång tid påverkats av utsläpp av syrgaskrävande material från Hallsta pappersbruk, men denna belastning har minskat väsentligt under 1980 och 1990-talen (Persson et al., 1993). Tätorterna i regionen, t ex Öregrund, Östhammar, Hallstavik och Norrtälje, bidrar även med en hel del näringsämnen. Vidare transporteras även en del näringsämnen med de tillrinnande vattendragen. Dessa har dock som regel förhållandevis låga vattenföringar. Påverkan från bebyggelse kan sannolikt ha viss inverkan på vattenkvaliteten, åtminstone lokalt. Stora områden med fritidsbebyggelse finns t ex på Vätö, Vaddö och Rådmansö.

Figur 8. Undersökningsområden längs kuststräckan Härnösand – Norrtälje. Siffrorna hänvisar till fjärdar som mer i detalj beskrivs i kapitlet ”Karaktärisering av fjärdarna”.



Östhammars skärgård består av såväl långsmala och grunda innerfjärdar som stora och relativt djupa mellanskärgårdsområden. Maximala djupet i innerskärgårdsfjärdarna ligger i regel på 10–20 m medan det i de djupare fjärdarna i mellanskärgården ligger på 30–50 m.

Innerskärgårdsområdena i Norrtälje skärgård är i regel smala, trösklade och relativt djupa, t ex Norrtäljeviken och Björköfjärden. Fjärdarna i mellan- och ytterskärgården har en mycket varierad topografi och närheten till öppna havet medför sannolikt att denna del är mycket välventilerad (exempelvis Lidöfjärden och Tjocköfjärden). Inom Roslagens skärgård har två fjärdar studerats, nämligen Singöfjärden i Östhammars skärgård och Norrtäljeviken i Norrtälje skärgård (figur 8). Eftersom endast dessa två fjärdar undersökts har vi inte valt att avgränsa de två större sammanhängande skärgårdarna och därmed ej heller beräknat ytan på dessa, vilket gjorts för t ex Stockholms skärgård.

## Stockholms skärgård

Med sina tusentals öar och fjärdar av varierande storlek är Stockholms skärgård det största sammanhängande skärgårdsområdet i Sverige. Området, med sina vackra naturmiljöer är värdefullt ur rekreationssynpunkt, men också som reproduktions- och uppväxtlokal för många fiskarter. Naturen i Stockholms skärgård är mycket varierad med ett mosaikartat mönster av öar i olika storlekar – från små skär upp till många kvadratkilometer stora öar. Fjärdarna uppvisar en mycket stor variation, från små grunda (2–3 m) till stora djupa (130 m), från avsnörda, trösklade vikar till öppna, exponerade fjärdar. De karga skären i havsbandet erbjuder förhållanden som gynnar växtlighet av fjällhedskaraktär, medan de inre skyddade landområdena uppvisar en flora som är mer karaktäristisk för breddgraden (Länsstyrelsen i Stockholms län, 1996).

I den här rapporten har vi delat in hela Stockholms skärgård i två olika översiktskartor. Kartan över det inre området innehåller både inner- och mellanskärgårdsområden, medan kartan över det yttre området innehåller både mellan- och ytterskärgårdsområden. Kartan över det inre området sträcker sig fr o m Saltsjön i väster till och med Älgöfjärden i öster (figur 9) och däremellan fjärdarna Västra och Östra Saxarfjärden, Trälhavet, Vaxholms-, Solö- och Torsbyfjärden, fjärdarna söder om Vaxholm, Lilla Värtan, Farsta- och Erstaviken samt Baggensfjärden. Den yttre översiktskartan (figur 10) omfattar i princip området öster om Ljusterö, d v s fjärdarna Skatfjärden, Gälnan, Edö-, Träskö-, Nassa-, Skags-, Kanholms- och Bulleröfjärden samt Möja Söderfjärd.

**STOCKHOLMS SKÄRGÅRD** sträcker sig från Rävsnäs i norr via de yttre skären ner till Nynäshamn i söder. I denna rapport har avgränsningen dragits längs



en linje från Rävsnäs, Tjockö, Fejan, Söderarm, Röder via Svenska Högarna, Gillöga, Lilla Nassa, Horssten, Sandhamn och vidare över Bullerö, Långviksskär, Biskopsön och Norsten, Huvudskär, Utö samt Nättarö till Nynäshamn. Området täcker en 3618 km<sup>2</sup> stor yta, varav 2850 km<sup>2</sup> utgörs av vattenyta och 768 km<sup>2</sup> utgörs av öar. Omkring 10 000 personer är bofasta i området och det finns mer än 50 000 fritidshus längs kusten och på öarna (Länsstyrelsen i Stockholms län, 1996).

Skärgårdsområdet kan indelas i inner-, mellan- och ytterskärgård. **INNERSKÄRGÅRDEN** (figur 9) karaktäriseras av väl inneslutna fjärdar, utan direkt kontakt med öppet hav. Fjärdarna är, med ett par undantag, relativt grunda och vältrafikerade av både fritidsbåtar, färjor, militär trafik och annan yrkestrafik. Terrängen i den inre delen av skärgården är kuperad och



Figur 9. Undersökningsområden i Stockholms inner- och mellanskärgård. Siffrorna hänvisar till fjärdar som mer i detalj beskrivs i kapitlet "Karaktärisering av fjärdarna".

öarna vanligtvis relativt stora och skogklädda. Gran och tallskog dominerar. Framför allt på de större öarna och längs fastlandskusten finns områden med jordbruksmark. Naturliga orsaker, såsom lättillgänglighet och närhet till Stockholm, gör att öarna här ofta är välexploaterade. En hel del permanentbostäder finns, men fritidsbebyggelsen dominerar.

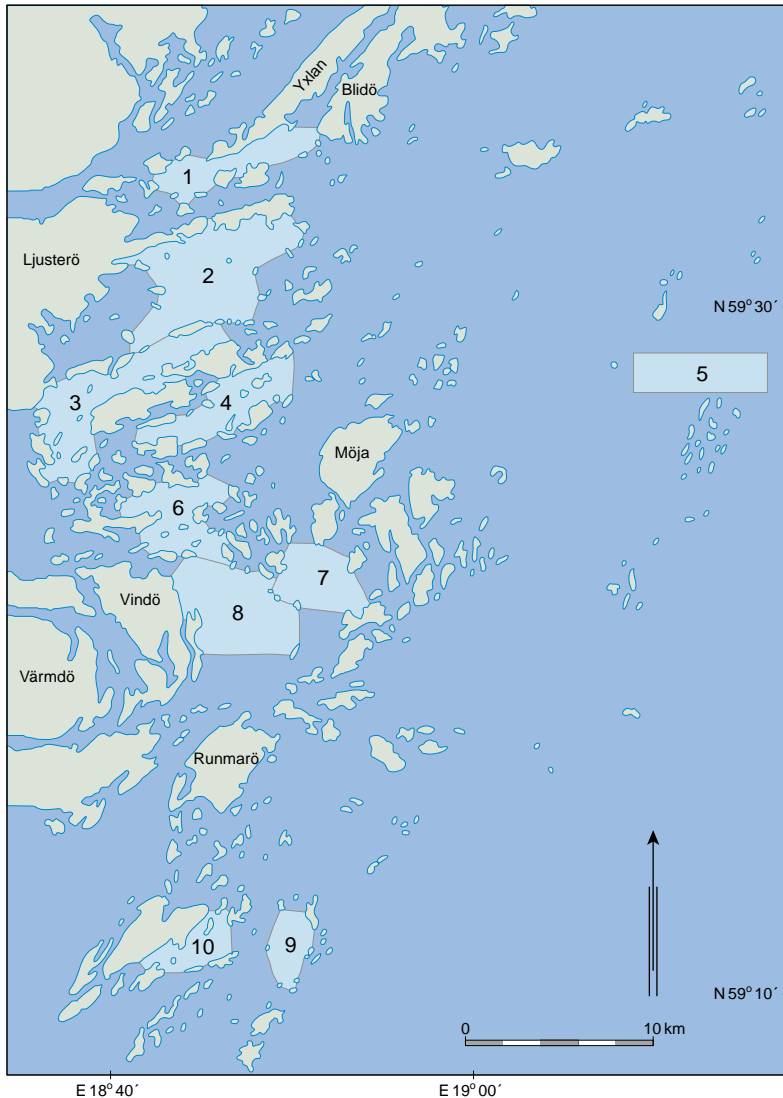
Utsläpp via avlopp, spill vid lastning och lossning från hamnarnas kajer, luftburna föroreningar från skorstenar, biltrafik och båtar m m kan antas påverka vattenmiljön i innerskärgården. Omkring 80 % av sjöfartens utsläpp av flyktiga kolväten i området kommer från fritidsbåtarnas tvåtaktsmotorer (Länsstyrelsen i Stockholms län, 1996).

Med få undantagna är isläggs fjärdarna i innerskärgården vintertid. Det medför sannolikt en tydlig skiktning av vattnet och vind-/vågpåverkan minskas radikalt under isläggningsperioderna. Fjärdarna i den inre skärgården påverkas också av sötvattentillrinning från olika vattendrag. Detta är särskilt tydligt för de områden som ligger närmast Stockholm. Den genomsnittliga färskvattentillförseln från Mälaren till Saltsjön på omkring 4700 Mm<sup>3</sup>/år (Stockholm Vatten, 1993) bidrar till en utspädning av salthalten i brackvattnet. Med Mälärvattnet transporteras närsalter ut i innerskärgården (t ex Stockholm Vatten, 1997). Tillförseln av sötvatten resulterar också i en ytlig ström med sötvatten som ”flyter” ovanpå det tyngre, saltare bottenvattnet ut i inner- och mellanskärgården. Denna ytvattenström kompenseras av en djupare saltvattenström från mellanskärgårdens fjärdar och in i Saltsjön (Stockholm Vatten, 1991). Omsättningen av Saltsjöns bottenvatten blir därmed relativt snabb och man har därför bedömt det möjligt att släppa ut renat avloppsvatten från reningsverken ända inne i innerskärgården, utan att den lokala påverkan blir så stor. Färskvattenflödet från de större vattendragen resulterar i en salthaltsgradient från de fastlandsnära områdena och utåt. I Norrström vid Mälarens utlopp är salthalten nära noll, för att successivt öka utåt och nå halter runt 7 vid Svenska Högarna (Länsstyrelsen i Stockholms län, 1996). Salthalten varierar också i nord-sydlig riktning. Vid Singö i norr är salthalten lägre (ca 5,5) för att successivt öka ner mot Landsort i söder och där nå upp till ca 7.

**MELLANSKÄRGÅRDEN** är mindre exploaterad och har inte lika mycket ”fastlandskaraktär”. Även här finns en del permanentbostäder, men andelen är mindre än i innerskärgården. Någon direkt kontakt med öppet hav har inte fjärdarna här, men vind- och vågpåverkan är större än för de inre vattnen. Andelen odlingsbar mark är mindre än i innerskärgården och växtligheten på öarna är inte lika lummig. Området är relativt lättillgängligt och utnyttjas flitigt för rekreation och friluftsliv. Fjärdarna är ofta större än i innerskärgården och små, grunda vikar är mer sällsynta. Längre ut i mellanskärgården får öarna ett allt större inslag av lövträd och buskar och kal-spolade hållar börjar uppträda här och där. I mellanskärgården häckar en

mängd olika fågelarter, däribland havsörn (Länsstyrelsen i Stockholms län, 1996).

**DEN YTTRE DELEN** av Stockholms skärgård (figur 10) är mer öppen österut mot Egentliga Östersjön och påverkas till stor del av vattenutbytet med öppet hav. Detta medför också att exponeringen för vindar och vågor är stor, vilket även gör att ytterskärgården sällan isläggs helt. Till skillnad mot de inre, relativt små fjärdarna omgivna av stora skogbeväxta öar, karaktäris-

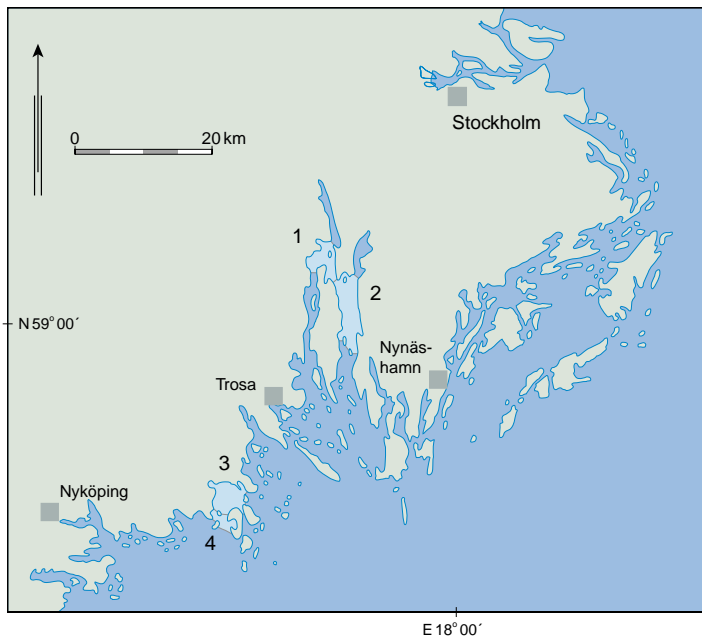


Figur 10. Undersökningsområden i Stockholms mellan- och ytterskärgård. Siffrorna hänvisar till fjärdarna som mer i detalj beskrivs i kapitlet "Karaktärisering av fjärdarna".

ras de yttre områdena av stora sammanhängande vattenytor omgivna av grupper med små, karga öar och skär. Området är relativt exploaterat, men den antropogena påverkan är inte lika stor som för de inre delarna av skärgården. Den dominerande växtligheten på öarna blir allt mer sparsam och övertas av lövträd (i skyddade lägen) och buskar, t ex lågväxande björkar, al, asp och olvon till skillnad från de inre delarnas barrskogsområden. Längst ut i ytterskärgården består öarnas stränder av kala vind- och vågpinade hållar. Uppe på skären växer bland annat olika örter, ljung och blåbär. Här häckar ett antal kustfågelarter, ofta i stora kolonier. Vattnets siktdjup är oftast större än i innerskärgården och bottenpografien mycket omväxlande.

## Södermanlands skärgård

**SÖDERMANLANDS SKÄRGÅRD** sträcker sig från Södertälje i norr till Bråviken i söder. Stora sammanhängande skärgårdsområden finns egentligen bara i Trosa skärgård, i de norra delarna av detta område. Inom området har 4 fjärdar studerats, nämligen de angränsande Näslands- och Himmerfjärdarna i norr och Tvären och Stussviken, belägna centralt längs kuststräckan (figur 11). Många av de större fjärdarna är relativt exponerade ut mot öppna havet, och här kan man förvänta sig en relativt snabb omsättning av vatten. Exempel på sådana fjärdar är Örsbaken, Hållsviken samt Asköfjärden och Fifångsdjupet.



Figur 11. Undersökningsområden i Södermanlands skärgård. Siffrorna hänvisar till fjärdar som mer i detalj beskrivs i kapitlet ”Karaktärisering av fjärdarna”.

Fjärdarna i Södermanland är i regel relativt grunda med maximala djup på i genomsnitt ca 30–40 m. Undantaget är Tvären vars centrala delar karaktäriseras av djup mellan 50–75 m. Områdets runda form anses vara resultatet av ett meteoritnedslag.

Eftersom det är svårt att definiera större sammanhängande skärgårdsområden i Södermanland har vi valt att endast avgränsa Trosa skärgård. Avgränsningarna har lagts vid Södertälje kanal i norr medan begränsningslinjen i söder löper från Bokösund i väster via Askö över till sydvästspetsen på Torö i öster. Vattenytans area inom detta område är 251 km<sup>2</sup>. Öarnas sammanlagda yta innanför begränsningslinjen är 16 km<sup>2</sup>, dvs den totala arean är 267 km<sup>2</sup>.

Den mest undersökta fjärden i Södermanland är utan tvivel Himmerfjärden, som sedan 1974 varit recipient för en stor del av Stockholms renade avloppsvatten. Himmerfjärdsverket, beläget i den norra delen av fjärden, renar vatten från ca 250 000 människor (Engqvist, 1994). Sedan 1976 bedrivs ekologiska undersökningar i området för att studera miljökonsekvenserna av utsläppen.

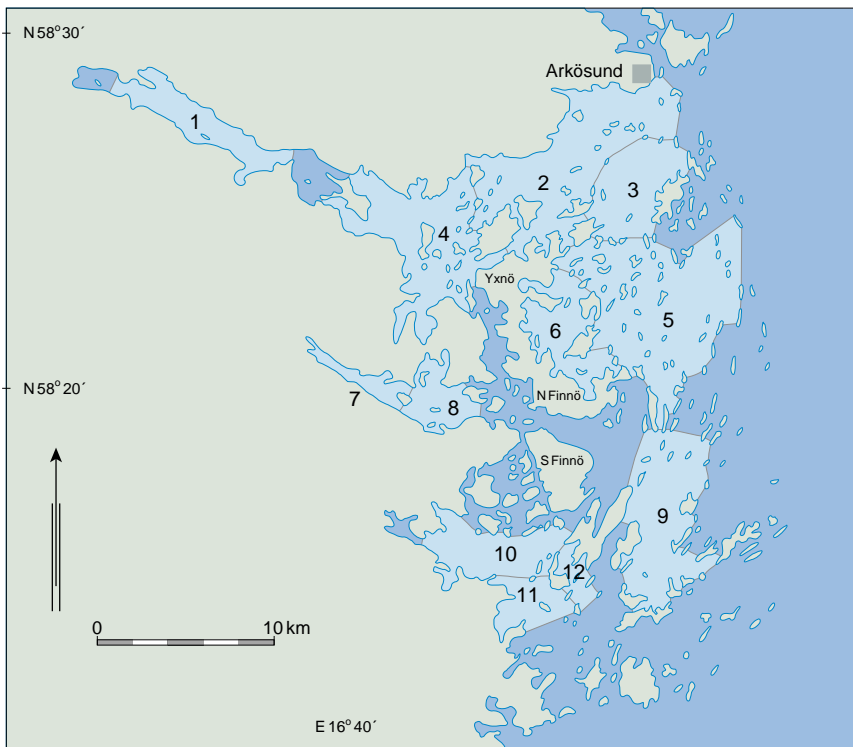
## S:t Anna och Gryts skärgårdar

Östergötland har ett av Sveriges mest ö-rika skärgårdsområden. Den breda och finskurna skärgården genomskärs av djupa förkastningssprickor i nordväst-sydostlig riktning. Dessa sprickor syns som långa och djupa vikar, där flera har trösklar ut mot havet eller angränsande kustområden. I dessa tröskelbassänger är vattenutbytet under temperatursprångskiktet ofta begränsat vilket kan leda till syrgasbrist och ackumulation av näringsämnen i bottenvattnet. Tröskelbassänger finns bl a i de stora vikarna Slätbaken och Gropviken.

Östergötlands kuststräcka kan indelas i tre större områden med olika karaktär, nämligen **BRÅVIKEN**, **S:T ANNA SKÄRGÅRD OCH GRYTS SKÄRGÅRD**. Bråviken är ett stort estuarium där Motala Ström har kraftig inverkan på vattencirkulation och tillförsel av främst närsalter. Bråviken avgränsas söderut av Arkösund där S:t Anna skärgård tar vid (figur 12) och sträcker sig söderut ner till Finnfjärden. Området söder om Finnfjärden benämns Gryts skärgård. Öster om de stora öarna Djursö, Yxnö och norra Finnö består skärgården av ett drygt 100 km<sup>2</sup> stort område med hundratals små öar som är tämligen jämnt fördelade över hela ytan. Innanför Djursö och Yxnö ligger Trännöfjärden som är skyddad för vind- och vågverkan från havet. Innanför Trännöfjärden ligger Merumsfjärden och Slätbaken, som är recipienter för Söderköpingsåns vatten. Åns påverkansområde sträcker sig ut i S:t Anna skärgård vilket syns på salthaltsgradienterna i skärgården (Bergstrand, 1987).

Detta har givetvis betydelse för tillförsel och spridning av organiskt material och närsalter. Slätbaken, Merumsfjärden samt Trännöfjärden torde dock vara de huvudsakliga recipienterna för Söderköpingsån. Medelvattenföringen i ån vid mynningen längst in i Slätbaken är  $5 \text{ m}^3/\text{s}$  (Bergstrand, 1987). Tillrinningen från de andra stora vikarna och från land i övrigt är liten och har endast begränsad lokal påverkan.

Fjärdarna i Gryts skärgård varierar från relativt instängda och trösklade innerfjärdar, t ex Gropviken och Lindersfjärden, till mer exponerade och välventilerade fjärdar såsom Finnöfjärden och Bockskärdsdjupet. Inga större åar mynnar i området och tillrinningen från land i övrigt torde endast ha lokal påverkan. Både S:t Anna och Gryts skärgårdar präglas av fjärdområden med mycket varierad topografi där en del områden är mycket grunda ( $< 10 \text{ m}$ ), medan andra har maximala djup på ca  $50\text{--}60 \text{ m}$ . Vattenytans area i området är  $343 \text{ km}^2$  och den totala arean är  $427 \text{ km}^2$ , d v s öarna har en total yta av  $84 \text{ km}^2$ . Området har avgränsats från Arkösund i norr via Aspöja-Kalskär-Bockskärdsdjupet-Gräsmarö-Harstena-Kråkmarö-Fångö ner till Fyrudden i söder.



Figur 12. Undersökningsområden i S:t Anna och Gryts skärgårdar. Siffrorna hänvisar till fjärdar som mer i detalj beskrivs i kapitlet "Karakterisering av fjärdarna".

# EXPANSION AV LAMINERADE SEDIMENT UNDER 1900-TALET

---

**TIDSDIAGRAM** som visar hur andelen laminerade bottenar förändrats med tiden har visat sig vara en god indikator på den historiska belastningssituationen i skärgårdsområden. Tillräckligt stort dataunderlag för att upprätta denna typ av diagram finns från följande skärgårdsområden från norr till söder:

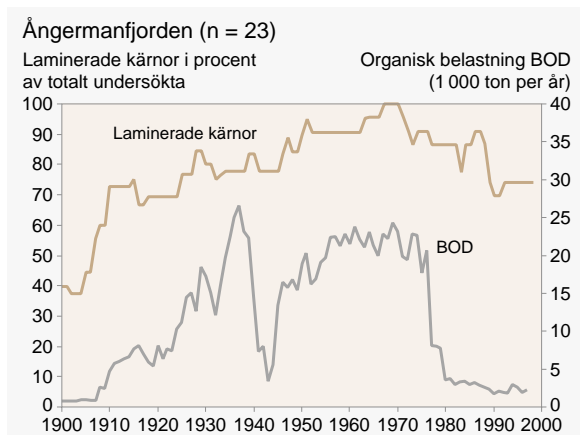
- ✧ Ångermanfjorden
- ✧ Singöfjärden
- ✧ Stockholms skärgård (inner-, mellan- och ytterskärgård)
- ✧ S:t Anna skärgård
- ✧ Gryts skärgård

I övriga områden har antingen för få sedimentkärnor tagits eller så har dateringarna varit alltför osäkra för att tillförlitliga lamineringsutvecklingsdiagram skulle kunna utformas.

## Ångermanfjorden – laminering i relation till organisk belastning

**ÅNGERMANFJORDSOMRÅDET** är mycket välavgränsat i förhållande till utanföriggande vattenområde. Det är därför väl lämpat för att undersöka huruvida tidsutvecklingen av döda bottenar är kopplad till näringsämnesbelastning och/eller organisk belastning. Tack vare att god historisk dokumentation finns på belastningen av syrgaskrävande substans (mätt som ton BOD per år; BOD = biological oxygen demand) från industrier och kommunala avlopp runt fjorden (Heinemo, pers medd) har vi kunnat ställa utvecklingen av laminerade bottenar i fjorden i relation till BOD-utsläppen (figur 13). Eftersom de olika sedimentkärnorna är olika långa och sedimentationshastigheten varierar, grundar sig diagrammet på ett mindre antal kärnor i början av seklet (n=5–15) än under 1990-talet (n=23). Redan från 1905 är dock antalet kärnor mer än 9 vilket gör att bedömningarna från denna tid och framåt är förhållandevis säkra.

Figur 13. Tidsutveckling av laminerade sediment samt den uppskattade organiska belastningen BOD (Biological Oxygen Demand = biologisk syreförbrukning) i Ångermanfjorden enligt beräkningar av Heinemo (pers medd).



En tydlig ökning av andelen laminerade kärnor sker från början av 1900-talet (ca 40 %) fram till ca 1970 (100 %). Detta tolkas som att laminering förekommer naturligt på en begränsad del av fjordens botten. Utbredningen av laminerade botten från 1900-talets början fram till omkring 1970 tycks dock vara betingad av industriella och kommunala utsläpp av syrgaskrävande organiskt material i området.

Kurvorna för lamineringsutvecklingen har stora likheter med BOD-belastningen och samstämmigheten i tid är god. Belastningsökningen från seklets början och framåt följs av en utökad areal laminerade botten och man kan till och med ana hur smärre belastningsförändringar ger utslag i form av förändrad andel laminerade botten från sekelskiftet fram till slutet på 1960-talet. Den kortvariga belastningsminskningen i samband med andra världskriget verkar dock inte ha resulterat i någon större förändring i andel laminerade kärnor. Tänkbara orsaker till detta kan t ex vara att:

- bottenfaunan inte hinner återkolonisera och blanda om sedimenten signifikant på några få år,
- området uppvisar fördröjningar i effekter av belastningsförändringar.

Vid tidpunkten för de maximala utsläppen omkring 1970 var syrgas-situationen mycket dålig i hela fjorden vilket manifesterades genom att samtliga undersökta sedimentkärnor vid denna tid var laminerade till 100 %. Från 1970 och fram till idag har utsläppen drastiskt skurits ned och andelen laminerade kärnor har sjunkit till 70–75 %. Trots att utsläppsnivåerna av BOD är nere på nivåer som motsvarar förhållandena vid sekelskiftet har dock inte bottenarna återhämtat sig till sekelskiftetsnivåer. Återkolonisationen av bottenfauna tycks ske relativt långsamt, vilket kan ha olika förklaringar.

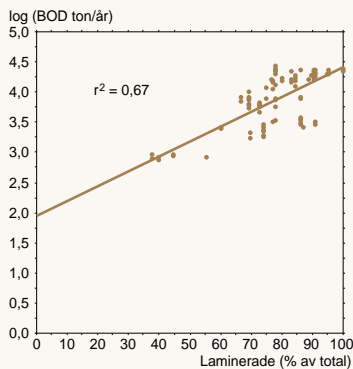
En tänkbar anledning är att ”minneseffekten” av den massiva belastningen före 1970 försenar förbättringen av botten-situationen i området. En del i



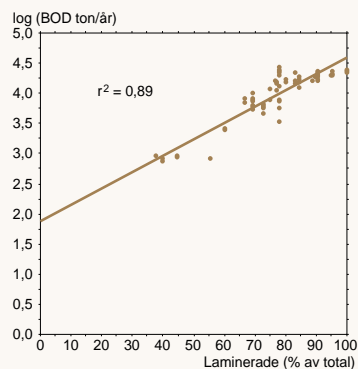
detta kan vara att stora mängder ännu inte helt mineraliserat organiskt material, som härstammar från de tidigare stora utsläppen, fortfarande ger upphov till syrgasförbrukning i bottenvattnet. Detta kan förstärkas av att vattenutbytet är förhållandevis långsamt i fjordens djupområden på grund av att älvsvattnet skiktas in sig ovanför det saltare djupvattnet.

En annan orsak kan vara kopplad till att näringsnivåerna i öppna Bottenhavet har ökat avsevärt under senare år. Sedan 1970 har nitrat- och fosfathalterna mer än fördubblats i Bottenhavets ytvatten (HELCOM, 1996). Situationen i Ångermanfjorden kan därför till dels tänkas påverkas av förhållandena i utsjön (jämför diskussionen om Stockholms skärgård nedan).

Sambandet mellan BOD-belastning och utbredning av laminerade bottenar redovisas i figur 14. Ett någorlunda tydligt samband finns ( $r^2=0,67$ ), som dock blir avsevärt bättre om värdena efter 1970, d v s efter belastningsminskningen, exkluderas ( $r^2=0,89$ ; figur 15).



Figur 14. Sambandet mellan organiska belastningen (BOD) på Ångermanfjorden och andelen laminerade kärnor under perioden 1895–1997.



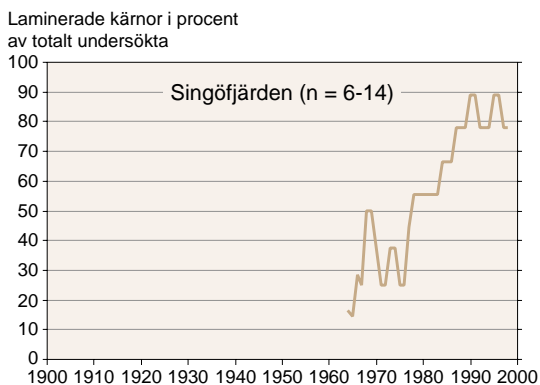
Figur 15. Sambandet mellan organiska belastningen (BOD) på Ångermanfjorden och andelen laminerade kärnor under perioden 1895–1970.

## Singöfjärden

Inga data finns från 1960 och längre tillbaka i tiden på grund av den snabba sedimentationen i Singöfjärden. Sedimenten var bioturberade i början av 1960-talet (dock är dataunderlaget förhållandevis litet,  $n=6$ ; figur 16). Andelen laminerade sediment ökar till ca 50 % fram till 1970, och därefter

sker en svag nedgång fram till 1977 då andelen åter börjar öka. Från perioden 1977–1990 ökar andelen laminerade sediment till 75–80 %, varefter kurvan planar ut. Området har under en lång tid påverkats av utsläpp av syrgaskrävande material från Hallsta pappersbruk, men denna belastning har minskat väsentligt under 1980–90-talen (Persson et al., 1993). Parallellt med den lokala belastningsminskningen har den storskaliga situationen i öppna havet fått allt större inverkan även inne i skärgården. Eftersom inga signifikanta förbättringar har skett i området under senare år är det sannolikt att generellt ökande fosfor- och kvävehalter i Ålands hav i kombination med ökad belastning från lokal fiskodling i området överskuggar effekten av minskande industriella utsläpp.

Figur 16. Utveckling av laminerade sediment i Singöfjärden.

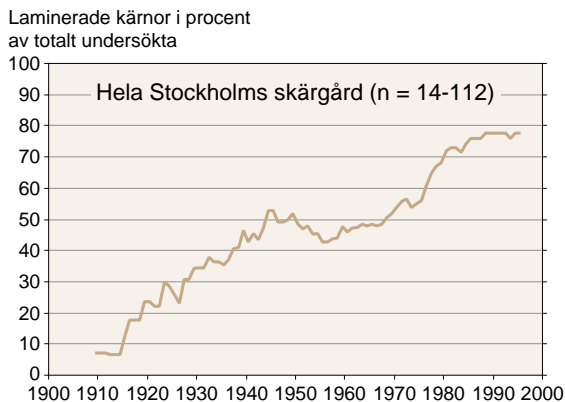


## Stockholms skärgård

Utvecklingen av laminerade bottenar i hela Stockholms skärgård karakteriseras av en stadig ökning från 1910-talet fram till senare hälften på 1940-talet. Utbredningen minskar något under 1950-talet varefter en snabb ökning inleds under 1970-talet och pågår fram till 1990 varefter en utplaning kan skönjas under början av 1990-talet.

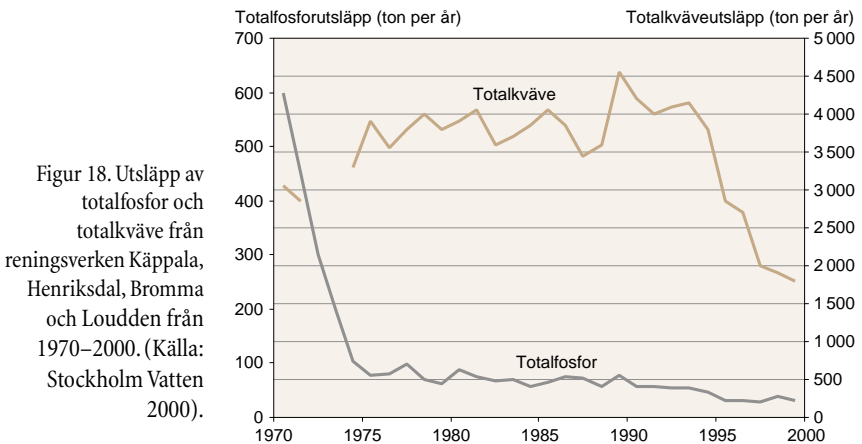
Den påtagliga ökningen av de laminerade bottenarna under mellankrigstiden är inte förvånande eftersom Stockholms befolkning ökar från 300 000 vid sekelskiftet, till 420 000 år 1920 och

Figur 17. Utveckling av laminerade sediment i hela Stockholms skärgård.



734 000 år 1950 samtidigt som industrierna ökade i antal och allt fler vatten-toiletter infördes med betydande avloppsvattenutsläpp som följd. Orsaken till de minskande arealerna av laminerade bottenar under 1950-talet är svår att finna. En tänkbar förklaring kan vara utbyggnaden av enkel mekanisk rening i avloppsnätet samtidigt som befolkningstillväxten minskade.

Det mest anmärkningsvärda med utvecklingen i Stockholms skärgård är att de laminerade bottenarna breder ut sig som allra snabbast just under den tid då de kommunala reningsverken byggs ut i Storstockholmsregionen. Trenden är helt omvänd mot vad som skulle förväntas. Emellertid är det endast fosforutsläppen som drastiskt minskar när de stora reningsverken tas i bruk i början på 1970-talet (figur 18). Kväveutsläppen fortsätter att öka ända fram till 1993 när kväverening successivt tas i bruk i de olika verken. Följande sammanfattning fanns i oktober 2002 att hämta på hemsidan för Stockholm Vatten AB: ”Situationen för vattnet i skärgården har under de senaste 20 åren blivit betydligt bättre. Genom förbättrade reningstekniker och ökad miljömedvetenhet har vi lyckats få bukt med algblomningar, minskat kvicksilverhalten och fått tillbaka djur till bottenar som tidigare saknade högre liv”. Vi antar att sammanfattningen gäller innerskärgården där påtagliga förbättringar registrerats under senare år vad gäller vattenkvalitet.



Figur 18. Utsläpp av totalfosfor och totalkväve från reningsverken Käppala, Henriksdal, Bromma och Loudden från 1970–2000. (Källa: Stockholm Vatten 2000).

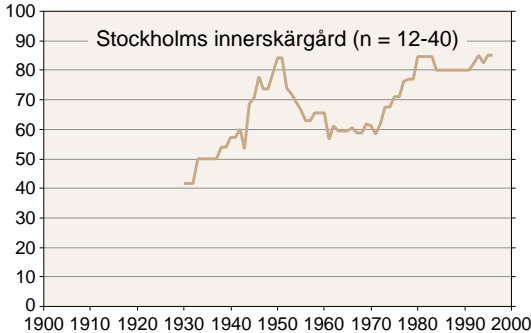
## INNERSKÄRGÅRDEN

När det gäller bottenarna och sedimenten kan vi dock inte se några tydliga förbättringar i innerskärgården (figur 19) utifrån vårt inventeringsunderlag (data från Baggensfjärden, Solöfjärden, Torsbyfjärden, Östra Saxarfjärden och Erstaviken). Dateringarna visar att vi längst ner i de analyserade

kärnorna kommer tillbaka till 1930-talet i Stockholms innerskärgård. Redan då var hälften av sedimentkärnorna laminerade vilket inte är särskilt anmärkningsvärt eftersom Stockholm redan vid denna tid var en förhållandevis stor stad. Från 1930 och framåt har lamineringsutvecklingskurvan för innerskärgården (figur 19) stora likheter med motsvarande för hela Stockholms skärgård (figur 17). En markerad topp återfinns i början av 1950-talet varpå en påtaglig förbättring sker under 1950- och 60-talen följt av en expansionsfas under 1970-talet och därefter i stort sett konstanta förhållanden.

En tänkbar orsak till att det inte skett några påtagliga förbättringar sedan 1980 kan vara att belastningen av syrgaskrävande substans till bottenarna vid denna tid med mycket god marginal överskridit den nivå då laminering uppstått. Om detta är orsaken kan det därför ta lång tid innan situationen påtagligt förbättras och bottendjuren i stor omfattning koloniserar de idag djurfattiga bottenarna. En annan orsak kan vara att det är kväve som styr utvecklingen av de syrgasfattiga, laminerade bottenarna (jämför figur 18).

Laminerade kärnor i procent av totalt undersökta

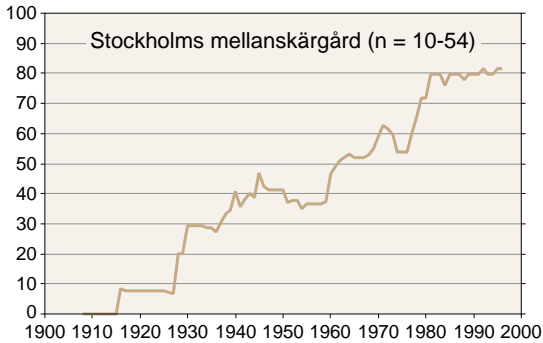


Figur 19. Utveckling av laminerade sediment i Stockholms innerskärgård (data från Solöfjärden, Torsbyfjärden, Östra Saxarfjärden, Baggensfjärden och Erstaviken).

### MELLANSKÄRGÅRDEN

Fram till 1930 var samtliga undersökta kärnor (12 st) i mellanskärgården bioturberade (figur 20), vilket indikerar tämligen goda förhållanden trots att situationen i innerskärgården redan vid denna tid var ansträngd. Lamineringskurvornas mycket likartade utseende tyder på att de allt sämre förhållandena i mellanskärgården från 1930 åtminstone till en del orsakades av ökad belastning i Stockholms innerskärgård. Efter en temporär förbättring under efterkrigstiden sker en markant försämring fram till början på 1980-talet, då 70–80 % av de undersökta kärnorna var laminerade. Försämringen skedde således trots den betydande reningen av utsläpp av orga-

Laminerade kärnor i procent  
av totalt undersökta



Figur 20. Utveckling av laminerade sediment i Stockholms mellanskärgård (data från Träsköfjärden, Skagsfjärden, Gälnan, Skatfjärden, Älgöfjärd, Edöfjärden, Näslandsfjärden samt Himmerfjärden).

niskt material och fosfor från de kommunala reningsverken i Stockholmsregionen sedan slutet av 1960-talet. Från 1980 och framåt har kurvan planat ut även om en viss ökning i andelen laminerade kärnor kan noteras.

### YTTERSKÄRGÅRDEN

Lamineringsutvecklingskurvan i ytterskärgården har ett annat tidsförlopp än i inner- och mellanskärgården (figur 21). De första laminerade sedimenten uppträder först under mitten av 1950-talet och då först i de inre stora och djupa (>100 m) fjärdarna Kanholmsfjärden och Möja Söderfjärd. I de ytterst belägna Nassa- och Bulleröfjärdarna dyker inte de första varven upp förrän omkring 1970 respektive 1980. Likartade tidstrender har senare erhållits vid undersökningar med samma metodik i Pilkobbsfjärden (Anon., 2000), Sandemarsfjärden (Anon., 2001) och Mälbyfjärden/Horsfjärdensområdet (Cato et al., 2002).

Den troligaste förklaringen till att situationen förvärras i Stockholms ytterskärgård trots de lokala reningsåtgärderna i stadens avloppshantering är att situationen i öppna Östersjön betyder mer för vattenkvaliteten i skär-

Laminerade kärnor i procent  
av totalt undersökta



Figur 21. Utveckling av laminerade sediment i Stockholm ytterskärgård (data från Kanholmsfjärden, Möja Söderfjärd, Nassa-fjärden och Bulleröfjärden).

gårdarna än vad de lokala utsläppen från land gör. Vattenutbytet mellan ytterskärgårdsfjärdarna och öppet hav är oftast mycket snabba (dagår-veckor; Anon., 1999b), vilket gör att haltsituationen i utsjövattnet sätter basnivån för föroreningsituationen i ytterskärgården. Ökande närsalthalter i öppet hav har således haft en stor inverkan på bottensituationen i ytterskärgården och sannolikt även långt in i mellanskärgården, där vattenutbytestider på veckor till månader är vanliga.

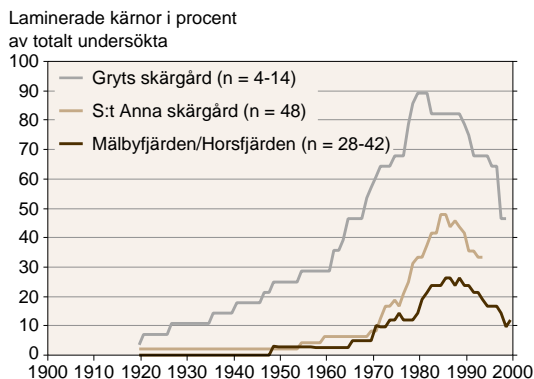
Genomgående för ytterskärgårdsfjärdarna är att påtagliga förbättringar tycks ha inträffat från slutet av 1980-talet. Tänkbara orsaker diskuteras i anslutning till utvecklingsdiagrammen för S:t Anna och Gryts skärgårdar.

## S:t Anna och Gryts skärgårdar

Karteringsunderlaget för S:t Anna och Gryts skärgårdar innefattar inner-, mellan- och ytterskärgård men tidstrenderna för lamineringsutvecklingen liknar vad som skett i Stockholms ytterskärgård. Sannolikt är detta kopplat till att avståndet mellan ytter- och innerskärgård i de undersökta delarna av Östergötlands skärgårdar endast är någon mil att jämföra med i runda tal 5 mil i Stockholms skärgård, vilket innebär att vattenutbytestiderna är snabba även i innerskärgården i Östergötlands skärgårdar.

I S:t Anna skärgård började expansionen av laminerade sediment ungefär samtidigt som i Stockholms ytterskärgård, dvs under 1950–1960-talet. Sannolikt är bottarna i de påtagligt grundare, och mer välventilerade skärgårdsområdena mindre känsliga för ökad organisk belastning än utsjöns bottnar vilket lett till att de klarat sig längre från utslagning av bottenfaunan jämfört med öppna havet utanför. Situationen har förvärrats med början under 1960-talet och har accelererat under 1970- och 1980-talen.

I Gryts skärgård, som ligger söder om S:t Anna skärgård, skedde en successiv men långsam expansion av laminerade sediment från ca 5 % upp till 25 % under perioden 1920–60.



Liksom i S:t Anna skärgård och Stockholms ytterskärgård uppvisar bottarna i Gryts skärgård samma markanta försämring från 1960

Figur 22. Utveckling av laminerade sediment i Gryts skärgård, S:t Anna skärgård och Mälbyfjärden/Horsfjärdenområdet.

och fram till ca 1980, då nästan 90 % av sedimentkärnorna var laminerade. I figur 22 har även lagts in utvecklingskurvan för Mälbyfjärden/Horsfjärdenområdet i södra Stockholms skärgård. (Källa: Cato et al., 2002.)

I alla områden har påtagliga förbättringar inträtt under slutet av 1980-talet. En likartad och samtidig förbättring inträffade i nordvästra öppna Egentliga Östersjön (jfr figur 6), vilket kopplats till vindinducerade stora saltvatteninbrott under den mycket blåsiga början av 1990-talet. I utsjön kunde man konstatera att inströmmande syrgasrikt Kattegatt-vatten skiktade in sig på intermediärt djup och tryckte ned haloklinen i norra Egentliga Östersjön till det största registrerade djupet 115–120 m (HELCOM, 1996), vilket skapade förutsättningar för återkolonisation av bottenfauna ned till detta djup. Det är dock inte troligt att det inströmmande Kattegattvattnet är orsaken till förbättringarna inne i skärgårdarna. Mer sannolikt är att de blåsiga åren i början av 1990-talet har lett till vindinducerad vertikal vattenomblandning ned till större djup i skärgårdarna med förbättrade syrgasförhållanden i djupvattnet som följd (Persson & Jonsson, 2000).

## Laminerade sediment även i Bottenviken

Nya undersökningar som genomförts 2002 på ett 25-tal sedimentkärnor från såväl kustområden som öppet hav i Bottenviken (Jonsson, opubl material) visar att ofta mycket vackert laminerade sediment (figur 23) avsätts på 15 av de 17 besökta stationerna, vilka är förhållandevis jämnt fördelade över Bottenviken med ett djupintervall på 15–125 meter. Att laminerade sediment avsätts så frekvent är nya resultat som till en början kan tyckas något förbryllande. I Egentliga Östersjön har expansionen av laminerade sediment kopplats till en ökad eutrofiering. I Bottenviken finns inga sådana tecken, utan de preliminära slutsatserna är att lamineringen är naturligt



betingad. Den uppenbart höga sedimentackumulering i djupområdena är sannolikt orsakad av dels en hög resuspension till följd av den stora landhöjningen i området, dels en stor tillförsel av material via de stora tillrinnande älvarna. Detta i kombination med små mängder bottendjur, som inte hinner med att blanda om sedimenten, kan vara orsaken till lamineringen i den näringsfattiga Bottenviken.

Figur 23. Laminerad sedimentkärna från öppet hav i Bottenviken (Jonsson, opubl material). Foto: Per Jonsson.

# STORA MÄNGDER MATERIAL I OMLOPP I SKÄRGÅRDEN

---

## Sedimentackumulation

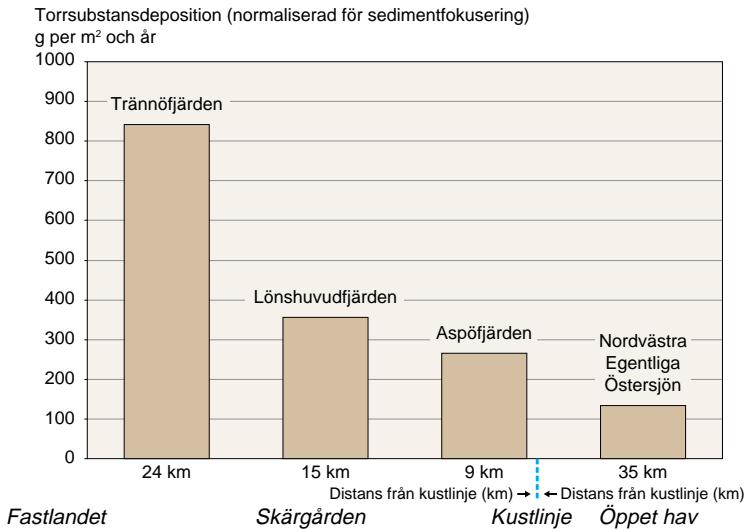
Genom att med olika metoder (främst  $^{137}\text{Cs}$  och varvräkning) datera olika nivåer i de studerade sedimentkärnorna har sedimentackumulationen kunnat beräknas dels som millimeter per år, dels som gram per kvadratmeter och år. Genom att dessutom ta hänsyn till sedimentfokuseringen har ackumulationen av torrsbstans och kol kunnat beräknas i gram per kvadratmeter fjärddyta och år. Eftersom en del data från samtliga studerade fjärdområden fortfarande befinner sig i olika grad av bearbetning är inte alla variabler ifyllda i tabell 1 för alla fjärdområden. Emellertid är datamaterialet tillräckligt stort för att göra en del intressanta iakttagelser.

Andelen ackumulationsbottnar varierar inom tämligen vida gränser (från 15 till 71 %). Medelvärdet är 43 % och standardavvikelsen är 31 %, vilket understryker vikten av att fastställa andelen ackumulationsbottnar och normera för sedimentfokusering innan jämförelser av föroreningsfastläggning i sediment görs mellan olika fjärder.

Sedimenttillväxten är i genomsnitt så hög som 17 mm per år inne i skärgårdsfjärdarnas ytsediment (0–5 cm). Efterhand leder dock överlagring av ytterligare sediment till att sedimentets tyngd pressar ut vatten tillbaka till vattenmassan, varvid en årsavsättning av sediment minskar i tjocklek i takt med att vattenhalten minskar. Denna skompaktion leder till att den på lite längre sikt kalkylerade sedimenttillväxten, dvs den hastighet med vilken den aktuella fjärden grundas upp, blir 2–3 gånger lägre än den i tabellen redovisade sedimenttillväxten (jfr tjockleken i ytsedimentet mot längre ned i sedimentkärnorna i figur 5). Den genomsnittliga sedimenttillväxten på 17 mm och år i skärgårdarna kan jämföras med motsvarande i öppet hav, 1–4 mm och år (Jonsson et al., 1990).

På motsvarande sätt är också sedimenttillväxten uttryckt som gram per kvadratmeter fjärddyta avsevärt mycket högre inne i skärgårdarna jämfört med i öppet hav. Persson och Jonsson (2000) fann att sedimenttillväxten ökade med mer än en faktor 6 från öppet hav (138 g per kvadratmeter och år) via ytterskärgården in mot den inre delen av S:t Anna skärgård (841 g per kvadratmeter och år; figur 24). På vårt betydligt större beräkningsunderlag än vad Persson & Jonsson (2000) hade att tillgå, finner vi att





Figur 24. Sedimentackumulering, normaliserad för sedimentfokusering, i en gradient från öppet hav, genom skärgården in till fastlandet i nordvästra Egentliga Östersjön. (Källa: Persson & Jonsson, 2000).

medelvärdet på sedimenttillväxten i Östersjöns skärgårdsområden är 930 g per kvadratmeter och år, således till och med något högre än vad man fann i S:t Anna skärgård.

Vad är då orsaken till denna höga sedimenttillväxt i skärgårdarna jämfört med i öppet hav? De öppna havsviddernas bottenar är vanligen täckta av mer eller mindre mäktiga sedimentpackar av glacial- eller postglacialleror. Klippformationer på bottenarna är ovanliga utom i kustområdenas energirika miljöer, där erosionen normalt är som störst. Lerpartiklarna eroderas och förs med vattenströmmarna till lugna ackumulationsmiljöer i kust- och skärgårdsområdena. Djupfickorna i skärgårdarna fungerar sålunda som sedimentationsfällor för det kustnära resuspenderade materialet. Detta kan lätt iaktas inom före detta skärgårdsområden som nu har lyfts upp ovan vattenytan. I sådan kustnatur finner man oftast helt renspolade hållområden i mer höglänt terräng, som tidigare varit täckta av glacial- och postglacialleror, medan i dalstråken, som en gång motsvarades av dåtidens skärgårdsfjärdar, återfinns mäktiga sedimentlager. Samma typ av omlagring sker även i öppet hav, men är av mindre betydelse än i skärgårdarna som även mottar betydande mängder material med tillrinande floder.

TABELL 1. Andel ackumulationsbottnar, sedimentfokuseringsfaktor och ackumulationshastighet för torrsubstans och kol i skärgårdssediment.

OMRÅDE/FJÄRD	Andel A-bottnar (%)	Sedimentfokuseringsfaktor	Sedimenttillväxt i yt sediment (0–5 cm, mm år <sup>-1</sup> )	ts-deposition (g m <sup>-2</sup> år <sup>-1</sup> A-botten)	ts-deposition (g m <sup>-2</sup> år <sup>-1</sup> fjärddyta)	Koldeposition (g m <sup>-2</sup> år <sup>-1</sup> fjärddyta)	Antal kärnor	Referenser
<b>BOTTENHAVET</b>								
Ångermanfjorden	71	1,4	7(5–34)	2500	1800	60	16	1
<b>ROSLAGEN</b>								
N Singöfjärden	48	2,1	27 (18–38)	4100	1950	120	4	2
S Singöfjärden	15	6,7	30 (5–50)	2950	440	20	5	2
Norrhåljeviken	38	2,6	28 (5–50)	4190	1610	75	5	2
<b>STOCKHOLM</b>								
Ö Saxarfjärden	58	1,7	10–30	3740	2160	120	5	2
Trälhavet	24	4,2	11(5–17)	2890	690	40	2	4
V Saxarfjärden	41	2,4	17 (15–19)	3360	1400	90	2	4
Vaxholmsfjärden	33	3	10	650	210	15	2	4
Solöfjärden	79	1,3						5
Höggarnsfjärden	36	2,8						6
Torsbyfjärden	50	2	11 (7–24)		1000	50	8	7
Lilla Värtan	49	2						4
Halvkakssundet	44	2,3						4
Saltsjön	50	2	37	800	400	35	1	4
Älgöfjärd	48	2,1	17 (5–30)	1550	740	40	3	2
Farstaviken	39	2,5						7
Baggensfjärden	45	2,2	19 (10–31)				3	7
Erstaviken	45	2,2	10–30	2900	1320	120	10	8
Skatfjärden	41	2,4						5
Gälnan	51	1,9	12 (7–16)	1830	940	50	3	8
Edöfjärden	40	2,5	20 (11–35)	2080	830	60	4	10
Träsköfjärden	39	2,6						5
Nassafjärden	42	2,4	14 (7–23)	2900	1200	68	5	7
Skagsfjärden	32	3,2						5
Möja Söderfjärd	47	2,1						5
Kanholmsfjärden	47	2,1	5–15				5	11,3
Bulleröfjärden	38	2,6	18 (13–29)	2500	960	60	3	12
<b>SÖDERMANLAND</b>								
Näslandsfjärden	49	2	10–30	3180	1570	80	4	10
Himmerfjärden	21	4,8	10–70	4000	83	40	4	10
Tvären	59	1,7						5
Stussviken	66	1,5						5
<b>ST ANNA/GRYT</b>								
Slätbaken	57	1,7						5
Lönshuvudfjärden	29	3,5	8 (1–25)	1240	360	20	4	13
Aspöfjärden	32	3,2	4 (1–10)	850	270	19	4	13
Trännöfjärden	48	2,1	8 (4–30)	1770	840	55	5	13
Kärrfjärden	15	6,7	(3–10)	501	70	40	3	14
Hållfjärden	27	3,7	(1–5)	760	200	60	1	14
Gropviken	51	2	16 (2–37)	1650	840	110	1	14
Lindersfjärden	59	1,7						15
Kullskärdsjupet	32	3,2	17 (8–40)	2260	720	50	8	15
Orren	38	2,7						5
Dalvämmen	42	2,4						5
Bondekrok	34	3						15
<b>Medelvärde</b>	<b>43</b>	<b>2,6</b>	<b>17</b>	<b>2300</b>	<b>930</b>	<b>60</b>		
<b>Standardavv. (%)</b>	<b>31</b>	<b>44</b>	<b>51</b>	<b>50</b>	<b>61</b>	<b>53</b>		

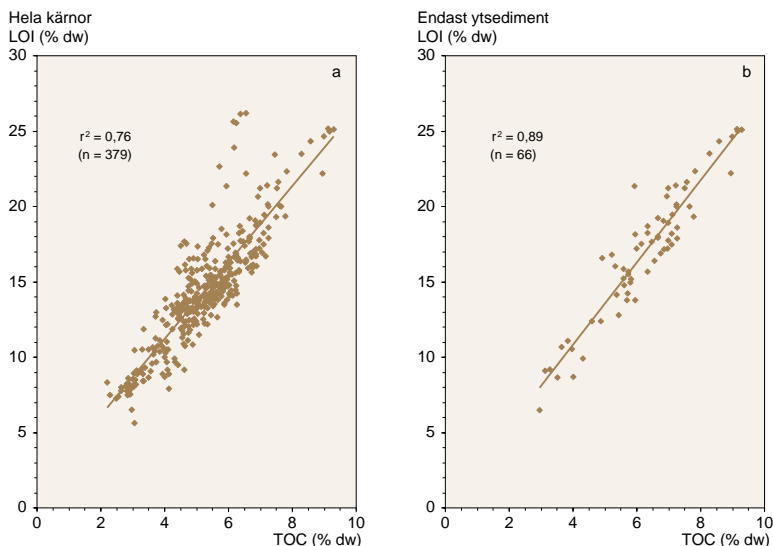
REFERENSER: 1. Persson et al., 1999 • 2. Anon, 1998 • 3. Anon, 1993 • 4. Lindström et al., 2001 • 5. EUCON, opubl material  
6. Jonsson och Persson, 1998 • 7. Anon, 1998a • 8. Anon, 1997a • 9. Andersson, 2000 • 10. Anon, 1996 • 11. Anon, 1992  
12. Anon, 1997 • 13. Persson and Jonsson, 2000 • 14. Persson och Jonsson, 1996 • 15. Anon, 1999

## Sedimentens innehåll av organiskt material

De flesta prover som tagits är analyserade med avseende på antingen totalt organiskt kol (TOC = Total Organic Carbon) eller glödningsförlust (LOI = Loss On Ignition), varför endast en av parametrarna redovisas för varje enskild kärna. Då det sammanlagda antalet sedimentkärnor som är tagna i de undersökta fjärdarna är mycket stort (drygt 400 st), har vi valt att endast redovisa en representativ kärna från varje fjärd som har karterats med ”side-scan-sonar” och sedimentekolod. I de flesta fjärdarna längs norrlandskusten redovisas sålunda inga profiler på kol eller glödningsförlust eftersom ingen sedimentkartering gjorts.

### FÖRHÅLANDET LOI/TOC

Av lång tradition har LOI varit en sedimentologisk standardparameter i Östersjön. I andra havsområden med stort innehåll av karbonatkol i sedimenten har man redan tidigt gått över från LOI till att analysera TOC. Eftersom innehållet av karbonatkol generellt sett är lågt i Östersjösedimenten, fungerar LOI bra som indikator på det organiska innehållet i Östersjöns sediment, vilket framgår av regressionerna i figur 25, där analysresultaten från ett stort empiriskt material (n = 379) redovisas. Sambandet mellan LOI och TOC grundas på data från 62 kärnor tagna i 13 fjärdar längs Ålands hav och Egentliga Östersjöns nordvästra kust.



Figur 25. Förhållandet mellan totalt organiskt kol (TOC) och glödningsförlust (LOI) i a) sedimentkärnor och b) ytsediment (0–2 cm) från kustområden i Ålands hav och nordvästra Egentliga Östersjön.

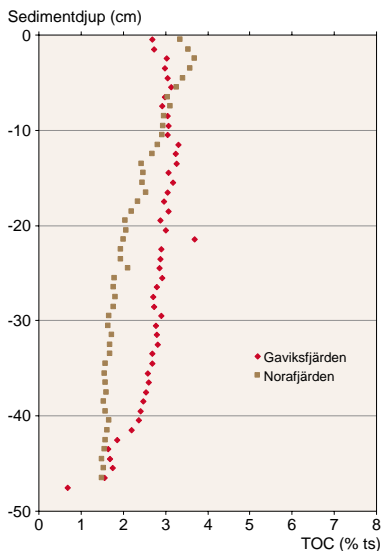
Trots den stora geografiska spridningen, från Singöfjärden i norr till Kullskärdsdjupet i S:t Anna skärgård i söder, erhålls ett gott samband mellan LOI och TOC (figur 25a;  $r^2 = 0,76$ ). Då enbart ytsedimenten (0–4 cm, vilket i genomsnitt motsvarar drygt två års sedimentation) jämförs erhålls en ytterligare bättre korrelation (figur 25b;  $r^2 = 0,89$ ). Förhållandet LOI:C är således 2,5–2,7 för skärgårdssediment i nordvästra Egentliga Östersjön. Samma förhållande har redovisats för Ångermanfjorden (Persson et al., 1999).

Det redovisade förhållandet mellan LOI och TOC i skärgårdarna skiljer sig påtagligt från utsjön. Persson och Jonsson (2000) fann utifrån ett stort empiriskt underlag ( $n = 298$ ) att förhållandet mellan LOI:TOC är ungefär 2,2 i nordvästra Egentliga Östersjöns utsjöområden.

## HALTPROFILER

### • Bottenhavet

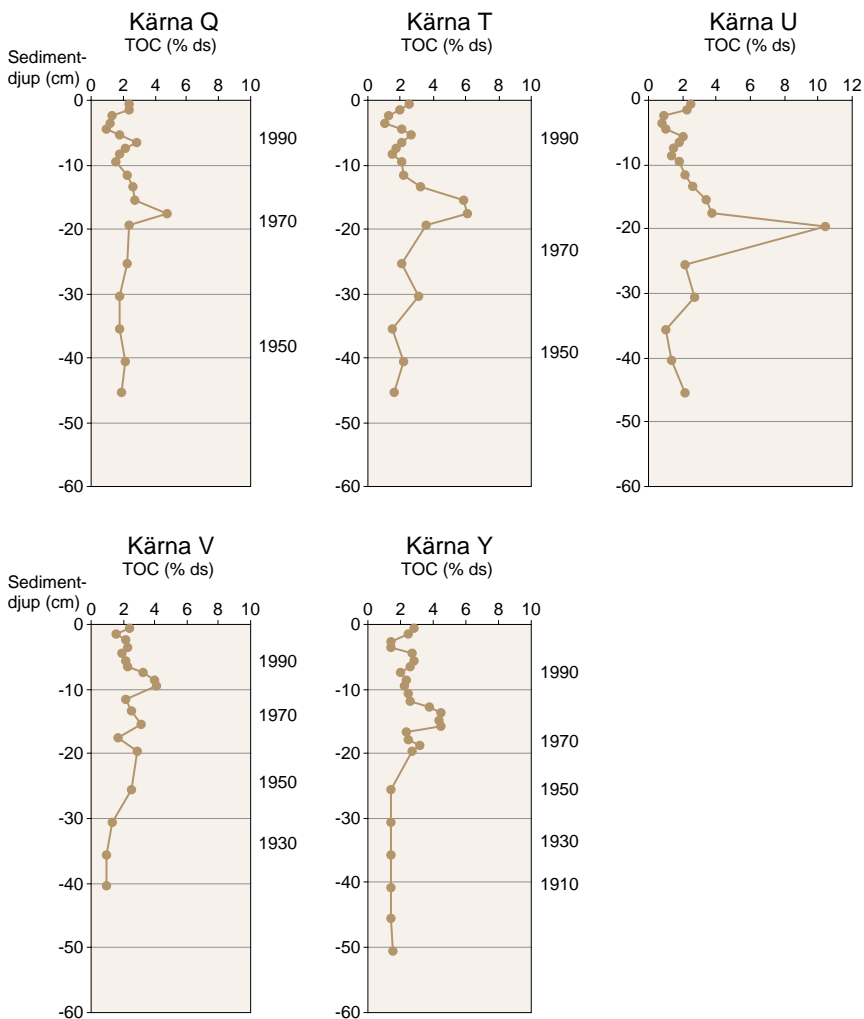
TOC-halten för fjärdarna i Bottenhavets kustområden (figur 26) är generellt påtagligt lägre än i fjärdarna i Egentliga Östersjöns kustområden. Vanligen är halterna något högre i ytsedimenten (2–4 %) än i de djupare skikten (ca 1–2 %), vilket sannolikt beror på att det organiska materialet som sedimenterat på senare tid inte hunnit brytas ned lika mycket som det som föll till botten för en längre tid sedan. En annan bidragande orsak till ökande kolhalt mot ytan kan vara en ökad eutrofiering under senare år (Persson et al., 1999).



Figur 26.  
Totalt organiskt kol (TOC)  
i sedimentkärnor från fjärdar  
i Bottenhavets kustområden.

Sedimentkärnorna från Ångermanfjorden (Kramforssänkan) uppvisar mycket varierande TOC-halt i de översta 30 centimeterna (figur 27) för att längre ned plana ut mot bakgrunds nivåerna 1,5–2 %. De högsta TOC-värdena har efter datering av kärnorna konstaterats vara samtidiga och uppnåddes under 1970-talet när också BOD-belastningen var som högst i området (jfr figur 13).

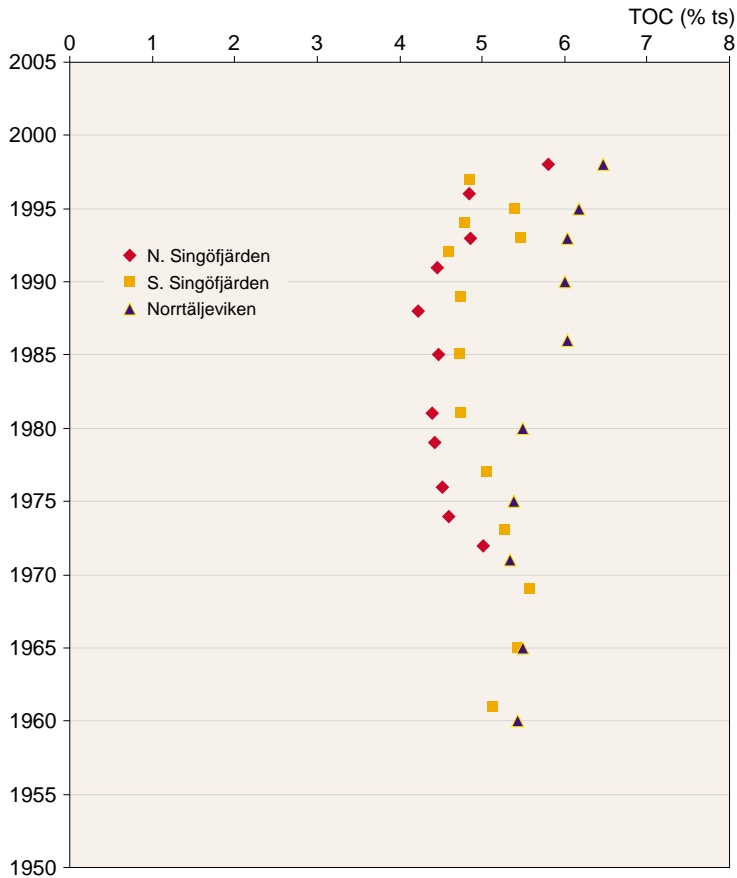
## Kramforssänkan



Figur 27. Totalt organiskt kol (TOC) i sedimentkärnor från Ångermanfjorden (Kramforssänkan).

### • Roslagen

Kolhalterna i Singöfjärden och Norrtäljeviken ligger på 4–6,5 % (figur 28), vilket är i det närmaste dubbelt så högt som i Gaviksfjärden och Norafjärden och av samma storleksordning som i Stockholms skärgård (jfr nedan). I båda kärnorna från Singöfjärden visar kolhalterna ett påtagligt maximum omkring år 1970, vilket sannolikt har att göra med de stora utsläppen av organiskt material från kommunala reningsverk och industrier i området vid denna tid.

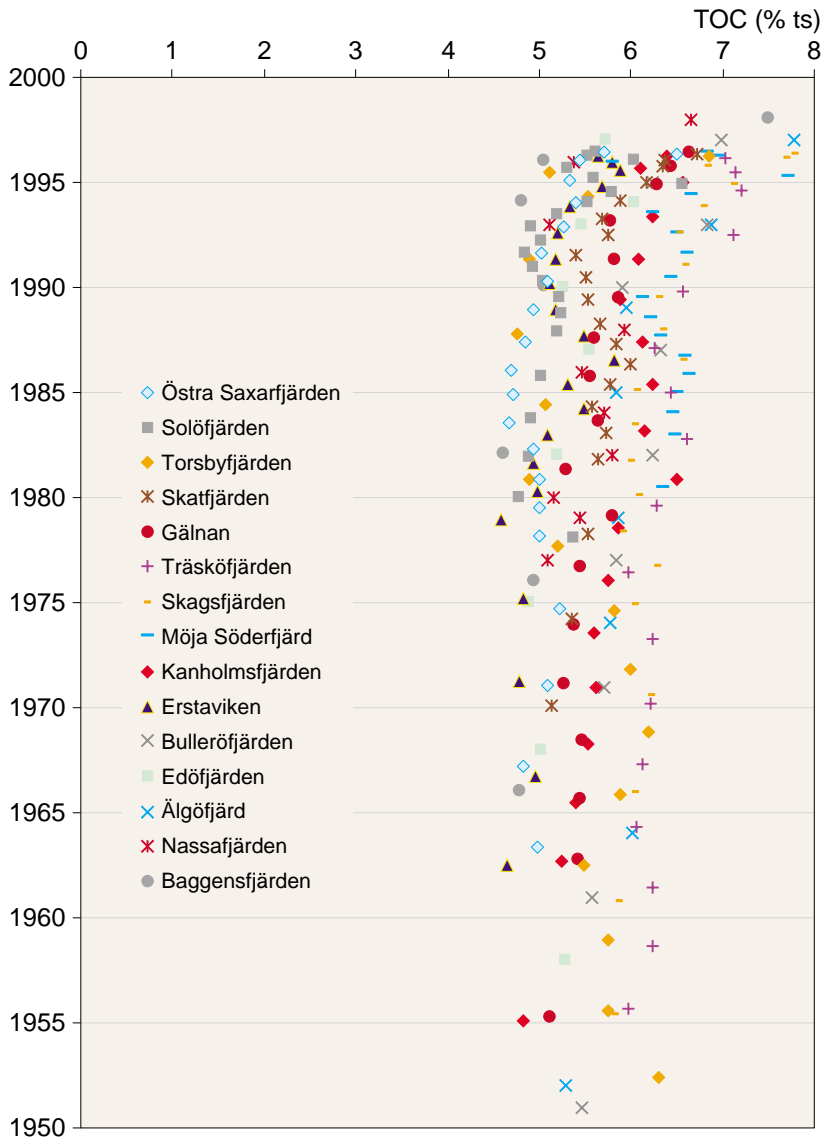


Figur 28. Totalt organiskt kol (TOC) i sedimentkärnor från Roslagen (Singöfjärden och Norrtäljeviken).

### • Stockholms skärgård

När sedimentundersökningarna i det sk EUCON-projektet initierades var en viktig hypotes att sedimentens innehåll av kol var en eutrofieringsindikator och att koldepositionen skulle beskriva en tydligt ökande gradient från Stockholms ytter- till dess innerskärgård. Denna hypotes föll

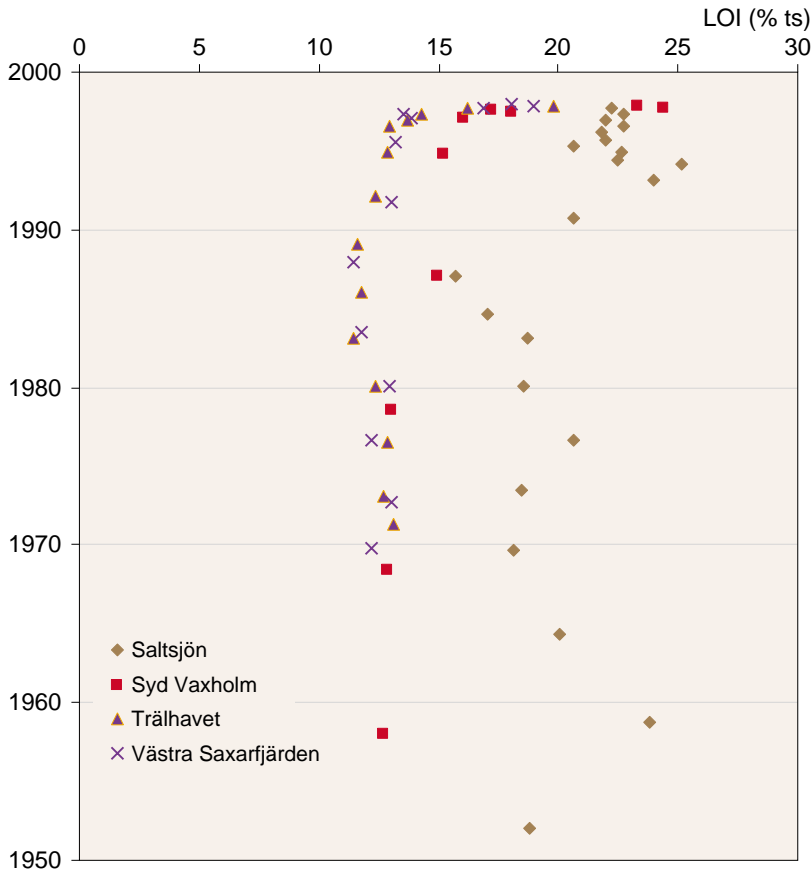
när undersökningarna visade att inga tydliga gradienter fanns. I stället var kolprofilerna förbluffande likartade i hela det undersökta området, i såväl innerskärgård som ytterskärgård (jfr t ex Solöfjärden med Nassafjärden; figur 29). Som framgår av figur 29 ligger kolhaltenerna på 4,5–6,5 % i sedimenten från 1950-talet och 5–8 % i slutet av 1990-talet.



Figur 29. Totalt organiskt kol (TOC) i sedimentkärnor från Stockholms skärgård.

De fyra fjärdar för vilka de karaktäristiska sedimentkärnorna analyserats med avseende på LOI (figur 30) uppvisar trender i halter av organiskt material liknande de med avseende på TOC analyserade kärnornas kolutveckling. Samtliga LOI-analyserade kärnor har sålunda höga koncentrationer i ytsedimenten (14–25 %) och lägre halter i de djupaste skikten.

Räknas LOI-värdena om till TOC enligt regressionen i figur 25a blir kolinnehållen för alla fjärdar utom en likvärdiga. Saltsjön, mitt inne i Stockholm, har genomgående högre och mer variabel LOI-koncentration än i resterande delar av skärgården, vilket dels kan vara förorsakat av lokala utsläpp, dels bero på utflockning av organiskt material från tillrinnande mälarvatten.

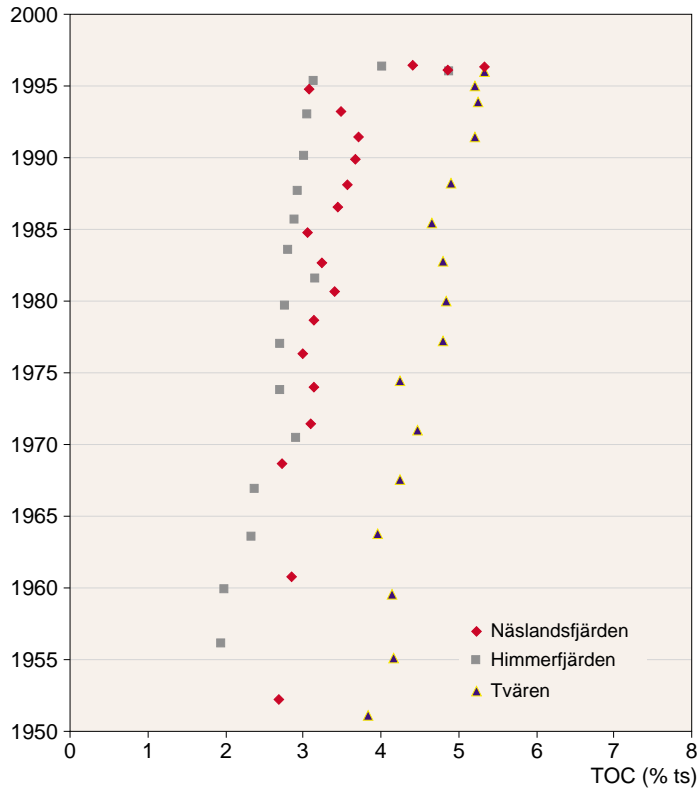


Figur 30. Glödningsförlust (LOI) i sedimentkärnor från Stockholms skärgård.



### • Södermanland

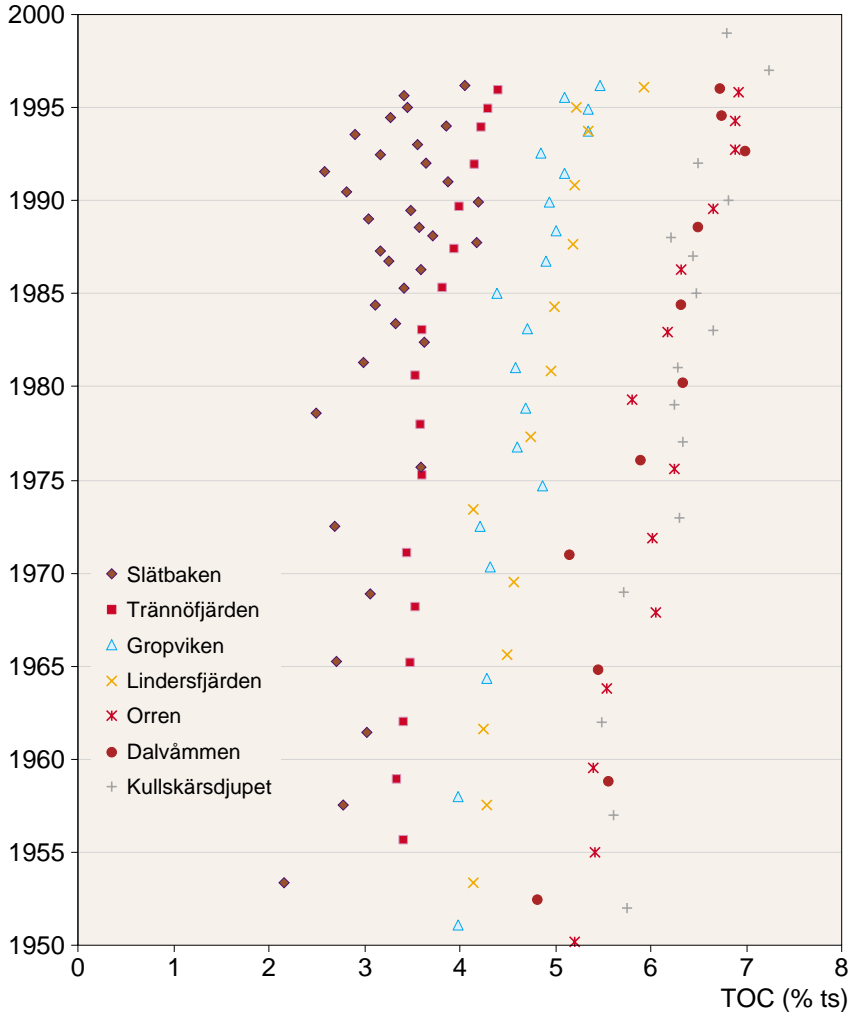
Att de lokala utsläppen har liten inverkan på kolprofilernas absoluthalter illustreras mycket klart vid en jämförelse mellan de av kommunala utsläpp belastade Näslandsfjärden och Himmerfjärden å ena sidan och den av direktutsläpp ringa belastade Tvären å den andra. Kolhalterna i Tvären är genomgående 1–2 procentenheter högre än i de belastade fjärdarna utom i det översta ytsedimentet där halterna är tämligen likvärdiga.



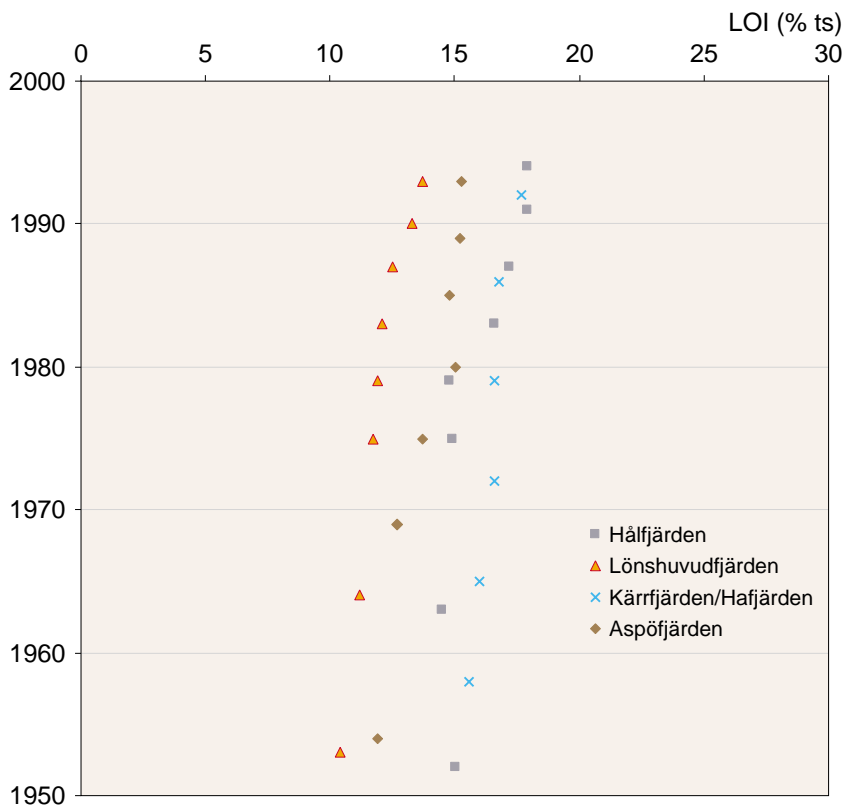
Figur 31. Totalt organiskt kol (TOC) i sedimentkärnor från Södermanlands skärgård.

### • S:t Anna och Gryts skärgårdar

I S:t Anna och Gryts skärgårdar är spridningen i kolhalter mycket större än i övriga undersökta områden (figur 32). I ytsedimenten varierar TOC-halterna mellan 3,5 och 7 % och därunder sjunker halterna successivt ned till mellan 2 och 5,5 % kring år 1950. Samma mönster och haltsspektrum erhålles om LOI-profilerna i figur 33 omräknas till TOC-halter.



Figur 32. Totalt organiskt kol (TOC) i sedimentkärnor från S:t Anna och Gryts skärgårdar.



Figur 33. Glödningsförlust (LOI) i sedimentkärnor från S:t Anna och Gryts skärgårdar.

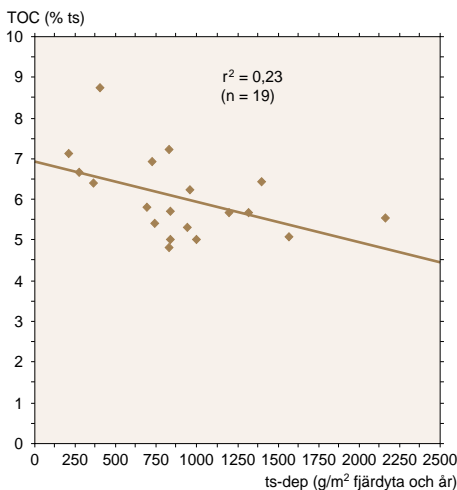
## Låg sedimentackumulation – hög kolhalt

Det är mycket intressant att notera att TOC-halterna i S:t Anna skärgård är högst i ytterskärgården (Kullskärdsjupet, Orren, Dalvåmmen) och lägst i de innersta inneslutna fjärdarna Slätbaken och Trännöfjärden. Likartade men inte så utpräglade tendenser finns i såväl Södermanlands som Stockholms skärgård. Kolhaltfördelningen i sedimenten är således motsatt vad vi förväntade oss finna när undersökningarna initierades i början av 1990-talet.

Vad kan orsaken till detta vara? Stora variationer finns mellan enskilda fjärdar vad gäller sedimentackumulation (tabell 1). I S:t Anna skärgård finns en tydlig gradient där ackumulationen är högst i de inre och lägst i de yttre fjärdarna. I Stockholms skärgård finns inga tydliga sådana skillnader mellan yttre- och innerskärgård. Här finner man såväl hög som låg sediment-

ackumulation i alla delar av skärgården, vilket troligen beror på de enskilda fjärdområdenas morfologi. Finns det mycket eroderbart material tillgängligt på grunda områden är förutsättningarna bättre för en hög total sedimentackumulation i denna fjärd, jämfört med en djup fjärd med relativt sett små arealer energirika vågpåverkade grundområden.

I figur 34 har vi plottat sedimentackumulation i  $\text{g/m}^2$  fjärddyta och år mot medelhalt av TOC i de översta 5 cm av sedimentpelaren i kärnor från fjärdar i nordvästra Egentliga Östersjöns kustområden. Ett svagt negativt samband visar att kolhalten ökar vid låg sedimentackumulation. Liknande resultat har erhållits vid studier av laminerade sedimentkärnor i nordvästra Egentliga Östersjön (Jonsson et al., 2000). Tydligaste trenden finner man i öppet hav där sedimentackumulationen är avsevärt mindre än i skärgårdarna. Anledningen till den högre kolhalten vid låg sedimentackumulation är med största sannolikhet kopplad till de låga kolhalterna i de eroderade glacial- och postglacialerna. I områden med hög sedimentackumulation utgörs det sedimentterande materialet till största delen av minerogena partiklar från de eroderade lerorna. I områden med låg total sedimentackumulation utgör det organiska materialet som härrör från primärproduktion av planktonalger en större del av det totalt sedimentterande kolet. Där sedimentackumulationen är hög utgörs det organiska materialet däremot huvudsakligen av mycket gammalt kol härrörande från de gamla lerorna med låg kolhalt.



Figur 34. Årlig sedimentackumulation i förhållande till medelhalt av totalt organiskt kol (TOC) i de översta 5 cm av sedimentpelaren i kärnor från fjärdar ( $n = 19$ ) i nordvästra Egentliga Östersjöns kustområden (Stockholms, Södermanlands och Östergötlands skärgårdar).

## Situationen i öppet hav påverkar våra skärgårdar

Akkumulationshastigheten kan bestämmas på flera olika sätt, och en vanlig metod är att studera fördelningen av olika substanser med känd utsläppshistoria i vertikala sedimentprofiler. En sådan substans är den radioaktiva isotopen  $^{137}\text{Cs}$  som introducerades för första gången i samband med atombombstesterna i atmosfären i början av 1950-talet. Dessa tester, som nådde sitt maximum 1963, upphörde praktiskt taget helt i mitten på 1960-talet efter internationella överenskommelser. I slutet av april 1986 skedde åter ett stort utsläpp av radiocesium i samband med reaktorhaveriet i Tjernobyl. Den här gången blev dock nedfallet mycket ojämnt fördelat över Skandinavien och Baltikum beroende på de rådande meteorologiska förhållandena. Över förhållandevis stora delar av södra och norra Sverige var nedfallet mycket litet medan Gävleborg och Västernorrland fick mottaga det största nedfallet. Nedfallet var så ojämnt att stora skillnader kunde ses över endast några tiotals kilometers avstånd.

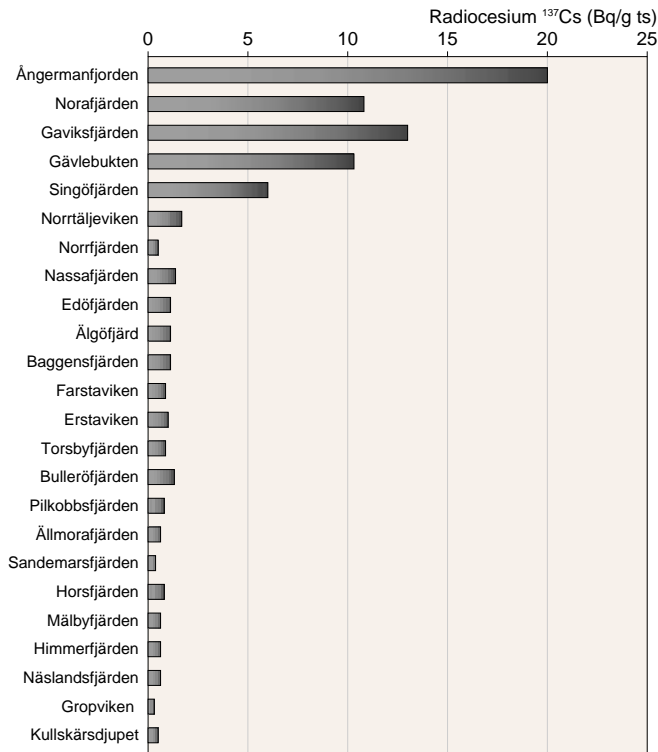
Enligt Meili et al. (1998) är migrationen av  $^{137}\text{Cs}$  på grund av diffusion mycket liten i Östersjösediment, trots anoxiska förhållanden i laminerade sediment.  $^{137}\text{Cs}$  lämpar sig därför mycket väl för att studera sedimentomblandning via bioturbation eller horisontella sedimenttransporter orsakade av resuspension. Vidare kan studier av  $^{137}\text{Cs}$  i sediment bidra till att öka förståelsen kring tidsskalor som rör resuspension och sedimentfokusering och om utbytet av vatten och andra element mellan öppna havet och kustzonen.

Merparten av det Tjernobyl-cesium som hamnade i Östersjön deponerades i Bottenhavet, vilket bl a stöds av mätningar av den terrestra kontamineringen som visade på två speciellt drabbade områden runt Gävle och Sundsvall med upp till 200 kBq  $^{137}\text{Cs}/\text{m}^2$  (SGAB, 1986; Persson et al., 1987; Edvarson, 1991). Efter Tjernobyl-olyckan skedde en spridning av  $^{137}\text{Cs}$  till andra delar av Östersjön med de storskaliga vattenströmmarna, varför cesium även kan påträffas i havsområden där det atmosfäriska nedfallet var litet.

I figur 35 presenteras en gradient med de högsta uppmätta cesiumvärdena (aktivitetstopparna) inom varje område från Ångermanfjorden i norr till Dalvåmmen i söder. Gradienten överensstämmer mycket väl med den terrestra nedfallsfördelningen, med de högsta uppmätta värdena runt Sundsvall och Gävle. De högsta värdena återfinns i Ångermanfjorden (21 Bq/g ts), och dessa aktiviteter är bland de högsta som någonsin uppmäts i marina sediment (Meili et al., 1999). Från Gävlebukten sker en snabb minskning till Singöfjärden i Roslagen. Från norra delarna av Stockholms skärgård och ner till Gryts skärgård i söder varierar inte radiocesiumtopparna i

någon större utsträckning och aktivitetsnivåerna ligger i intervallet 0,6-1,7 Bq/g ts. En slutsats man kan dra av denna lilla variation är att spridningen av radiocesium in i skärgårdarna är mycket effektiv, vilket innebär att förhållandena i öppna havet torde ha en stor inverkan på förhållandena inne i skärgårdarna.

Detta gäller även näringsämnestransporter/halter, varför effekter av lokala utsläppsåtgärder många gånger kan vara svåra att se, eftersom näringsämnen hela tiden "importeras" från öppna havet. Den påtagliga expansionen av laminerade sediment i Stockholms skärgård samtidigt med den stora reningsverksutbyggnaden i Stockholmsregionen är en annan indikation på samma sak, nämligen att situationen i utsjön till mycket större del styr effekt-situationen i skärgårdarna än vad man tidigare ansett.



Figur 35. Högsta uppmätta cesiumvärdena (aktivitetstopparna) i sedimentkärnor från Östersjöns kustområden från Ångermanfjorden i norr till Dalvämmen i söder.

# KARAKTÄRISERING AV FJÄRDARNA

---

## Bottenhavets skärgårdsområden

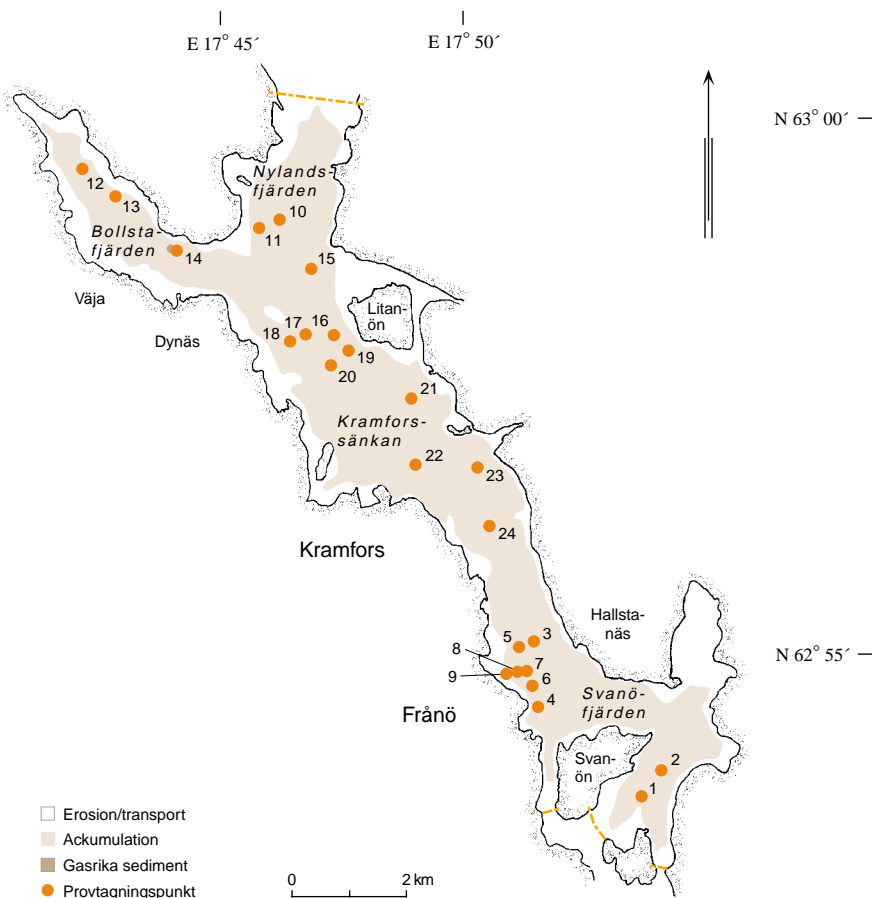
**Bottenhavet** kan karaktäriseras som ett relativt djupt kallvattenhav. Medeldjupet är 69 meter och det största djupet på 293 meter återfinns vid Ulvödjupet. Bottenhavet är ofta islagt under vinterhalvåret och årsmedeltemperaturen i vattenmassan är 4–6 grader (Länsstyrelsen i Västernorrland, 1997). Den biologiska tillväxten är därigenom låg och reproduktionen störningskänslig.

I Bottenhavets skärgårdsområden är endast Ångermanfjorden karterad med sonar och sedimentekolod. I övriga områden har endast 1 sedimentkärna tagits upp, varför beskrivningen av dessa fjärdar är mycket kort.

### ÅNGERMANFJORDEN (1)

Den branta kuststräckan i Västernorrlands län, där Ångermanfjorden är belägen, medför att den grunda produktiva zonen av havsområdet har begränsad omfattning. Dessa områden är trots detta mycket viktiga för yngeltillväxt och övrig produktion men ofta utsatta för utsläpp från kustbaseerade källor.

Ungefär mittemellan Sundsvall och Örnsköldsvik möter Ångermanälven havet i ostkustens enda fjordformation – Ångermanfjorden. Hela området mellan älvens utlopp vid Nyland och den grunda tröskeln (Svanötröskeln) mellan Frånö och Svanö, strax norr om Sandöbron, har undersökts. Området har delats in i 4 delområden. Från norr till söder är dessa Nylandsfjärden, Bollstafjärden, Kramforssänkan samt Svanöfjärden (figur 36). Undersökningsområdet är en del av det som i flera undersökningar benämns nedre Ångermanälven (text i Länsstyrelsen i Västernorrland, 1997), dvs området från Nyland ut till öppna havet. Ångermanfjorden kännetecknas av en mycket smal och grund tröskel i söder (11 m djup) och ett maximalt djup på ca 100 meter. Området har en vattenyta av knappt 33 km<sup>2</sup> och sträcker från Bollstabruk längst upp i nordväst ner till Svanötröskeln är ca 16 km. Ångermanälven, med en årsmedelvattenföring på 462 m<sup>3</sup>/s (Länsstyrelsen i Västernorrland, 1997), mynnar i Nylandsfjärdens nordvästra del. I Kramforssänkan, på ca 100 m djup, uppmäts det saltaste vattnet utmed länskusten, ca 10 PSU. Detta anses numera bero på utsläpp av



Figur 36. Ångermanfjorden.

ballastvatten från lastfartyg som korsat Atlanten på rutten fram till fjorden (Heinemo, pers medd). Fjordens bottenvatten verkar ha en mycket långsam utbytestid.

Sedan sekelskiftet har området mottagit betydande mängder näringsämnen, organisk substans och andra föroreningar. Genom sin fjordliknande form är området mycket belastningskänsligt och tidigare undersökningar har visat att stora delar av bottenarna är utslagna (Länsstyrelsen i Väster-norrland, 1997).

Av figur 36 framgår att ackumulationsbottnar dominerar i Ångermanfjorden (71 % av vattenytans area), samt att ET-bottnar i princip endast återfinns in mot stränderna. På några mindre ställen i fjorden konstaterades gasrika sediment, d v s områden med extra ansträngd syrgas-situation i bottenvattnet.



Karteringen och sedimentprovtagningen (totalt 24 sedimentkärnor) har utförts inom ramen för en studie på uppdrag av intressenterna för Ångermanfjordens samarbetsgrupp (Assi Domän Dynäs, Kramfors kommun och Sollefteå kommun; Persson et al., 1999).

### **NORAFJÄRDEN (2)**

Norafjärden, som är belägen ca 2 mil norr om Härnösand, kännetecknas av en smal och grund tröskel vid mynningen och ett maximalt djup på ca 70 meter. Stora delar av fjärden har djup som överstiger 40–50 m. Tröskelformen gör att fjärden har ett mycket skyddat läge. Provtagningen (1 station) har utförts inom ramen för ett SKB-projekt (Meili et al., 1998b).

### **GAVIKSFJÄRDEN (3)**

Strax nordost om Norafjärden, några få kilometer söder om Nordingrå, ligger Gaviksfjärden. Inloppet från öppna havet in i fjärden är relativt smalt, men mycket djupt (ca 100 m). Trots den smala öppningen är fjärden relativt exponerad och därmed är troligen vattenutbytet betydligt snabbare än i den mer skyddade Norafjärden. Stora delar av Gaviksfjärden är djupare än 70 meter, och det maximala djupet återfinns i mynningsområdet. Provtagningen (1 station) har utförts inom ramen för ett SKB-projekt (Meili et al., 1999).

### **KLINGERFJÄRDEN (4)**

Timrå, med två stora pappersmassafabriker, är beläget vid Klingerfjärdens västra strand. I de norra delarna av fjärden mynnar Indalsälven via ett mycket stort deltaområde. Både öppningen i väster och den i sydost är förhållandevis smala och grunda. Maximala djupet inne i fjärden är på drygt 50 meter. Trots ett relativt skyddat läge kan man anta att vattenomsättningen i området är mycket effektiv, tack vare sötvattentillförseln samt strömsättning via de två öppningarna som båda ligger relativt nära öppna havet. Provtagningen (1 station) har utförts inom ramen för ett SKB-projekt (Meili et al., 1999).

### **DRAGET (5)**

Draget är benämningen på vattenområdet söder om Sundsvall och Alnön. I områdets södra del mynnar Ljungan. Hela området ligger i en mycket kraftigt industrialiserad del av Sverige. Mynningen ut mot öppna havet är mycket bred och relativt djup, vilket innebär att Draget är mycket exponerad. Maximala djupet på 56 m är beläget i områdets centrala delar. Provtagningen (1 station) har utförts inom ramen för ett SKB-projekt (Meili et al., 1999).

### ARNÖVIKEN (6)

Arnövikens skär in som en kil i den norra delen av Hornslandet, strax öster om Hudiksvall. Viken ligger relativt exponerad i direkt anslutning till öppna havet. En markerad tröskel med mindre än 10 m djup finns i mynningsområdet. Arnövikens maximala djup är 29 meter. Provtagningen (1 station) har utförts inom ramen för ett SKB-projekt (Meili et al., 1999).

### GÅRDSFJÄRDEN (7)

Gårdsfjärden är en långsträckt vik, belägen strax söder om Iggesund. Fjärden har ett mycket skyddat läge med en smal och grund mynning ut mot havet. Maximala djupet på 18 m återfinns strax väster om denna mynning. Provtagningen (1 station) har utförts inom ramen för ett SKB-projekt (Meili et al., 1999).

### BERGSUNDET (8)

Endast någon kilometer sydost om Gårdsfjärden ligger Bergsundet, vilket utgörs av ett förhållandevis skyddat och långsmalt sund, orienterat i ostvästlig riktning. Mynningen har en förhållandevis grund tröskel (ca 10–12 m) och den djupaste punkten i området är 26 meter. Provtagningen (1 station) har utförts inom ramen för ett SKB-projekt (Meili et al., 1999).

### LJUSNEFJÄRDEN (9)

Ljusnefjärden är benämningen på vattenområdet där Ljusnan rinner ut i havet. Provtagningsstationen är emellertid belägen ca 10 kilometer sydost om Ljusnefjärden, på 50 m djup innanför ön Storjungfrun. Provpunkten ligger relativt exponerat, även om öar och grynnor till viss del dämpar vågor från öppnat havet. Provtagningen (1 station) har utförts inom ramen för ett SKB-projekt (Meili et al., 1999).

### TRÖDJEFJÄRDEN (10)

Trödjefjärden, som är belägen ca 15–20 km nordost om Gävle, har ett skyddat hamnläge i dess inre delar. Djupet är här ca 18 meter. I fjärdens centrala delar är maximala djupet 33 meter och tröskeln ut mot öppna havet är sannolikt något grundare. Provtagningen (2 stationer), som gjordes i fjärdens innersta delar, har utförts inom ramen för ett SKB-projekt (Meili et al., 1999).

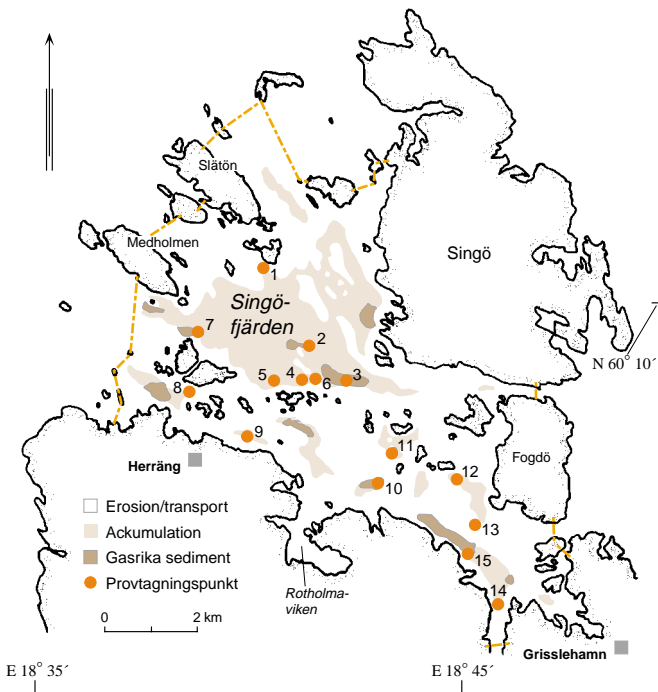
# Roslagens skärgård

## SINGÖFJÄRDEN (11)

Singöfjärden är belägen längst ner i sydost i Östhammars skärgård. Fjärden avgränsas i den östra delen av öarna Singö, Fogdö och Vaddö och det finns endast två mycket grunda och smala sund ut mot Ålands hav. Öppningarna i norr och väster mot Raggarö- och Galtfjärden är däremot relativt breda och djupa varför man kan anta att vattenutbytet mellan dessa bassänger kan vara relativt effektivt. Själva Singöfjärden kan indelas i en nordlig del med ett maximalt djup på ca 50 meter medan den södra delen, som avgränsas av en rad öar mellan Fogdö och Rörskäret, som mest är 34 meter djup. Områdets storlek är 36,8 km<sup>2</sup>.

En hel del bebyggelse finns på öarna runt Singöfjärden, men näringsbelastningen på området domineras sannolikt av utsläppen från Herrängs samhälle samt Hallstavik och Hallsta pappersbruk i de inre delarna av Edeboviken.

Figur 37 visar att merparten av den norra delbassängen utgörs av ackumulationsbottnar medan den södra karakteriseras av betydligt mindre A-bottenytor. Totalt utgörs 32 % av hela Singöfjärden av A-bottenytor. Figuren visar vidare att gasrika partier finns på ett tiotal ställen. Totalt utgörs 12 % av ackumulationsbottenarna av gasrika sediment.



Undersökningen i fjärden (totalt 15 sedimentkärnor) har utförts på kursen "Östersjön från kust till hav" vid Uppsala universitet (Anonymous, 1998) samt inom ramen för ett SKB-projekt (Meili et al., 1999).

Figur 37. Singöfjärden.

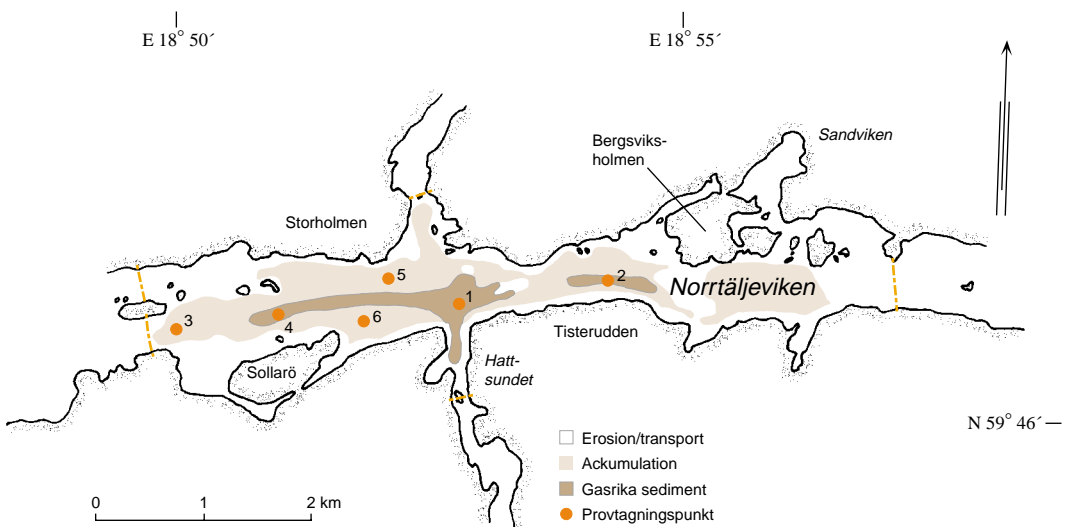
## NORRTÄLJEVIKEN (12)

Norrtäljeviken börjar vid Norrtälje och följer sedan norra stranden av Rådmanölandet ut till Lidöfjärden. Viken är långsmal och orienterad i ostvästlig riktning. Yttre delen avgränsas i norr av Vätölandet. Undersökningsområdet sträcker sig från en gräns mellan Enholmen och Mörjarudden i väster till en linje mellan Alskär och Marboviken i öster, och har en storlek av 6,3 km<sup>2</sup>. Det maximala djupet i området är 31 meter och sunden mot omgivande vatten är relativt smala och åtminstone 10 meter grundare än maximala djupet. Omsättningen av djupvatten kan därmed troligen vara relativt långsam under delar av året.

Norrtäljeviken mottager en hel del näringsämnen från Norrtälje stad och Norrtäljeån, vilket i kombination med vikens relativt belastningskänsliga form torde innebära att sannolikheten för uppkomst av laminerade sediment här är relativt stor.

Bottendynamiken är okomplicerad med A-bottnar som dominerar på djup större än ca 10 meter (figur 38). Hela 45 % utgörs av A-bottnar och 20 % av gasrika sediment. De gasrika partierna återfinns i områdets djupaste partier.

Karteringen och sedimentprovtagningen (totalt 6 sedimentkärnor) har utförts på kursen "Östersjön från kust till hav" vid Uppsala universitet (Anonymous, 1998).

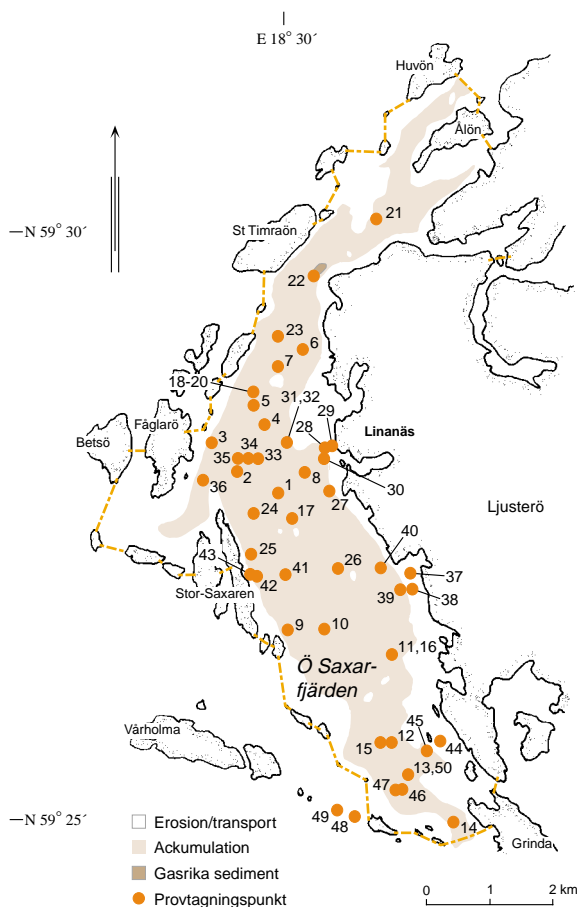


Figur 38. Norrtäljeviken.

## Inre delen av Stockholms skärgård

### ÖSTRA SAXARFJÄRDEN (1)

Östra Saxarfjärden är en långsmal fjärd som sträcker sig längs Ljusterö i öster och begränsas åt väster av ett antal mindre öar. I norr utgör tröskeln (26 m) mellan öarna Huvön och Ålön gräns mot vattnen norrut och i söder står fjärden i förbindelse med Grindafjärden via sundet mellan Viggsö och Grinda. Tröskeldjupet i sundet är drygt 20 meter. Området har en betydande fritidshusbyggnad och en hel del åretruntboende (främst på Ljusterö). Vattenytans area är 26,8 km<sup>2</sup>, varav 58 % utgörs av sammanhängande ackumulationsbottenar. Gränsen mellan A- och ET-botten går på ca 20 m djup. En mycket liten yta (0,03 km<sup>2</sup>) täcks av gasrika sediment (figur 39). Fjärdens botten-topografi är relativt flack och stora delar av undersökningsområdet är omkring 50 m djupt. Det största djupet i Östra Saxarfjärden (65 m) återfinns i den södra delen.



Grunden mellan A- och ET-botten går på ca 20 m djup. En mycket liten yta (0,03 km<sup>2</sup>) täcks av gasrika sediment (figur 39). Fjärdens botten-topografi är relativt flack och stora delar av undersökningsområdet är omkring 50 m djupt. Det största djupet i Östra Saxarfjärden (65 m) återfinns i den södra delen.

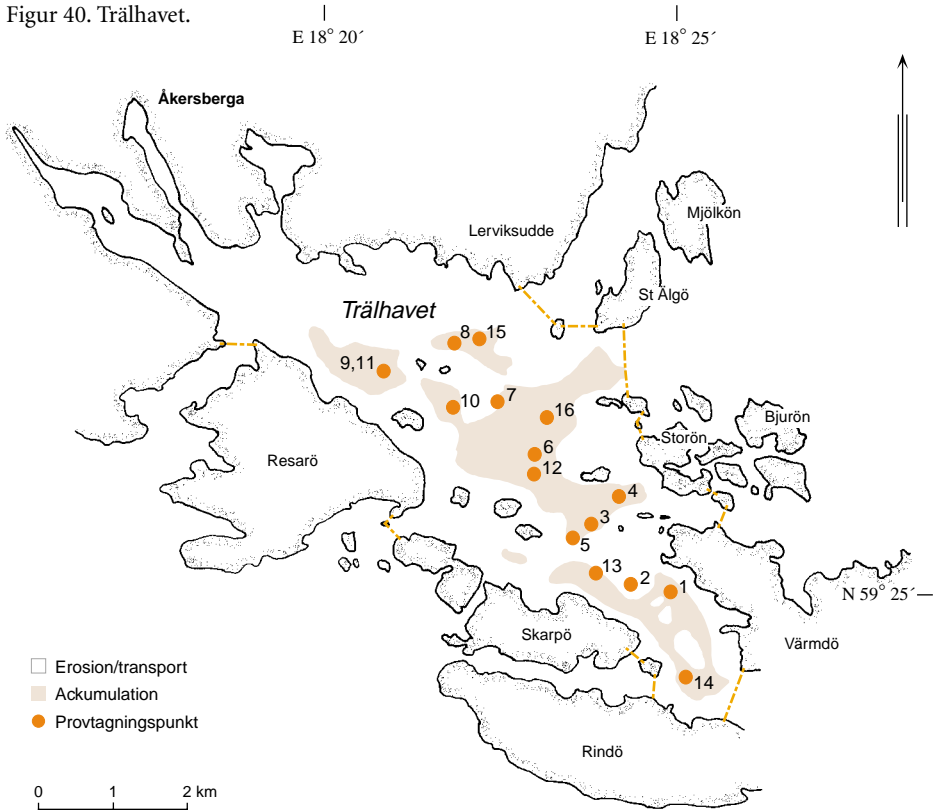
Kartering med sidtittande sonar och sedimentekolod, samt sedimentprovtagning (totalt 50 kärnor) har utförts inom ramen för EUCON-projektet och under kursen "Östersjön från kust till hav" (Anonymous, 1993; 1994).

Figur 39. Östra Saxarfjärden.

### TRÄLHAVET (2)

Den avlänga fjärden Trälhavet ligger orienterad i nordväst- till sydostlig riktning och begränsas av fastlandet i norr, Värmdölandet i sydost och i övrigt ett antal öar av olika storlek. Vid Trälhavets norra strand ligger samhället Åkersberga med 25 000 invånare. Botten längs den norra stranden utgörs av ett grunt parti som långsamt sluttar nedåt mot fjärdens mitt, med-

Figur 40. Trälhavet.

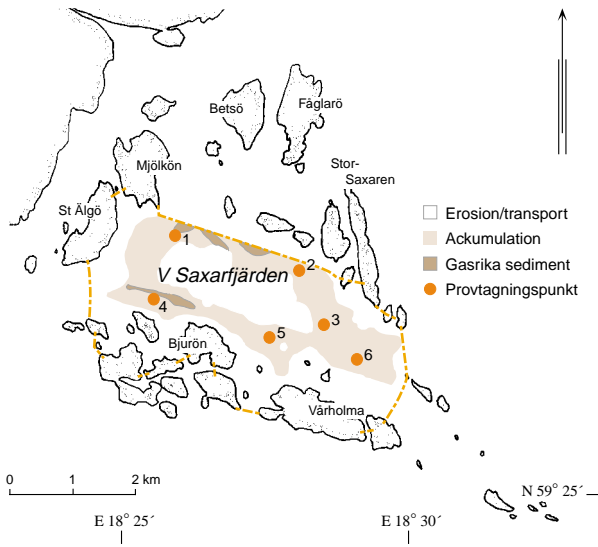


an stränderna längs Resarö, Skarpö och Värmdölandet är betydligt brantare. Trälhavets djupaste del, drygt 60 meter, ligger strax söder om Allegrogrund. Vattenytans area är 20,8 km<sup>2</sup>. Två större och ett par mindre ytor av botten täcks av A-bottnar, vilka tillsammans utgör 24 % (4,9 km<sup>2</sup>) av vattenarean (figur 40). Området är vältrafikerat av både fritidsbåtar, militär trafik och övrig yrkestrafik (färjor till Finland och Åland, turbåtar, fraktbåtar m m), då den stora farleden till/från Stockholm har sin sträckning här. Fjärden påverkas sannolikt av färskvattentillrinning från Åkers kanal, vilken har sitt utlopp i Trälhavet vid Åkersberga. Kanalen, liksom samhället Åkersberga, kan antas ge fjärden ett visst tillskott av näringsämnen. Området undersöks regelbundet inom ramen för Stockholm Vattens recipientkontroll.

Av de sammanställda undersökningarna i denna rapport har Trälhavet karterats och provtagits (med avseende på sediment) vid två olika tillfällen, dels inom ramen för projektet "Metaller i stad och land" (Lindström et al., 2001) och dels under kursen "Östersjön från kust till hav" (Anonymous, 1992). Totalt har 16 sedimentkärnor tagits för dokumentation och analys och botten har karterats med sidtittande sonar och sedimentekolod.

### VÄSTRA SAXARFJÄRDEN (3)

Västra Saxarfjärden är en rektangulär fjärd som är omgiven av öar och har ett stort grundområde i den centrala delen. Runt grundområdet är vattendjupet omkring 45 meter och på ett par ställen ner mot 60 meter. Fjärden begränsas av öarna Bjurön och Vårholma i söder, Stora Älgö och Mjölkönen i väster, Betsö och Fåglarö i norr samt Storsaxaren i öster. På öarna runt fjärden finns en sparsam bebyggelse (i första hand fritidshus). Vattenytans area i det undersökta området är 9,8 km<sup>2</sup>, varav 41 % utgörs av en sammanhängande A-botten som omringar det centralt belägna grundområdet (figur 41). Mindre fläckar med gasrika sedimenten täcker en 0,2 km<sup>2</sup> stor yta av botten. Området står i förbindelse med Trälhavet i väster via sundet mellan Stora Älgö och Aspholmen. I sydost utgör sundet mellan Valöarna och Sippsön förbindelse med Sandöfjärden. Inget av sunden har någon utpräglad tröskel, varför omsättningen av bottenvattnet (åtminstone periodvis) kan antas vara relativt snabb.



Fjärden har karterats med sidtittande sonar och sedimentekolod inom ramen för projektet ”Metaller i stad och land” (Lindström et al., 2001). Vid samma undersökning utfördes också en sedimentprovtagning då totalt 6 kärnor togs.

Figur 41. Västra Saxarfjärden.

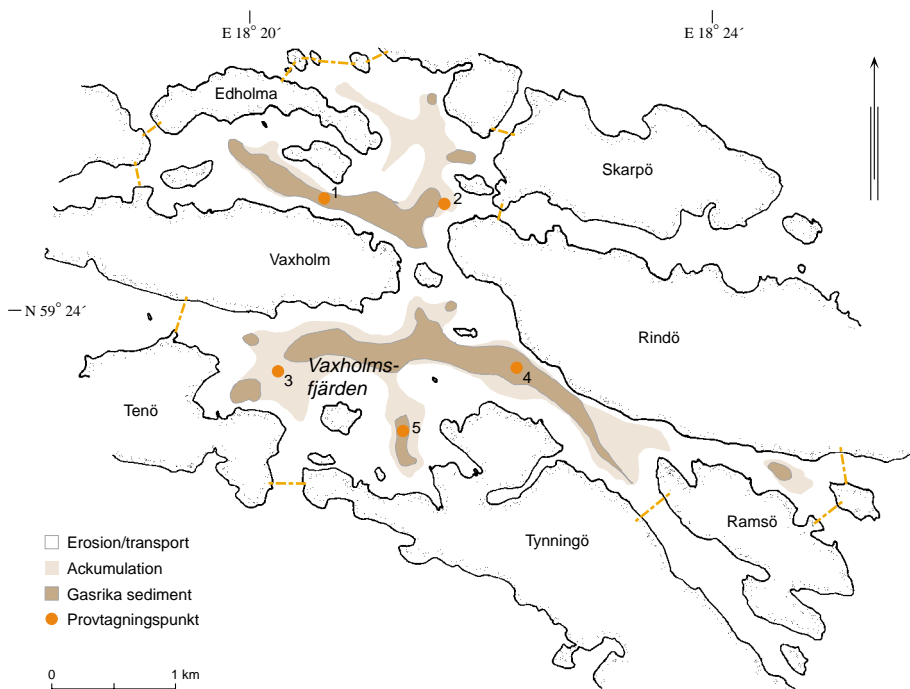
### VAXHOLMSFJÄRDEN (4)

Vaxholmsfjärden består egentligen av ett nordligt fjärdområde och ett lite större sydligt, vilka står i förbindelse med varandra via två smala sund. Det västra sundet har ett tröskeldjup på mindre än 6 m medan det östra är mellan 15 och 20 m djupt. Hela Vaxholmsfjärden avgränsas av öarna Vaxholm, Edholma, Skarpö, Rindö, Tenö, Tynningö och Ramsö. Fjärden är innesluten och har markerade trösklar vid samtliga sund som leder till omgi-

vande fjärdar. Det maximala djupet inom området finns i den sydöstra delen och är ca 30 meter. Omsättningen av bottenvattnet kan antas vara mycket långsam. Vaxholm har ca 8 700 invånare, vars antal ökar till 20 000 sommartid. Strax öster om samhället ligger militärbasen Vaxholms fästning. Gästhamn och färjeläge är centralt belägna i Vaxholmsfjärden. Trafiken på fjärden är livlig med både turistbåtar, militära farkoster och färjetrafik. Utsläpp av näringsämnen och andra föroreningar från samhället och övrig mänsklig verksamhet kan antas påverka Vaxholmsfjärdens vatten- och sedimentstatus. Vattenytans area är 7,0 km<sup>2</sup> och ca 32 % av bottenarean, eller 2,3 km<sup>2</sup> utgörs av ackumulationsbotten (figur 42). A-bottnarna är i huvudsak fördelade på två ytor, en i den norra delen av fjärden och en i den södra. En betydande del av A-bottnarna (1,0 km<sup>2</sup>) innehåller gasrika sediment. Fjärden ingår i Stockholm Vattens recipientkontroll och undersöks årligen.

Kartering med sidtittande sonar och sedimentekolod, samt sedimentprovtagning (totalt 5 kärnor) har utförts inom ramen för projektet ”Metaller i stad och land” (Lindström et al., 2001).

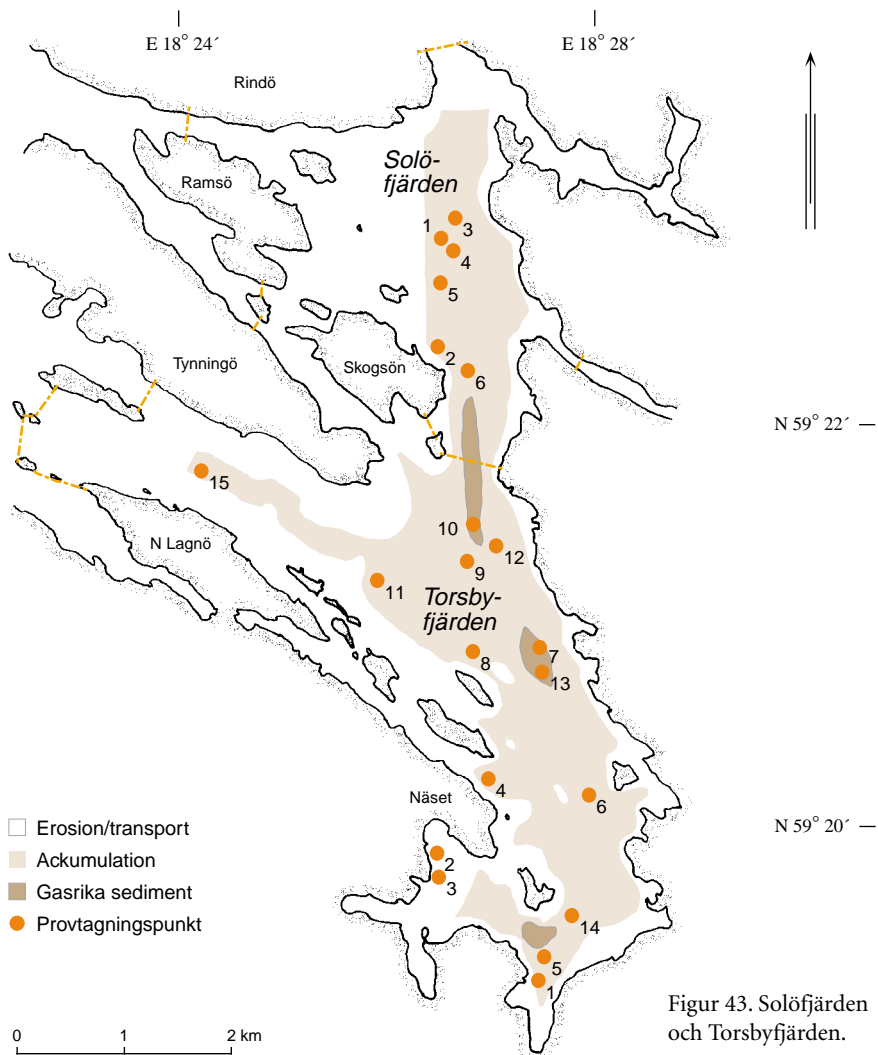
Figur 42. Vaxholmsfjärden.





## SOLÖFJÄRDEN (5)

Solöfjärden, som ligger sydost om Vaxholmsfjärden mellan Trälhavet i norr och Torsbyfjärden i söder, har en oval form och är orienterad i nord-sydlig riktning. Någon egentlig tröskel som avgränsning mot Torsbyfjärden i söder finns inte. Värmdölandet och öarna Rindö, Ramsö och Tynningö avgränsar fjärden. Vattendjupet ligger generellt kring 45–50 meter i områdets centrala del. I norr står Solöfjärden i förbindelse med Trälhavet via Oxdjupet, som har ett tröskeldjup på 17 meter. Undersökningsområdet vattenyta täcker ett 2,8 km<sup>2</sup> stort område och så mycket som knappt 80 % av bottenarean utgörs av en stor sammanhängande ackumulationsbotten (figur 43). Det skall dock påpekas att sonarkarteringen av fjärden är svårtolkad på



Figur 43. Solöfjärden och Torsbyfjärden.

grund av att en alltför stor svepvidd (400 m) har använts. Av ackumulationsbotten består 0,1 km<sup>2</sup> av gasrika sediment. De gasrika sedimenten återfinns vid sundet mot Torsbyfjärden. Den stora farleden in mot Stockholm går genom Solö- och Torsbyfjärden och framför allt de västra landområdena har en betydande bebyggelse. Solöfjärden undersöks regelbundet inom ramen för Stockholm Vattens recipientkontroll.

Av de sammanställda undersökningarna i denna rapport utfördes en kartering med sidtittande sonar och sedimentekolod samt sedimentprovtagning inom ramen för projektet ”Metaller i stad och land” (Lindström et al., 2001) och en liknande inom ramen för EUCON-projektet. Det sammanlagda antalet tagna sedimentkärnor är 6 st.

### TORSBYFJÄRDEN (7)

Torsbyfjärden, som är belägen söder om Solöfjärden, är huvudsakligen orienterad i nord-sydlig riktning. Torsbyfjärden omges till största delen av Ormingelandet (i söder och sydväst) och Värmdölandet i öster. I norr är avgränsningen dragen från Baldersvik till Skogsön och därifrån vidare till Tynningö. Gränsen mellan Tynningö och Norra Lagnö går via Bergholmen, Södra Lidskär, Kungarna och Värmdö-Garpen. Området står i förbindelse med Solöfjärden via det 45 meter djupa och 700 meter breda sundet mellan Baldersvik och Skogsön. Förbindelsen med fjärdarna söder om Vaxholm utgörs av flera smala sund, där passagen mellan Bergholmen och Tynningö är den djupaste (ca 30 m). Runt Torsbyfjärden finns en hel del bebyggelse (både fritidshus och permanentbostäder). Den stora farleden till och från Stockholm har sin sträckning genom norra delen av Torsbyfjärden, vilket medför att många fraktfartyg, färjor m m passerar området. Fjärden erhåller ett tillskott av näringsämnen då den tar emot renat avloppsvatten från Hemmesta (55 000 personekvivalenter) och Södernäs (800 personekvivalenter) reningsverk (data från Värmdö kommuns hemsida).

Torsbyfjärdens botten är mjukt kuperad och den östra stranden är generellt brantare än den västra. Stora områden (främst i nord och nordväst) har ett vattendjup större än 30 m och fjärdens djupaste del (drygt 40 m) finns strax söder om sundet mellan Baldersvik och Skogsön. Längs fjärdens västra delar ligger ett pärlband av öar. Vattenytans area är 10,5 km<sup>2</sup>, varav andelen A-botten utgör 50 % (figur 43).

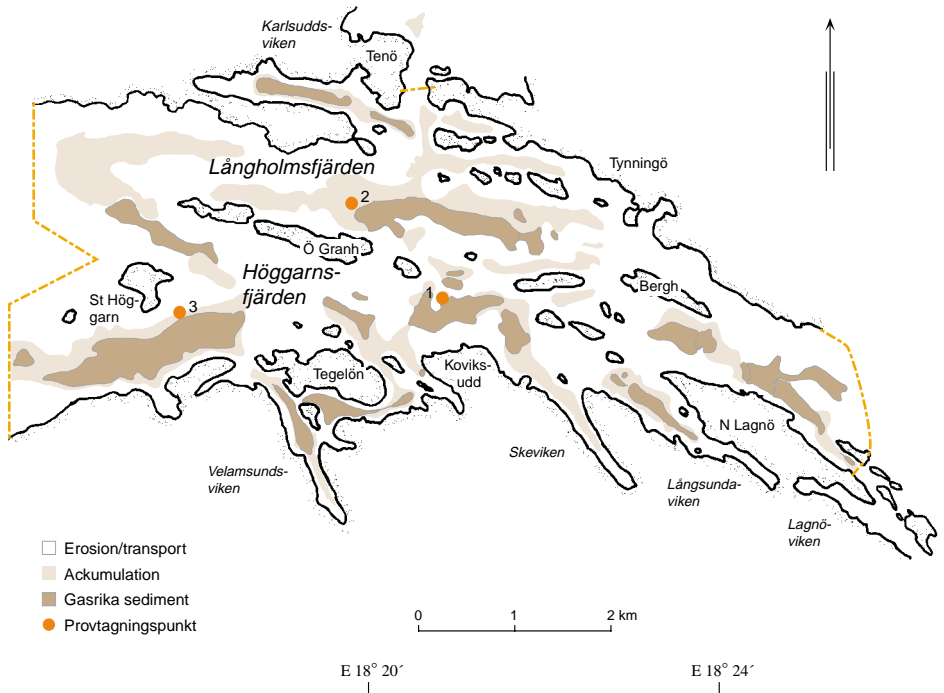
Akkumulationssedimenten täcker en sammanhängande bottenyta, vilken i stora drag följer fjärdens form och genombryts av ett par mindre ET-bottenområden. 0,2 km<sup>2</sup> av A-bottarna innehåller gasrika sediment, fördelade på tre ytor jämnt spridda från norr till söder. Tolkningen av sonarkarteringen är dock svår på grund av att en alltför stor svepvidd (400 m) använts. Torsbyfjärden ingår liksom Solöfjärden i Stockholm Vattens recipientkontrollprogram.

Torsbyfjärdens botten har karterats med sidtittande sonar och sedimentekolod vid tre av de i denna rapport sammanställda undersökningarna, dels inom ramen för projektet ”Metaller i stad och land” (Lindström et al., 2001), dels under kursen ”Sedimentologisk undersökningsmetodik i kustområden” (Anonymous, 1998a) och även inom ramen för EUCON-projektet. Vid samtliga undersökningar har en sedimentprovtagning genomförts och det sammanlagda antalet insamlade kärnor är 14 st.

### FJÄRDARNA SÖDER OM VAXHOLM (6)

Området söder om Vaxholm med bl a Långholmsfjärden och den söder därom liggande Höggarnsfjärden har vi i denna rapport valt att kalla ”*Syd Vaxholm*”. Området är långsträckt i väst-östlig riktning och avgränsas i norr av Tenö och Tynningö och i söder av Ormingelandet. I öster är gränsen dragen mellan Tynningö och Norra Lagnö och i väster mellan Bogesundslandet (strax söder om Bogesund) via Stora Höggarn och ner till Ormingelandet vid Kummelnäs. Bottenpogografen är varierande och de djupaste delarna (drygt 50 m) finns i Höggarnsfjärdens västra ände. Fjärdarna är mycket vältrafikerade, främst av yrkestrafik till och från Stockholm, men även av fritidsbåtar. Den totala vattenytarean är 19,0 km<sup>2</sup>, varav 36 % (6,8 km<sup>2</sup>) av bottenytan utgörs av A-bottnar av vilka 1,1 km<sup>2</sup> innehåller gasrika sediment (figur 44). De olika bottenytornas utbredning uppvisar ett mosaikartat, komplext mönster med många små ytor täckta av omväxlan-

Figur 44. Fjärdarna söder om Vaxholm.



de A-botten och ET-botten. Området ingår i Stockholm Vattens recipientkontroll. Käppala avloppsreningsverk släpper ut renat avloppsvatten strax sydväst om detta område, vilket medför ett tillskott av näringsämnen till fjärdområdet.

Kartering med sidtittande sonar och sedimentekolod, samt sedimentprovtagning (totalt 3 kärnor) har utförts inom ramen för projektet ”Metaller i stad och land” (Lindström et al., 2001). En del av detta område har även karterats med sidtittande sonar och sedimentekolod på uppdrag av Stockholm Vatten (Persson & Jonsson, 1999).

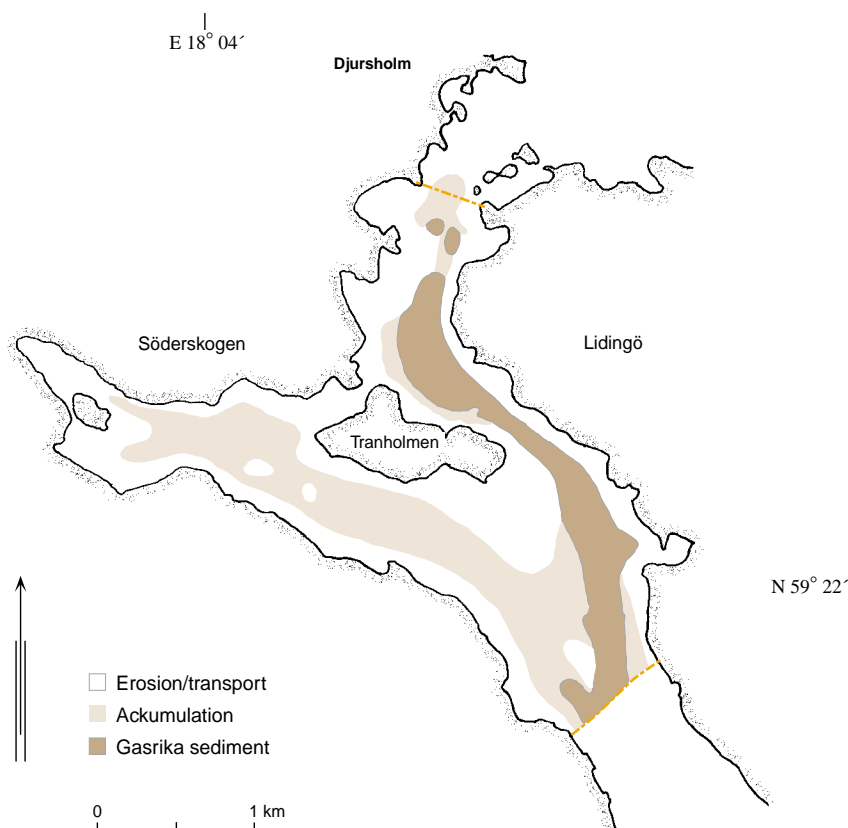
### NORRA LILLA VÄRTAN (8)

Norra delen av Lilla Värtan är belägen väster om Lidingö och omges av välbebyggda landområden. Gränsen mellan norra och södra delen av Lilla Värtan har dragits vid Lidingöbron. I norr står fjärden i förbindelse med Stora Värtan via sundet mellan Sticklinge udde och Aludden. Sundet har ett par grundområden (ca 13 m) men inte någon riktigt utpräglad tröskel. Fjärdens botten har en mjuk topografi och kan indelas i två delbassänger. Den djupaste av de båda (max 32 m) följer norra Lidingö strax ovanför Lidingöbron, på ostsidan av Tranholmen och upp mot sundet vid Sticklinge udde. En mindre och grundare bassäng ligger på västsidan av Tranholmen. Maxdjupet här är ca 24 m, men endast ett litet område är djupare än 20 m. A-bottnarna sträcker sig som i ett V-format mönster från Lidingöbron och upp i de båda delbassängerna. Gasrika sediment finns i den östra delen. Vattenytans area är 4,6 km<sup>2</sup> och ca 49 % av bottenarean utgörs av ackumulationsbotten (figur 45). Ungefär en tredjedel av A-bottnarna (0,8 km<sup>2</sup>) innehåller gasrika sediment. Den mesta sjöfarten trafikerar södra delen av Lilla Värtan och passerar inte den norra delen.

Fjärden har karterats med sidtittande sonar och sedimentekolod (Lindström et al., 2001), men några sedimentkärnor har inte tagits inom de undersökningar som sammanställts i denna rapport.

### SÖDRA LILLA VÄRTAN (9)

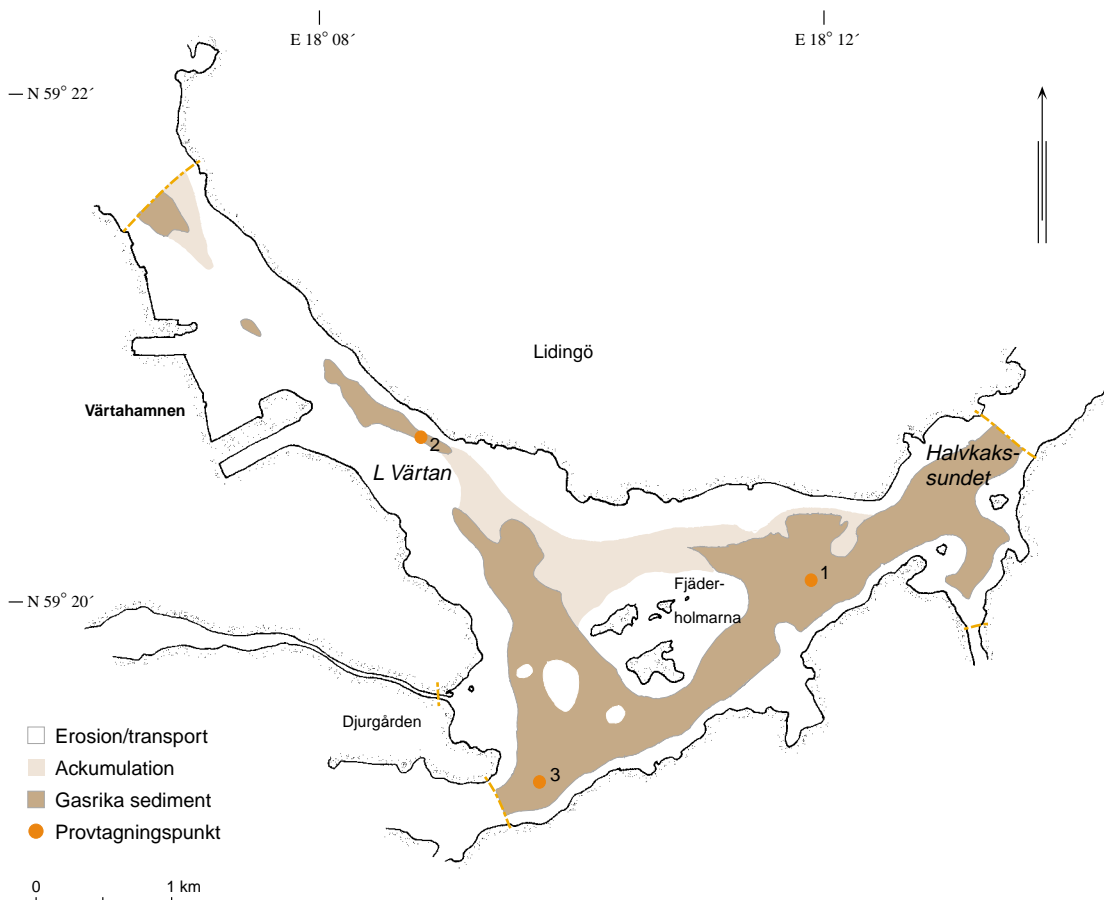
Den södra delen av Lilla Värtan är mycket vältrafikerad, framförallt av trafik till och från Värtahamnen. De omgivande landområdena är välexploaterade och ett antal industrier finns främst längs den västra stranden. Lidingös strand med dess bostadsområden sluttar i öster brant ner mot fjärden. Bottentopografin är mjukt växlande med en tendens till grundare områden i norr och djupare i söder. Det största djupet (ca 50 m) finns i den sydöstra delen vid Halvkakssundets början. Vattenytans area är 9,6 km<sup>2</sup>, varav nästan 45 % utgörs av ackumulationsbotten. Dessa kan indelas i två åtskilda områden. Den minsta har en begränsad utbredning från Lidingöbron ner mot den norra delen av Värtahamnen. Den största A-bottenytan



Figur 45. Norra Lilla Värtan.

omringar Fjäderholmarna och sträcker en smal ”tarm” upp mot södra Värta- hamnen. I öster breder den ut sig in i Halvkakssundet och i väster in mot Saltsjön. Områden med gasrika sediment täcker en yta på ca 3,2 km<sup>2</sup> (figur 46). I sydost står Lilla Värtan i förbindelse med fjärdarna söder om Vax- holm via Halvkakssundet. Vattendjupet där är omkring 50 meter och nå- gon tröskel finns inte, varför omsättningen av bottenvattnet kan antas vara relativt snabb periodvis. I sydväst utgör sundet mellan Blockhusudden och Augustendal förbindelse med Saltsjön. Inte heller här finns någon tröskel. Vattenomsättningen i de södra delarna kan antas vara mycket god period- vis. Lilla Värtan ingår i Stockholm Vattens recipientkontrollprogram.

Liksom för norra Lilla Värtan har kartering med sidtittande sonar och sedimentekolod gjorts även i södra Lilla Värtan inom ramen för projektet ”Metaller i stad och land” (Lindström et al., 2001). Karteringen har kom- pletterats med en sedimentprovtagning där totalt 3 kärnor insamlats.



Figur 46. Södra Lilla Värtan.

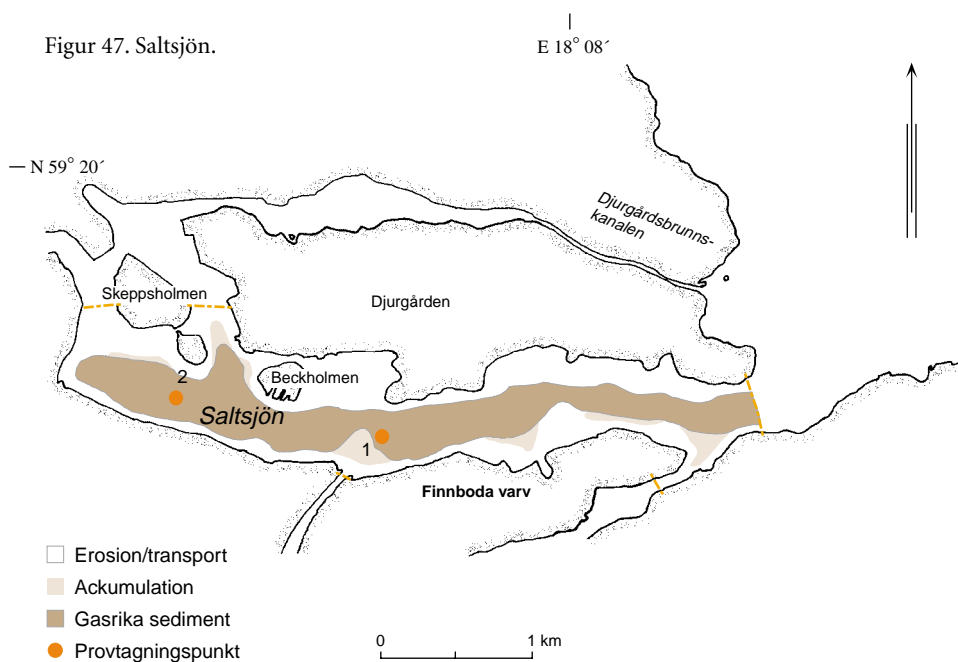
## SALTSJÖN (10)

Saltsjön är en långsmal fjärd, orienterad i öst-västlig riktning i den innersta delen av Stockholms skärgård. Fjärdens bottenpografi är mycket flack, med två grundare områden längs den östra och västra sidan av Skeppsholmen. Avgränsningarna är dragna från Augustendal till Blockhusudden, via Djurgården, Östermalm och vidare över Helgeandsholmen och Gamla Stan. I söder begränsas Saltsjön av Södermalm, Henriksdal, Kvarnholmen och Nacka Strand. Fjärdens förbindelse med Lilla Värtan sker via sundet mellan Blockhusudden och Augustendal. Någon tröskel finns inte i utloppsundet. Saltsjön har sedan flera hundra år varit omgiven av storstaden och dess bebyggelse, vilket medfört en tydlig miljöpåverkan orsakad av diverse föroreningsutsläpp. Det råder sannolikt syrgasbrist i bottenvattnet under

delar av året och bottenfaunan är till stor del utslagen på ackumulationsområdena. Mälaren har sitt utlopp i området och bidrar till en vanligtvis mycket tydlig skiktning mellan det västerifrån inkommande, ytliga färskvattnet och det djupare liggande brackvattnet. Sötvattnet från Mälaren bildar en ytlig ström som ”flyter” ovanpå brackvattnet från Norrström i väster och ut i innerskärgården. Den ytliga strömmen kompenseras av en bottennära saltvattenström från fjärdarna i mellan och innerskärgården in i Saltsjön. Detta medför att vattenomsättningen är betydligt snabbare än den skulle varit om Mälaren inte bidragit med sitt färskvattentillflöde (Länsstyrelsen i Stockholms län, 1996).

Vattenytan täcker ett 2,8 km<sup>2</sup> stort område och av bottenarean är ca 50 % (1,4 km<sup>2</sup>) A-bottnar. De gasrika sedimenten utgör en anmärkningsvärt stor del och täcker ett 1,2 km<sup>2</sup> stort område (figur 47). Ackumulationsbottnarna följer fjärdens form, men sträcker sig inte upp i de grundare områdena vid Skeppsholmen. De tre avloppsreningsverken Loudden, Brommaverket och Henriksdal släpper ut renat avloppsvatten i Saltsjön (Stockholm Vatten, 1997) och tillför därmed näringsämnen till fjärdens. Saltsjön ingår som provtagningslokal i Stockholm Vattens recipientkontrollprogram.

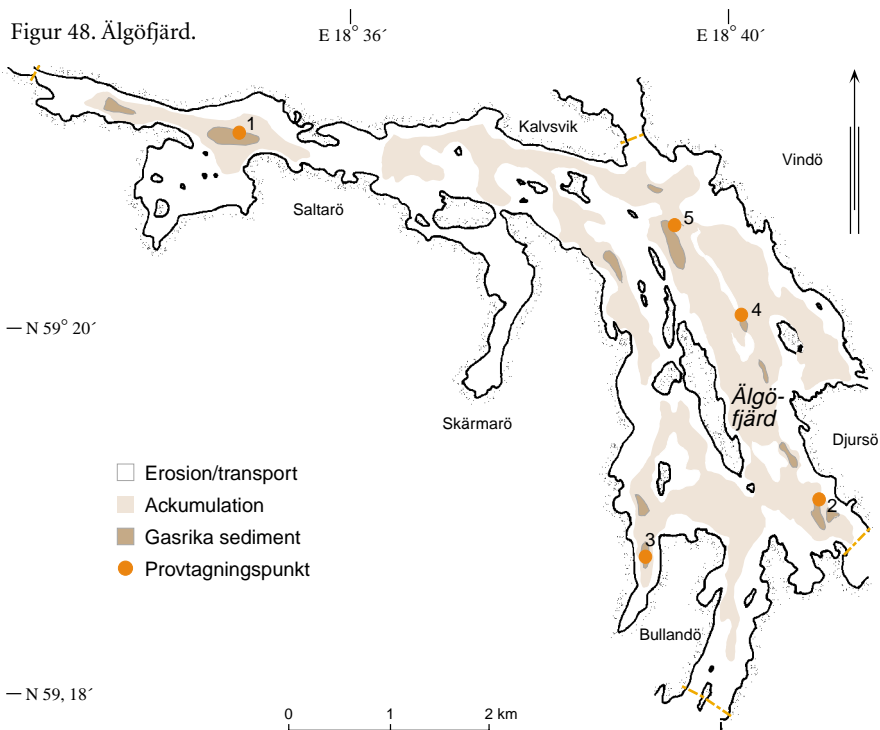
Kartering med sidtittande sonar och sedimentekolod har utförts inom ramen för projektet ”Metaller i stad och land” (Lindström et al., 2001). Sammanlagt har 2 sedimentkärnor insamlats.



## ÄLGÖFJÄRD (11)

Älgöfjärd är belägen i mellanskärgården, mellan Värmdö och Vindö/Djurö. Den består i huvudsak av två delbassänger, dels den lilla Skrävlarfjärden som avgränsas av Trattströmmen i väster och Saltaröströmmen i öster, dels den egentliga (bumerangformade) Älgöfjärden som är betydligt större. I denna rapport kallas hela området (Skrävlarfjärden och Älgöfjärden) för Älgöfjärd. Det undersökta området inkluderar inte viken väster om Trattströmmen och inte heller Skärmaröviken söder om Björnholmen. I söder har avgränsningen dragits vid Simpströmmen via ön Fågelsången och i öster mellan Djurö och Vindö vid Tranvikströmmens västra del. I norr avgränsas fjärden vid den södra delen av Vindöström.

Skrävlarfjärden är mycket väl avgränsad med en central djuphåla på ca 16 m och markerade tröscklar i Saltaröströmmen (5–6 m) och Trattströmmen (3–4 m). Den egentliga Älgöfjärden har en betydligt mer komplicerad topografi. Mitt i fjärden ligger den långsträckta Stora Älgön orienterad i nord-sydlig riktning och öarna Lilla Älgön och Stora Bergholmen. Väster därom är botten topografin mycket varierad med många grynnor och där emellan djup ner mot 16 m. Öster om öarna är fjärdens botten mjukt kuperad med det största djupet på 40 m beläget strax norr om Svartklippan.





Området står i förbindelse med omkringliggande vatten via Simpströmmen i söder och Vindöström i norr. Vindöström har en ca 20 meter djup tröskel, medan Simpströmmen har en tröskel på drygt 6 m. Runt Älgöfjärd finns både hus för permanent boende och fritidsbebyggelse. Undersökningsområdets vattenyta täcker ett 11,6 km<sup>2</sup> stort område. A-bottenarean är 48 % av vattenytarean (5,6 km<sup>2</sup>), varav 7 % täcks av gasrika sediment (figur 48).

Hösten 1997 genomfördes en sedimentprovtagning i Älgöfjärd med totalt 5 insamlade kärnor och även en kartering med sidtittande sonar och sedimentekolod av kursen ”Östersjön från kust till hav” (Anonymous, 1997).

### FARSTAVIKEN (12)

Farstaviken är en långsträckt (i ost-västlig riktning), grund och väl avgränsad vik i Farstalandet. Viken står i förbindelse med Baggensfjärden i väster via Farstasundet och avgränsas där naturligt genom en 5,5 meter djup tröskel, varför omsättningen av bottenvattnet kan antas vara långsam. Topografin är okomplicerad och vattendjupet är som mest ca 17 m. Vattenytans area är endast 0,61 km<sup>2</sup>, varav knappt 40 % utgörs av ackumulationsbotten (figur 49). De gasrika sedimenten täcker ett 0,13 km<sup>2</sup> stort område. Det omgivande landområdet är bebyggt och i viken finns en hamn för fritidsbåtar. Ett flertal industrier är och har varit lokaliserade hit, med Gustavsbergs porslinsfabrik som en av de mest kända och långlivade (Arvidsson et al., 1997). I de inre delarna av viken har slam från porslinsproduktionen deponerats. Sedan år 1968 leds allt avloppsvatten från samhället till Baggensfjärden (Anonymous, 1998). Provtagning i fjärden sker regelbundet av Stockholm Vatten, på uppdrag av Värmdö kommun (Stockholm Vatten, 1998).

En sedimentprovtagning (totalt 3 kärnor) genomfördes i Farstaviken 1998 av kursen ”Sedimentologisk undersökningsmetodik i kustområden”. Vid samma tillfälle karterades fjärden också med sidtittande sonar och sedimentekolod (Anonymous, 1998).

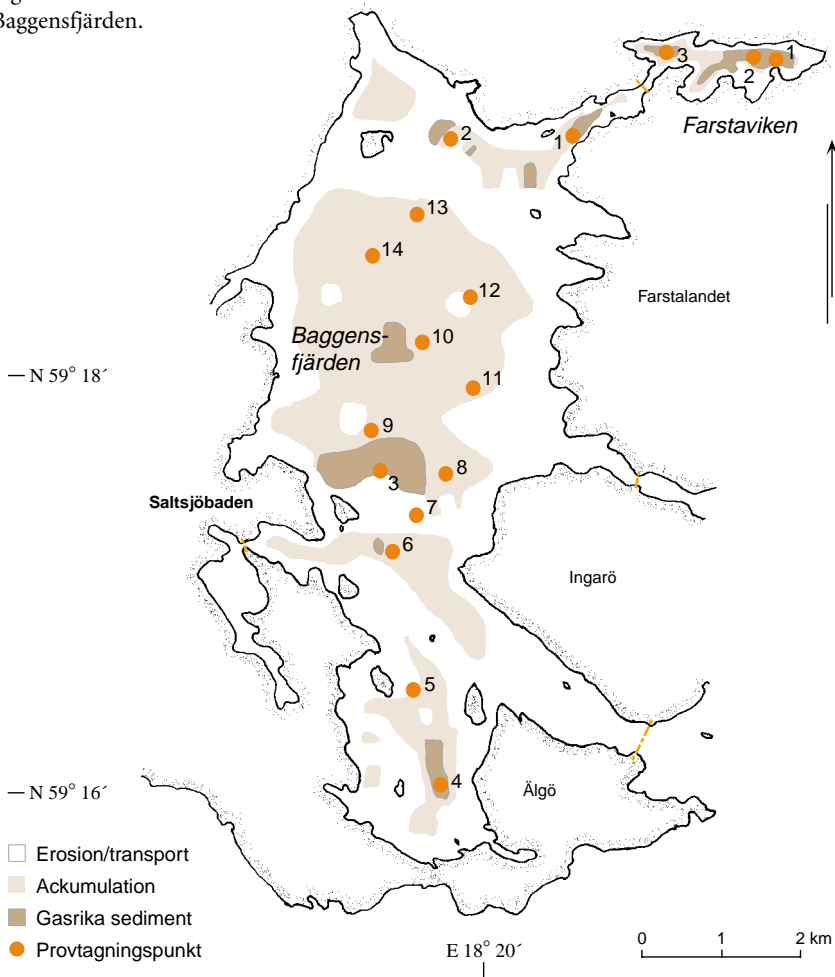
### BAGGENSFJÄRDEN (13)

Baggensfjärden ligger i nord-sydlig riktning omgiven av Ormingelandet i norr och nordost, Ingarö i sydost, Älgö i söder och fastlandet i väster. Fjärden står via Baggensstaket i förbindelse med farvattnen in mot Stockholm och i söder öppnar sig fjärden mot Ingaröfjärden via sundet mellan Älgö och Ingarö. Tröskeldjupet är här ca 10 meter. Ett smalt sund mellan Ingarö och Farstalandet utgör förbindelsen med vattnen söder om Värmdölandet. Områdets vattenyta täcker 13,4 km<sup>2</sup> och fjärden har ett maximalt djup på ca 60 meter. A-bottarna är fördelade på ett stort centralt område, tre mel-

lanstora och ytterligare några mindre områden och utgör totalt 45 % av vattenytarean (figur 49). De gasrika sedimentens utbredning är 0,6 km<sup>2</sup> (4,5 % av A-botten). Bottenopografin är relativt okomplicerad, öarna är få och fjärden har stora ytor med ett vattendjup större än 40 m.

Det är främst landområdena väster om Baggensfjärden som är bebyggda, med i huvudsak samhällena Nacka och Saltsjöbaden. Fjärden provtas regelbundet av Stockholm Vatten på uppdrag av Värmdö och Nacka kommuner. En viss påverkan på Baggensfjärdens vatten kan Tjusviks reningsverk tänkas ha, som släpper ut renat avloppsvatten från motsvarande ca 10 500 personekvivalenter (Värmdö kommuns hemsida) i fjärden.

Figur 49. Farstaviken och Baggensfjärden.



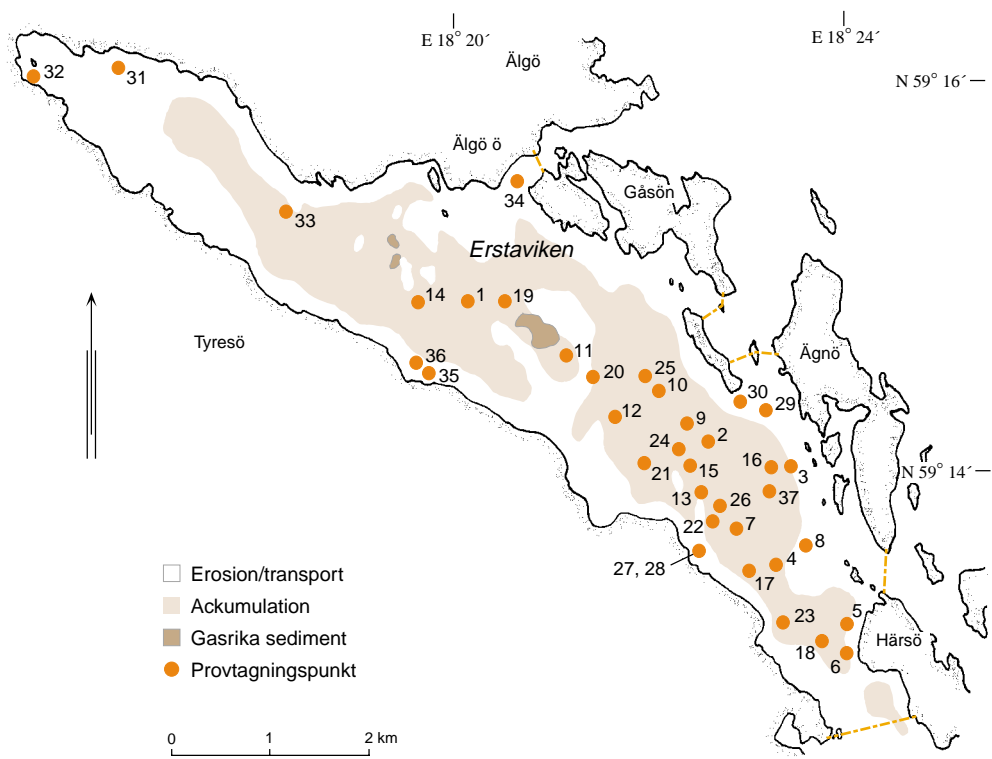
Under kursen ”Sedimentologisk undersökningsmetodik i kustområden” karterades Baggensfjärden med sidtittande sonar och sedimentekolod och en sedimentprovtagning genomfördes (Anonymous, 1998).

En liknande kartering och sedimentprovtagning utfördes även inom ramen för EUCON-projektet. Sammanlagt för de båda undersökningarna togs 15 sedimentkärnor i fjärden.

### ERSTAVIKEN (14)

Den långsträckt Erstaviken är orienterad i nordvästlig till sydostlig riktning mellan Solsidan och Tyresö i nordväst till Hårsö och Brevik i sydost. Fjärden har en förhållandevis okomplicerad bottenpografi och botten (figur 50) sluttar från de grundare områdena i nordväst (max 25 m) till de djupare delarna i sydost (max ca 70 m). Endast ett fåtal grynnor och öar finns i Erstaviken. Gränsen för undersökningsområdet har dragits från Älgö ö i norr, via Gåsö ö, Gåsön över Lindsjär till Ägnö och vidare över Glosjär till Hårsö och via Finnklippan till udden öster om Dyvik. Avgränsningen i väster utgörs av fastlandet. Vattenytans area i det undersökta området är 17,7 km<sup>2</sup> varav A-bottenarean utgör 45 %. De gasrika sedimenten täcker en 0,1 km<sup>2</sup> stor yta av botten. Ett grundområde med ET-botten finns i Erstavikens centrala del och små områden med gasrika sediment finns fläckvis i den nordvästra halvan av undersökningsområdet. Provtagning i fjärden sker flera gånger per år av Stockholm Vatten på uppdrag av Nacka kommun (Stockholm Vatten 1998). Förutom de båda samhällena Tyresö och Solsidan finns en del övrig bebyggelse, främst längs fastlandssidan.

Kartering med sidtittande sonar och sedimentekolod, samt sedimentprovtagning (totalt 37 kärnor) har utförts av kursen ”Havets botten från kust till utsjö” (Anonymous, 1997) och inom ramen för EUCON-projektet.



Figur 50. Erstaviken.

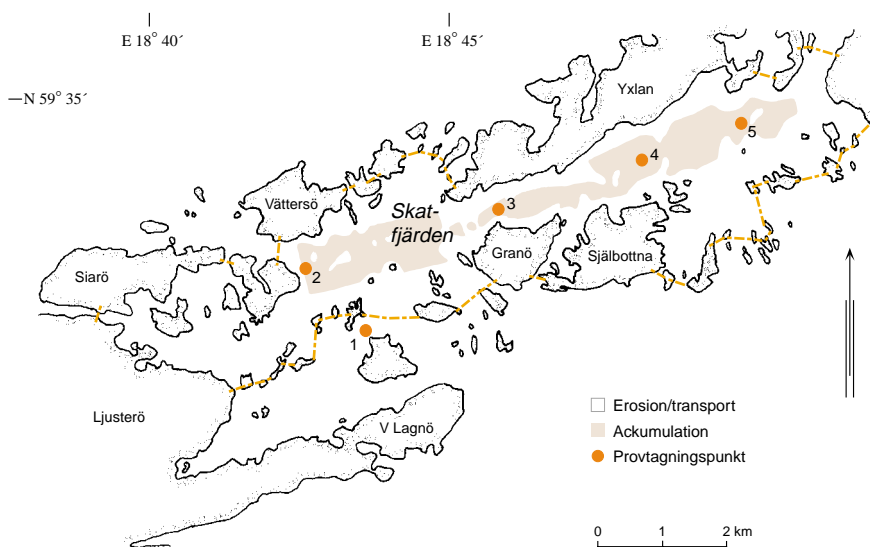
# Yttre delen av Stockholms skärgård

## SKATFJÄRDEN (1)

Skatfjärden är en långsmal (sydväst till nordost) och grund fjärd som ligger söder om ön Yxlan, mellan två pärlband av mindre öar. Topografin är relativt okomplicerad och det största vattendjupet på strax under 30 meter, återfinns i den norra delen. I den bottendynamiska kartan över Skatfjärden (figur 51) syns fördelningen mellan de olika botten typerna. Några gasrika sediment har inte lokaliserats inom undersökningsområdet, men områden med A-bottnar sträcker sig längs fjärdens mitt med undantag för mindre partier med ET-bottnar. Vattenytans area är 10,3 km<sup>2</sup>, av vilken A-bottnar utgör drygt 40 % (4,3 km<sup>2</sup>). Fjärden avgränsas av Yxlan, Blidö, Östra och Västra Lagnö, Norra Ljusterö, samt ett stort antal mindre öar och däremellan liggande smala sund med grunda trösklar. Främst på de större öarna finns åretrunt-bebyggelse och i övrigt finns en del fritidshus. Området kan närmast betraktas som mellanskärgård.

Av de sammanställda undersökningarna i denna rapport har endast en undersökning gjorts i Skatfjärden. Sedimentprovtagning med totalt 5 kärnor och kartering med sidtittande sonar och sedimentekolod har utförts inom ramen för EUCON-projektet.

Figur 51. Skatfjärden.

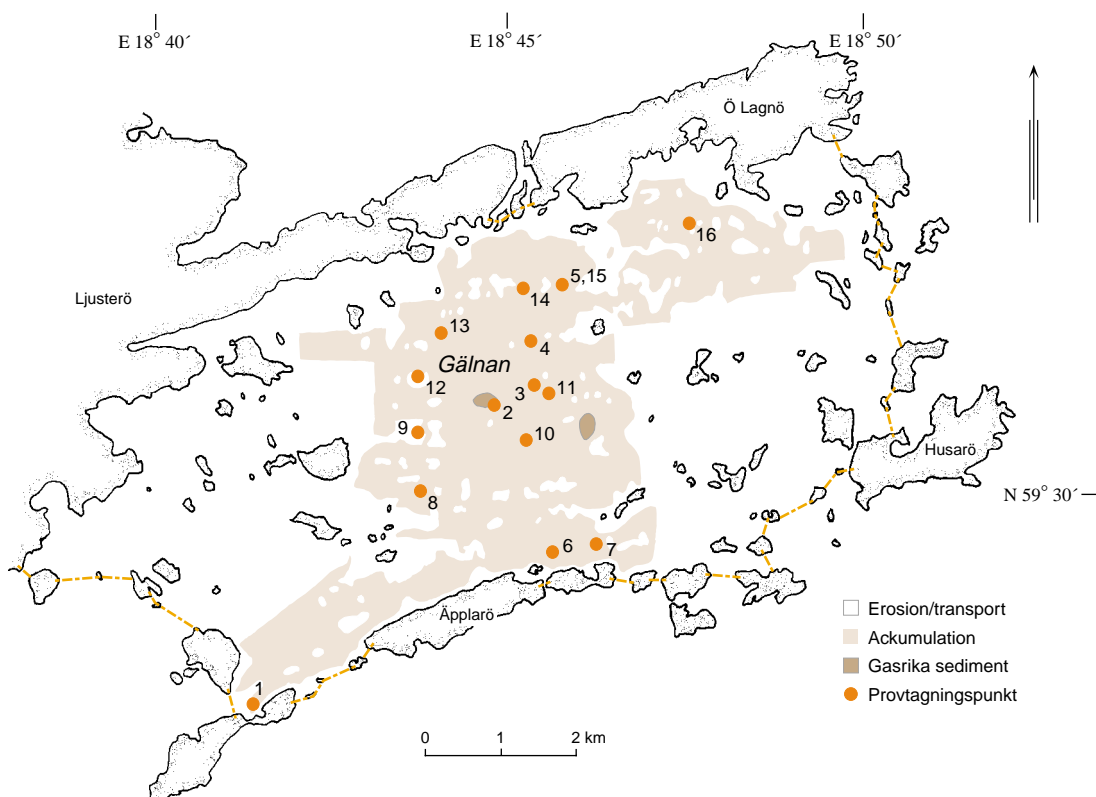


## GÄLNAN (2)

Öster om Ljusterö och söder om Östra Lagnö ligger den närmast fyrkantiga fjärden Gälnan, den största av de undersökta fjärdarna i Stockholms skärgård. Dess vattenyta sträcker sig över ett 32,4 km<sup>2</sup> stort område med varierande vattendjup. Det är en relativt grund fjärd med delvis mycket varierad botten-topografi och ett största vattendjup på ca 30 m. Av den totala vattenytarean utgörs 51,4 %, eller 16,7 km<sup>2</sup>, av A-botten. Gasrika sediment finns på 0,12 km<sup>2</sup> av botten (figur 52). Den stora sammanhängande ackumulationsbotten genomskärs av ett mosaikartat mönster med små fläckar av ET-bottnar. Gälnan är ett relativt väl inneslutet område med många mindre öar och sund som avgränsning mot utanförliggande vatten, varför omsättningen av bottenvattnet, åtminstone tidvis, torde vara långsam. Liksom Skatfjärden kan området betraktas som mellanskärgård. Bebyggelsen i området är sparsam och främst lokaliserad till Östra och Västra Lagnö.

I samband med EUCON-projektet samt som del i ett examensarbete karterades Gälnan med sidtittande sonar och sedimentekolod vid två tillfällen. Inom ramen för båda undersökningarna utfördes även sedimentprovtagningar med sammanlagt 16 inhämtade kärnor.

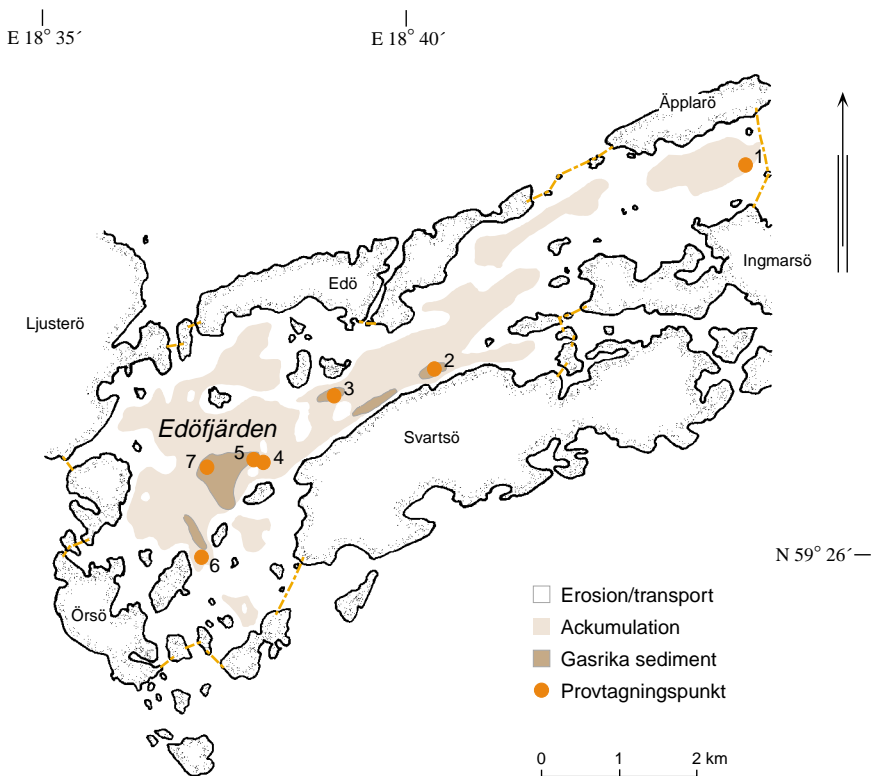
Figur 52. Gälnan.



### EDÖFJÄRDEN (3)

Söder om Gälnan sträcker sig Edöfjärden i en båge mellan öarna Äpplarö och Edö i norr, Ljusterö i väster, Örsö, Idholmen, Svartsö och Ingmarsö i söder, samt Skäret, Lundö, Bergskär och Nästholmen i öster. Fjärden har en varierad topografi och är på de flesta ställen inte djupare än ca 20 meter, men dess maximala vattendjup är enligt sjökortet runt 28 meter (längst ner i söder). Edöfjärden står i förbindelse med vattnen runt omkring via många små, trånga sund och dess vattenyta täcker ett 16,8 km<sup>2</sup> stort område. A-bottenarean är fördelad på en stor och några mindre ytor, vilka tillsammans utgör 40 % av vattenytarean. Av A-bottenen innehåller 3 % (0,5 km<sup>2</sup>) gasrika sediment (figur 53), fördelade på fem åtskilda fläckar. Bebyggelsen är sparsam och består i första hand av fritidshus.

Under kursen ”Östersjön från kust till hav” 1997 utfördes en kartering i Edöfjärden med sidtittande sonar och sedimentekolod, samt en sedimentprovtagning med totalt 6 insamlade kärnor (Anonymous, 1997).

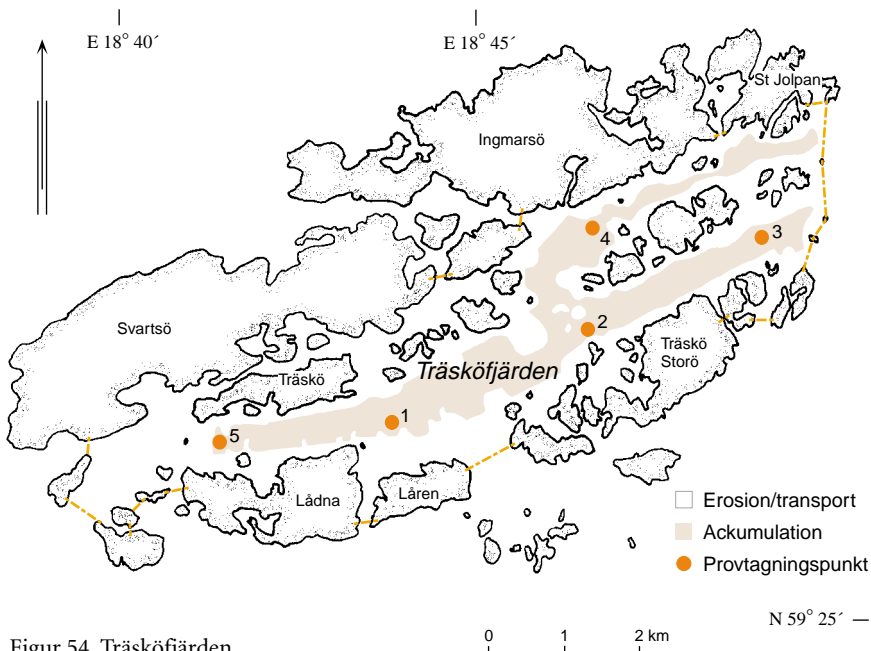


Figur 53. Edöfjärden.

## TRÄSKÖFJÄRDEN (4)

Söder om och nästan parallellt med Edöfjärden ligger Träsköfjärden, en långsmal (i sydväst till nordost) fjärd utan större variationer i botten-topografin. Det största djupet, på omkring 40 meter, finns i den norra änden av området. Fjärden avgränsas av ett antal mindre öar, av vilka Ingmarsö, Lådna och Träskö Storö är de största. Mellan Svartsö och Lådna är gränsen dragen via Björkholmen och Stora Hästnacken och därefter fortsätter avgränsningen från Lådna till Lären, vidare över Kåpholmen och Lindholmen till Stor Träskö. Från Träskö går avgränsningen via Stora Huvudholmen, Brunskäret, Stora Kalholmen och Söderholmarna upp till Stora Jolpan och därefter till Ingmarsö. Gränsen mellan Svartsö och Ingmarsö går via Söderön. Det djupaste och bredaste sundet mot omkringliggande vatten är öppningen mellan Lären och Kåpholmen, där vattendjupet är ca 40 meter. Vattenutbytet med Möja Västerfjärd torde periodvis vara relativt omfattande. Träsköfjärdens vattenyta täcker ett 13,6 km<sup>2</sup> stort område och A-bottenarean, vilken utgör knappt 40 % av vattenytans area, sträcker sig som en tvehövdad gaffel i fjärdens längdriktning (figur 54). Bebyggelsen är sparsam och utgörs till största delen av fritidshus.

Träsköfjärden har karterats med sidtittande sonar och sedimentekolod inom ramen för EUCON-projektet. Samtidigt genomfördes en sediment-provtagning med totalt 5 kärnor.



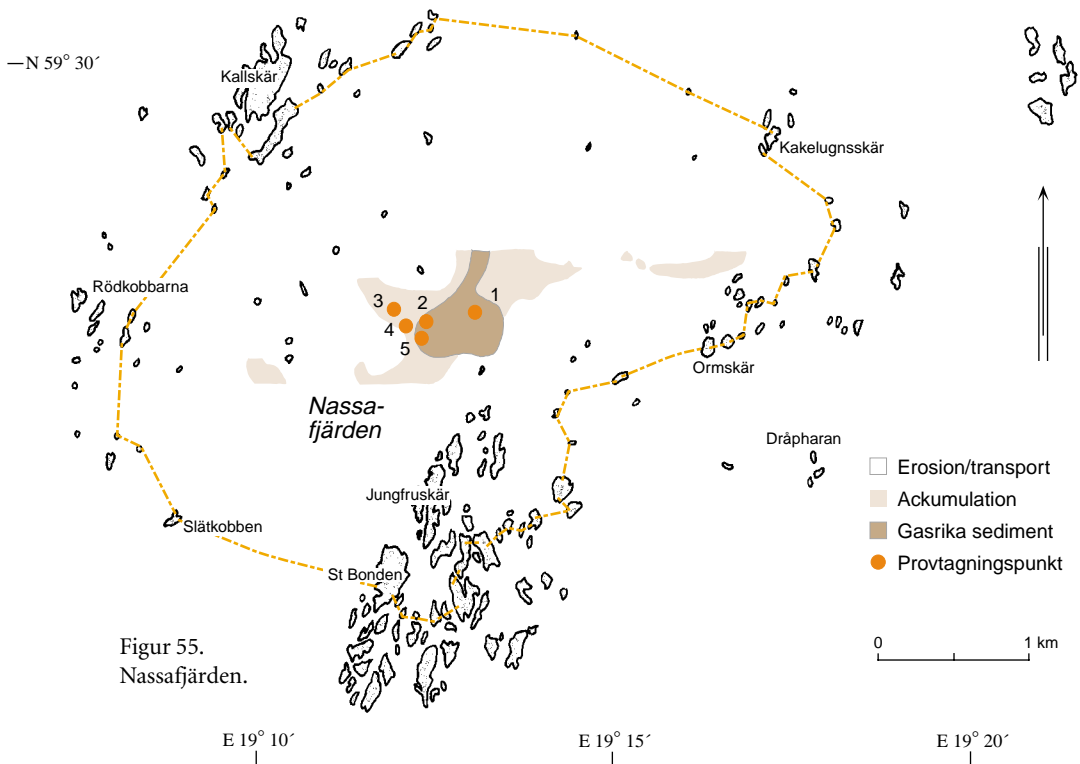
Figur 54. Träsköfjärden.



## NASSAFJÄRDEN (5)

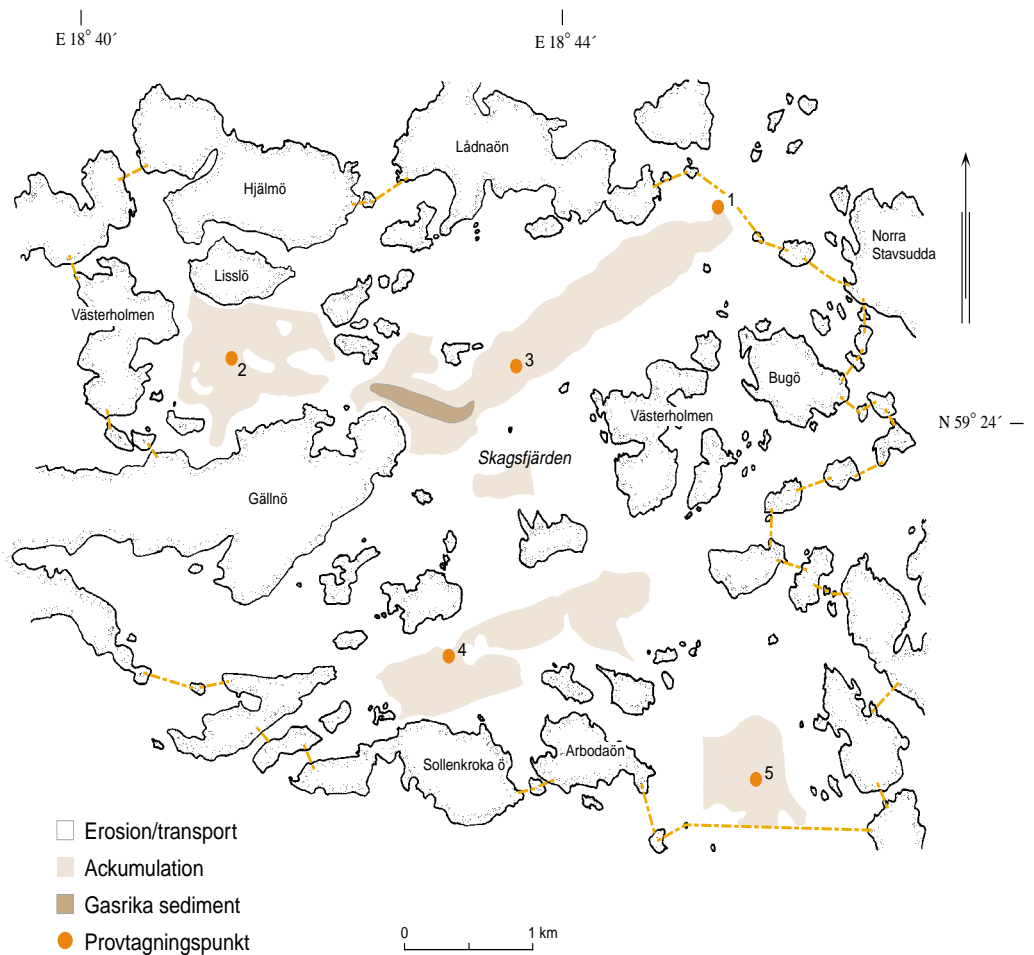
Nassafjärden är belägen i yttersta havsbandet, strax väster om Svenska Hörgarna. Vattendjupet varierar kraftigt inom området, med många grynnor och däremellan lokala djuphålor ner mot 70 meter. Fjärden har inte några naturliga avgränsningar, varför vi har valt att beräkna vattenarean utgående ifrån undersökningsområdet, vilken har formen av en rektangel (figur 55). Bristen på avgränsande öar och grund gör sannolikt också att utbytet med omkringliggande vatten är stort. Området karaktäriseras av stora vattenytor, omgärdade av grupper med många små, obebyggda öar med sparsam växtlighet och ett djurliv som präglas av närhet till öppet hav. Området besöks sommartid flitigt av fritidsbåtar, men uppvisar i övrigt en mycket liten mänsklig påverkan. Den bottenodynamiska kartan över fjärden (figur 56) visar en total vattenytearea på 7,0 km<sup>2</sup>. A-bottenarean är fördelad på en större, centralt belägen yta och på två mindre och utgör sammanlagt drygt 40 % av vattenytans area. Utbredningen av gasrika sediment täcker ett 0,88 km<sup>2</sup> stort område.

Nassafjärden karterades 1997 med sidtittande sonar och sedimentekolod under kursen ”Havets bottenar från kust till utsjö” (Anonymous, 1997). Under kursen genomförde också en sedimentprovtagning (totalt 5 kärnor).



## SKAGSEFJÄRDEN (6)

Skags- och Näsefjärden har vi i denna rapport kallat för Skagsfjärden. Området ligger i den mellersta delen av Stockholms skärgård, har en omväxlande topografi och en total vattenyta på 10,4 km<sup>2</sup>. Fjärdens avgränsning går från Gällnö, via yttre Skötholmen, Gåsskäret och Västerholmen till Hjälmö och vidare över Lådnaön, Tjockholmen, Norra Stavsudda, Bugö och Västerholmen. Därefter fortsätter avgränsningen via Bockholmen, Stora Kilskäret och Träskö till Ytterö, Rönningsö och vidare via Arbodaön, Sollenkroka ö, Samsholmen och Galtholmen till Gällnö. A-bottenarean, vilken är fördelad på fem olika stora ytor, utgör drygt 30 % av vattenytan och därav täcker de gasrika sedimenten ett 0,11 km<sup>2</sup> stort område (figur 56). Skagsfjärden har flera mindre delbassänger, åtskilda och begränsade av ett antal öar och vattendjupet varierar både mellan och inom bassängerna.



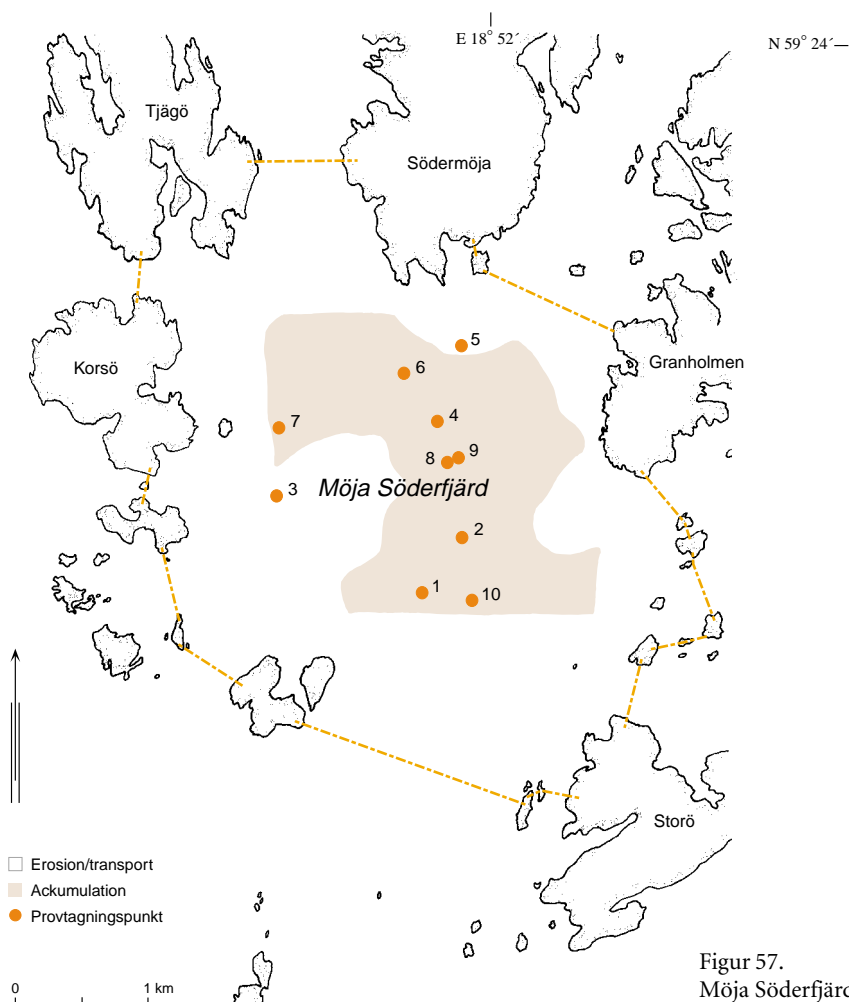
Figur 56. Skagsfjärden.

De djupaste delarna har ett vattendjup på ca 50 m. Sundet mellan Tjockholmen och Norra Stavsudda är det största och djupaste (40 m djup och över 1 km bred) förbindelsen med omkringliggande vatten. Den sparsamma bebyggelsen utgörs i första hand av fritidshus.

En sedimentprovtagning, med sammanlagt 5 kärnor, har utförts i Skagsfjärden inom ramen för EUCON-projektet, för vilket även en kartering med sidtittande sonar och sedimentekolod genomförts.

### MÖJA SÖDERFJÄRD (7)

Möja Söderfjärd är nästan rund till formen och ligger, vilket namnet antyder, söder om den stora ön Möja i Stockholms mellanskärgård. Fjärden är väl avgränsad österut mot Granholmen, Storö och Harö, liksom söderut mot Hasselö och i nordost mot Södermöja. I sydost öppnar sig Möja söder-



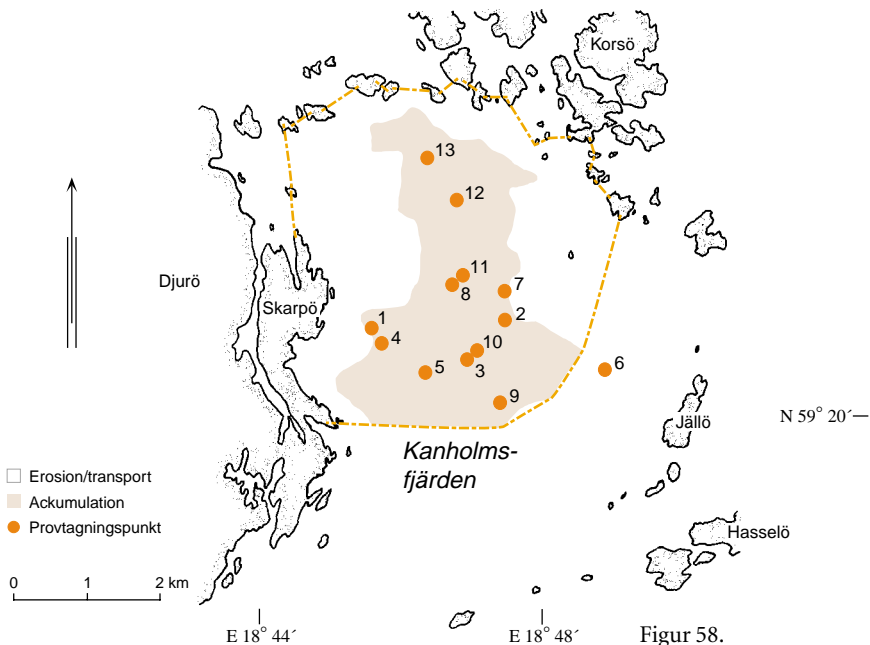
Figur 57.  
Möja Söderfjärd.

fjärd mot Kanholmsfjärden via, i första hand, sundet mellan Jällö och Fjäderholmen. Sundet är ca 1 km brett och 90–100 meter djupt (enligt sjökortet). I norr står fjärden i förbindelse med Möja Västerfjärd via det drygt halvkilometer breda och ca 100 meter djupa sundet mellan Tjägö och Södermöja. Möja Söderfjärd är djup, ca 105 meter som djupast och har ett större grundområde (Skottgrundet) i den södra delen och ett annat i den västra. Omsättningen av bottenvattnet är periodvis troligen relativt snabb. Möja Söderfjärds vattenyta täcker ett område på 7,6 km<sup>2</sup> och A-bottenarean i det karterade området är ungefär hälften så stor, eller 3,6 km<sup>2</sup> (figur 57). Sparsam fritidsbebyggelse finns kring fjärden.

Kartering med sidtittande sonar och sedimentekolod, samt sedimentprovtagning (totalt 10 kärnor) har utförts inom ramen för EUCON-projektet och i samband med kursen ”Östersjön från kust till hav” 1994 (Anonymus, 1994).

### KANHOLMSFJÄRDEN (8)

Kanholmsfjärden är en djup fjärd, med stor sammanhängande vattenyta och få öar, som ligger öster om Vindö och väster om Möja Söderfjärd. Fjärden avgränsas i norr av ett pärlband av öar: Lövggrund, Berggrund, Lilla Kanholmen, Ängsholmen, Klövholmen, Lilla Klövholmen, Furuskär, Rönningssö, Ören, Stora Skatholmen, Västra Delsholmen och Manskärsören. Gränsen mot Möja Söderfjärd i öster går från Manskärsören, via Fjärdhol-



Figur 58.  
Kanholmsfjärden.

men till Jällö. Undersökningsområdets gräns i söder går från Jällö rakt västerut till udden norr om Gässängsviken på Skarpö, men fjärden fortsätter söderut till sundet mellan Runö och Talatta på Djurö.

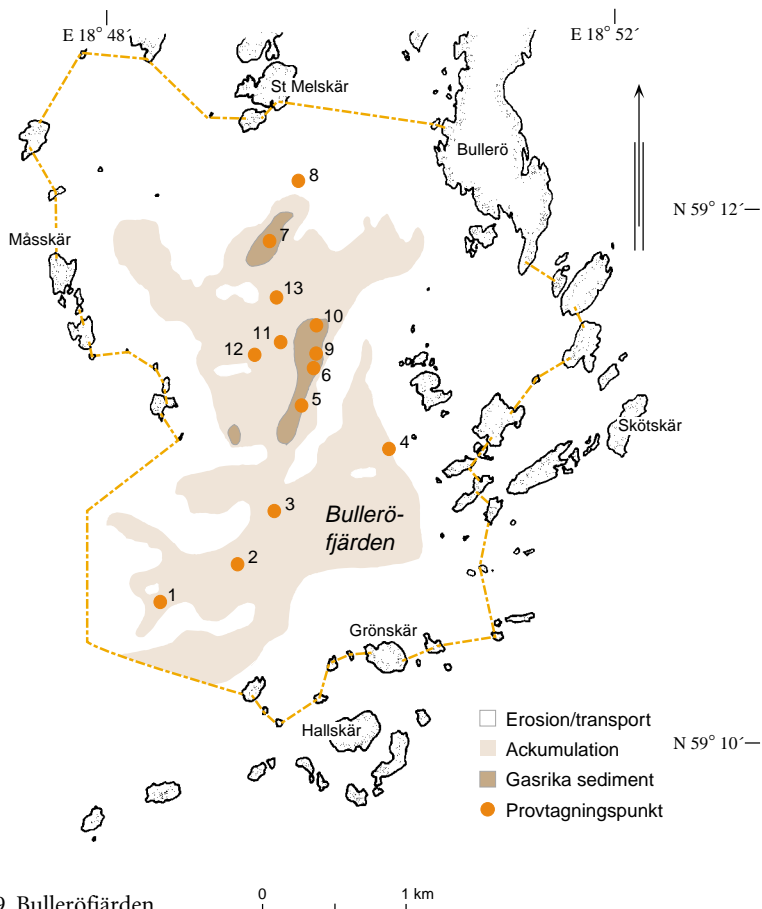
Bottnens topografi är relativt okomplicerad, men bitvis finns grundare områden. De största vattendjupen på över 100 meter finns i fjärdens centrala delar. Vattenytans area i det undersökta området är 16,5 km<sup>2</sup> och av den utgörs 47 % av en stor sammanhängande A-botten (figur 58). I öster öppnar sig Kanholmsfjärden mot Möja Söderfjärd främst via ett ca 1 km brett och 90–100 meter djupt sund mellan Jällö och Fjäderholmen och i söder står området i förbindelse med Rödkobbsfjärden via Eknösundet och med Nämndöfjärden via sundet mellan Runmarö och Fågelbrolandet. Omsättningen av bottenvatten i området är troligen tidvis relativt snabb. Fjärden får ett tillskott av näringsämnen via Djurhamns reningsverk (2000 personekvivalenter; Värmdö kommuns hemsida). Liksom många andra fjärdar ingår Kanholmsfjärden i Stockholm Vattens recipientkontrollprogram.

Av de sammanställda undersökningarna i denna rapport har tre genomförts i Kanholmsfjärden, dels inom ramen för EUCON-projektet och i samband med kursen ”Östersjön från kust till hav” 1992 och 1993 (Anonymous, 1992; 1993). Kartering med sidtittande sonar och sedimentekolod, samt sedimentprovtagning (totalt 13 kärnor) utfördes vid samtliga tillfällen.

### **BULLERÖFJÄRDEN (9)**

Bulleröfjärden, som är liten och oval till formen, är också den sydligaste av de fjärdar i Stockholms skärgård som presenteras i rapporten. Fjärden ligger i ytterskärgården, sydväst om Bullerön och har utbyte med omkringliggande vatten via många små sund, mellan ett gytter av mindre öar. Här har Bulleröfjärdens avgränsning dragits från Bullerön till Bäckskär, vidare över Ormskär, Hjärtskär, Grönskär, via Rönnören i en båge upp mot Alsundsgrynnan norrut mot Trätskär, Böteskobben, Rågskär och vidare över till Bullerön. Bottentopografien är varierad, medan stränderna är långgrunda och kantas av många smågrynnor. Det maximala djupet på ca 50 meter finns i den södra delen. I figur 59 åskådliggörs de olika bottenytornas utbredning. Vattenytans area är 9,4 km<sup>2</sup> och därav utgörs knappt 40 % av A-bottnar. Av A-bottnarna, vilka täcker en sammanhängande flikig yta med ett par insprängda ET-bottnar, utgörs 0,18 km<sup>2</sup> av gasrika sediment. Området är ett naturreservat och den mänskliga påverkan på området torde vara liten.

Kartering med sidtittande sonar och sedimentekolod, samt sedimentprovtagning (totalt 13 kärnor) har utförts i samband med kursen ”Östersjön från kust till hav” 1997 (Anonymous, 1997).



Figur 59. Bulleröfjärden.

## Södermanlands skärgård

### NÄSLANDSFJÄRDEN (1)

Näslandsfjärden är belägen i den nordligaste delen av Trosa skärgård, ca 10 kilometer söder om Södertälje. I norr gränsar Näslandsfjärden till Hallsfjärden (vid Brandalsund), i sydväst mot Stavbofjärden (vid Ulvsundet) på Mörköns västsida och i sydost mot Himmerfjärden (vid Skanssundet). De ovannämnda sunden är relativt smala och grunda (ca 10 m tröskeldjup). Den västra delen av Näslandsfjärden, på sjökortet benämnd Järnafjärden, är förhållandevis grund (som mest 10–12 m) medan den östra delen ka-

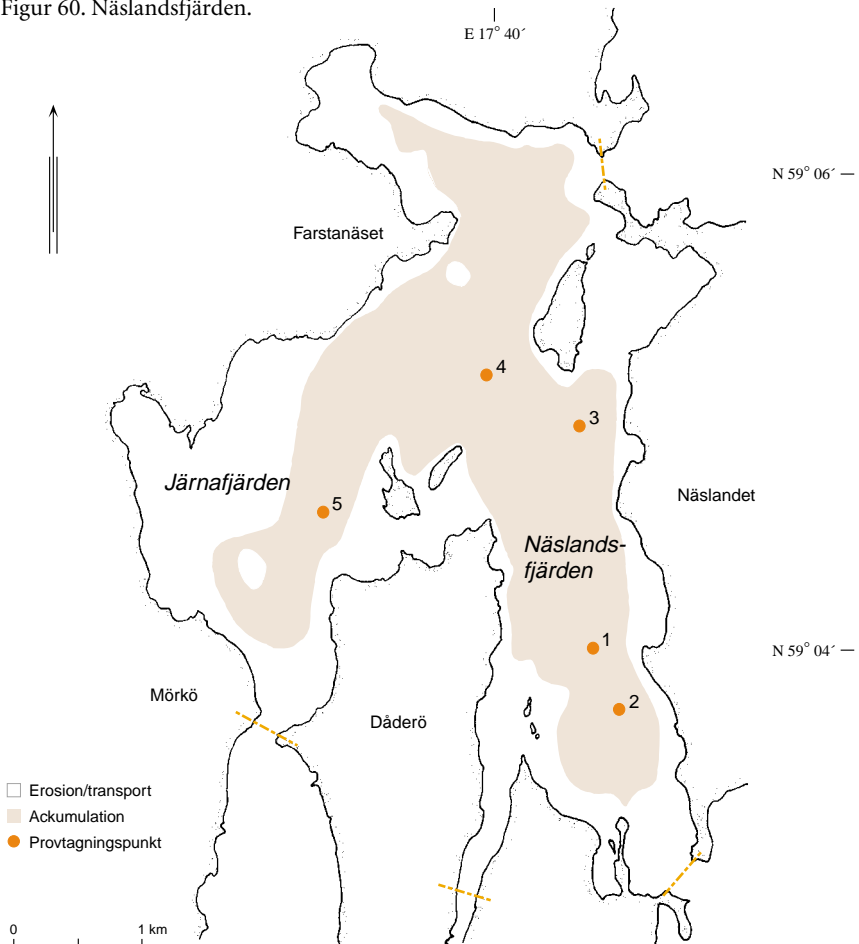
raktäriseras av stora områden med djup som överstiger 30 meter. Det maximala djupet i fjärden är 39 meter och vattenytan har en area av 13,8 km<sup>2</sup>.

Näslandsfjärden belastas av stora mängder näringsämnen från Södertäljeområdet (industrier och kommunala reningsverk). I Himmerfjärden är dessutom ett stort reningsverk beläget (se sid 87), varför en viss intransport av näringsrikt vatten från detta område torde ske.

Topografin i fjärden är tämligen okomplicerad och i figur 60 ser man att ett mycket stort och sammanhängande område med A-bottnar karaktäriserar Näslandsfjärden. A-bottnarna utgör nästan hälften av vattenytans area (49 %).

Karteringen och sedimentprovtagningen (totalt 5 sedimentkärnor) har utförts på kursen ”Östersjön från kust till hav” vid Uppsala universitet (Anonymus, 1996).

Figur 60. Näslandsfjärden.



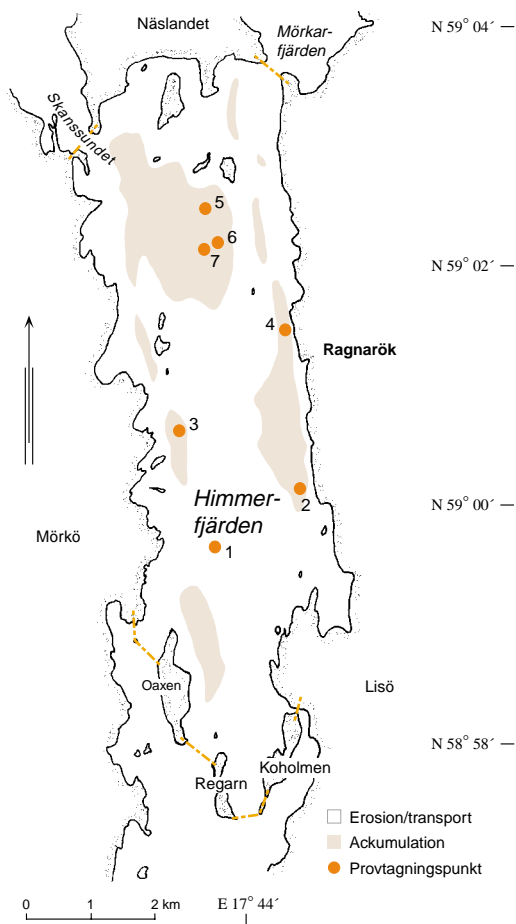
## HIMMERFJÄRDEN (2)

I Näslandsfjärdens sydöstra del tar Himmerfjärden vid. Avgränsningen i nordväst löper tvärs över Skanssundet, i nordväst vid Uddsundet in mot Mörkarfjärden och i södra delen av en linje mellan Tunanäs på Mörkösidan via Oaxen och Regarn över till Koholmen och Lisölandet på Södertörn. Båda sunden i norr är relativt smala med tröskeldjup på 10–20 m. I södra delen finns väldefinierade trösklar på mellan 5 och 14 m. Topografin i området är relativt komplicerad med såväl stora och djupa partier som öar och grynnor. Vattenytans area är 28,4 km<sup>2</sup>. Stora delar av fjärden karaktäriseras av djup på 25–30 m, och det maximala djupet på 46 m återfinns strax norr om ön Oaxen.

Himmerfjärdsverket, som sedan 1974 varit recipient för en stor del av Stockholms renade avloppsvatten, är beläget på Näslandet i den norra delen av fjärden. Verket renar vatten från ca 250 000 människor. Genom fjärden går även den tättrafikerade farleden in till Södertälje hamn och Mälaren.

Jämfört med den angränsande Näslandsfjärden är botten dynamiken mer komplicerad i Himmerfjärden (figur 61). Stora sammanhängande ackumulationsbottnar finns i den norra delen och längs ostsidan i de mellersta delarna. Totalt utgörs 21 % av fjärden av A-bottnar.

Karteringen och sedimentprovtagningen (totalt 7 sedimentkärnor) har utförts på kursen ”Östersjön från kust till hav” vid Uppsala universitet (Anonymus, 1996).



Figur 61. Himmerfjärden.



### TVÄREN (3)

Den kraterformade fjärden Tvären avgränsas i öster och söder av öarna Sävö, Långön, Ringsön, Stora och Lilla Bergö samt Tranholmen. Sunden som skiljer Tvären från omgivande vatten är i regel smala och grunda, med undantag för sundet mellan fastlandet och Sävö (ca 20 m djupt) och sunden i söder (ca 15 m tröskeldjup). De centrala delarna av Tvären är mycket djupa, med stora arealer som är djupare än 50–60 meter och ett maximalt djup på 76 meter. Vattenytans area är relativt stor, 16,4 km<sup>2</sup>.

Viss bebyggelse finns längs stränderna vid Tvären, men den största påverkan i form av näringsämnestillförsel torde komma från samhället vid Studsvik, som är beläget vid fjärdens östra strand.

Den bottendynamiska kartan över Tvären visar att större delen utgörs av A-bottnar (figur 62), motsvarande 59 % av fjärdens vattenyta. Denna siffra är relativt osäker p g a svårigheter att tolka sonarremsonerna eftersom en svepvidd på 400 meter använts samt att fjärden ej karterats fullständigt, framför allt i den nordöstra delen. Detta förklarar det något märkliga utseendet på den bottendynamiska kartan (figur 62).

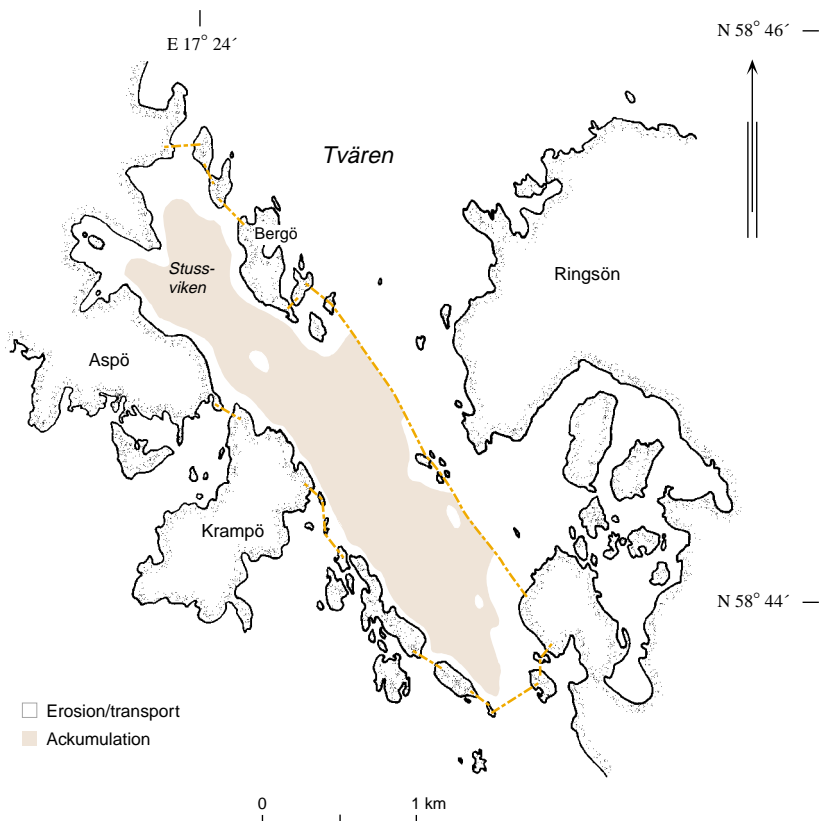


Figur 62. Tvären.

Karteringen och sedimentprovtagningen (5 stationer) har utförts inom ramen för EUCON-projektet.

#### STUSSVIKEN (4)

Omedelbart söder om Tvären ligger den avlånga Stussviken, orienterad i nordväst-sydöstlig riktning. Topografin är relativt enkel med 15–20 meter vattendjup i den nordvästra halvan av fjärden och 25–30 meter i den sydöstra. Ett mindre antal grynnor finns i viken, och dessa är framförallt belägna i de östra delarna. Som nämnts ovan är sunden som gränsar mot Tvären relativt stora men ej särskilt djupa (ca 15 m tröskeldjup). De fyra sunden som avgränsar Stussviken i de södra delen är samtliga både smala och grunda (< 10 m tröskeldjup). Därmed kan man anta att vattenomsättningen mellan Tvären och Stussviken är relativt effektivt, medan utbytet med Slotts-djupet i söder är mer begränsat. Stussviken, med en vattenyta på drygt 3 km<sup>2</sup>, är det minsta av de undersökta områdena i Södermanlands skärgård. Stussvikens närområde kan karaktäriseras som oexploaterat, med endast ett fåtal hus.



Figur 63. Stussviken.

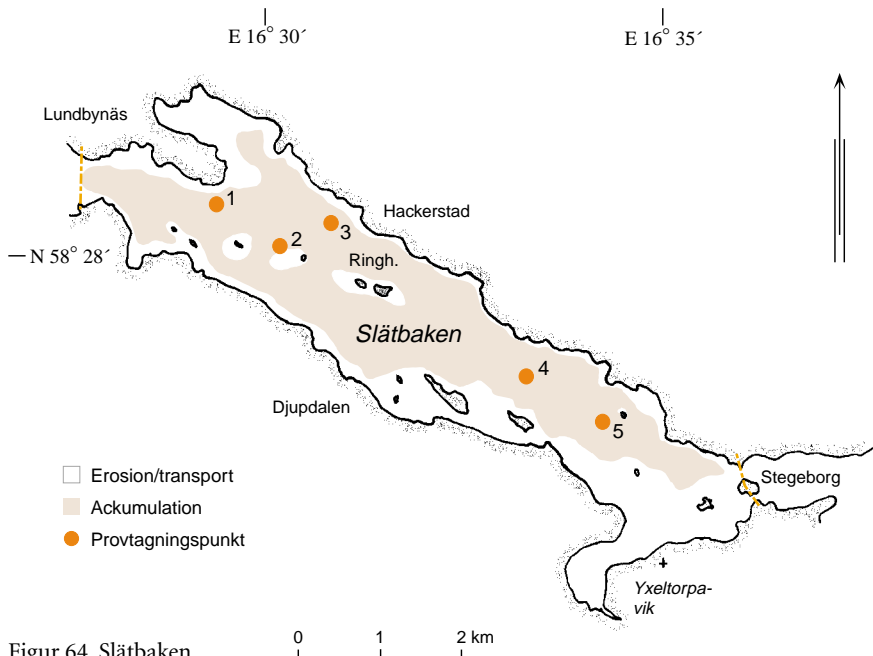
Av figur 63 framgår att ackumulationsbottnar dominerar i viken. I princip alla bottnar belägna djupare än ca 10 meter är A-bottnar och endast några mindre partier med ET-bottnar finns inom det stora sammanhängande ackumulationsområdet. Totalt utgörs hela 66 % av viken av A-bottnar.

Karteringen har utförts inom ramen för EUCON-projektet. Inga sedimentkärnor har dock tagits i området.

## S:t Anna och Gryts skärgårdar

### SLÄTBAKEN (1)

Slätbaken är belägen allra längst upp i den nordvästra delen av S:t Annas innerskärgård. Fjärden avgränsas ut mot den utanförliggande Merumsfjärden av en mycket smal och grund tröskel vid Stegeborg. Tröskeldjupet är ca 6–7 meter djupt medan det maximala djupet inne i fjärden är 50 meter (beläget i fjärdens centrala del). Slätbaken, som är orienterad i nordväst-sydöstlig riktning, har mycket branta stränder längs förkastningen på den norra sidan medan den södra stranden är betydligt mer långgrund. Vattenytan har en area av 13,2 km<sup>2</sup>.



Figur 64. Slätbaken.

Bebyggelsen längs stränderna är relativt sparsam. Längst upp i nordväst mynnar Söderköpingsån med en medelvattenföring på 5 m<sup>3</sup>/s (Bergstrand, 1987). Ån avvattnar jordbruksbygder vilket medför att näringstillförseln är stor. Exempelvis uppmätte Bergstrand (1987) mycket starkt förhöjda kvävehalter i ytvattnet i Slätbaken sommaren 1985.

Bottendynamiken i området är relativt okomplicerad (figur 64). På djup större än ca 10–15 meter återfinns ackumulationsbottnar, och av figur 65 framgår att några mindre partier av ET-bottnar endast finns runt öar och skär, framför allt i de norra delarna. Hela 57 % av fjärden utgörs av A-bottnar, men siffran är något osäker på grund av svårigheter att tolka sonarremssorna eftersom en svepvidd på 400 meter använts. Sannolikt skulle även gasrika sediment kunna upptäckas i området om en kortare svepvidd användes.

Karteringen och sedimentprovtagningen (5 stationer) har utförts inom ramen för EUCON-projektet.

## LÖNSHUVUDFJÄRDEN (2)

Denna stora fjärd (43 km<sup>2</sup>) sträcker sig i nordost-sydvästlig riktning från Trännöfjärden i sydväst upp till Arkö i nordost (figur 65). Området karaktäriseras av en relativt komplicerad topografi med många grynnor men även stora arealer bottnar djupare än 10–15 m med goda förutsättningar för sedimentation av finmaterial. Områdets djupaste del (44 m) ligger söder om Arkö. I områdets södra och mellersta del är det maximala djupet 28 m. Österut angränsar Löns huvudfjärden mot öppna havet.

Den södra delen av fjärden omgärdas av stora öar som Yxnö, Risö, Äspholm, Stora Rimmö samt Djursö. Denna del karaktäriseras av en relativt enkel topografi med trösklar mot omgivande områden. Stora bottenarealer är djupare än 10–15 m och det djupaste partiet finns mellan Äspholm och Stora Rimmö (23 m).

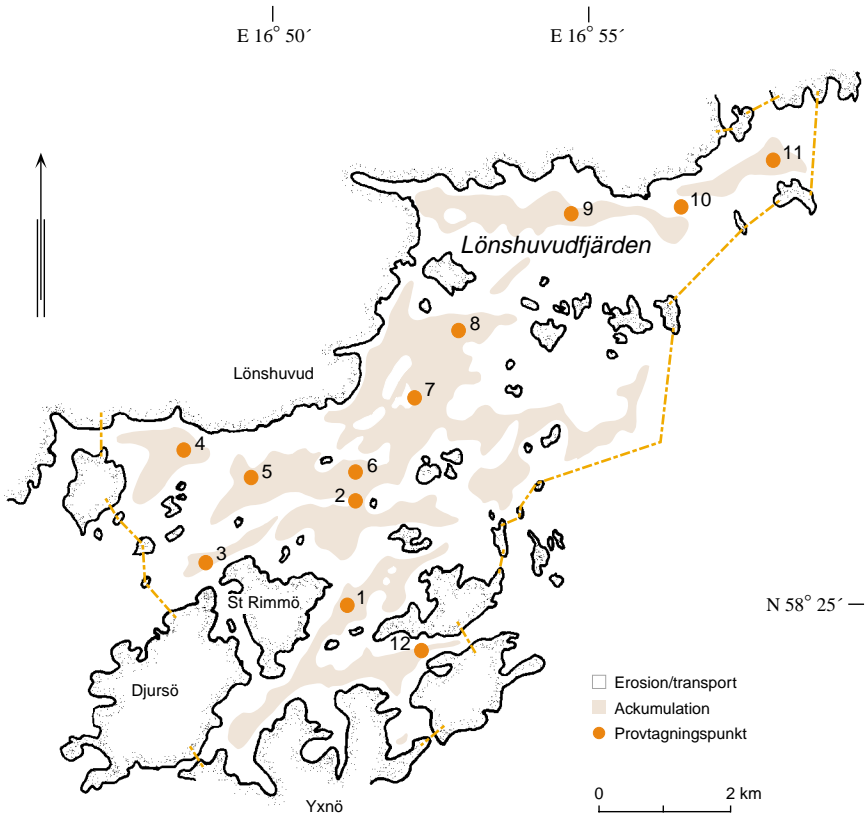
Mätningar av Bergstrand (1987) visade på haltförhöjningar av åtminstone kväve i ytvattnet men ingen syrgasbrist i djupvattnet. Viss bebyggelse finns i fjärdens närområde.

Den brutna topografien i Löns huvudfjärden ger upphov till relativt mosaikartade sedimentförhållanden. Figur 65 visar dock att ackumulationsbottnar finns på relativt stora ytor (29 %). Den komplexa topografien med flera delbassänger med många små öar och grynnor försvårade emellertid upprättandet av kartan liksom fältkarteringen. Yttäckningen får dock betraktas som bra med tanke på antalet grynnor i området samt att fartygets djupgående är 3 m.

Inom Löns huvudfjärden har 12 sedimentkärnor tagits. Av dessa är 3 att karaktärisera som erosions- eller transportbottnar. I den sydvästra halvan av fjärden finns områden med tydligt laminerade sediment på 17–32 me-

ters djup (station 1, 6, 7 och 12) medan erosions- och transportbottnar förekommer på 40–50 meters djup i den nordostliga delen alldeles söder om Arkösund.

Kartering och sedimentprovtagning har utförts inom ramen för en utredning på uppdrag av Länsstyrelsen i Östergötland (Jonsson och Persson, 1996).



Figur 65. Lönshuvudfjärden.

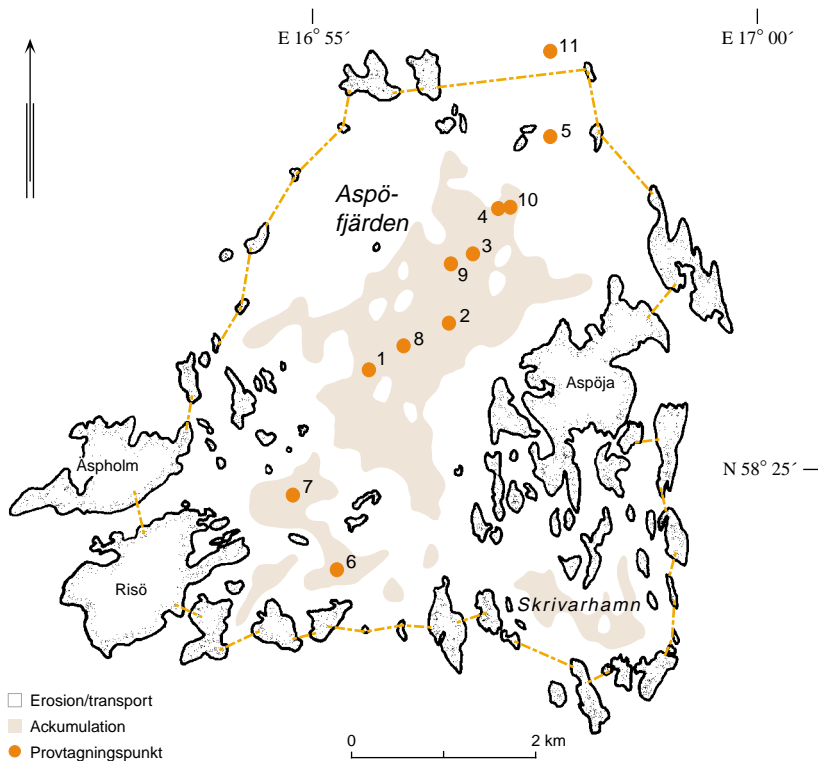
### ASPÖFJÄRDEN (3)

Aspöfjärden ligger omedelbart söder om den östra delen av Lönshuvudfjärden och avgränsas österut mot öppna havet av en relativt tät skärgård. Området har en komplicerad topografi med en stor mängd små öar och grynnor. På flera håll finns dock större sammanhängande bottnar med djup som överstiger 15–20 meter. Fjärdens maximala djup på 28 meter är beläget i den norra delen. Vattenytan har en area av 17,4 km<sup>2</sup>.

Den centrala delen av fjärden utgörs till större delen av ackumulationsbottnar (figur 66). I närheten av öar samt runt grund återfinns dock bottenar av hårdare karaktär. Ackumulationsområden finns även i djuphålan ost Risö samt i den lilla fjärden syd Aspöja som benämns Skrivarhamn. Infarten till Skrivarhamn är mycket grund varför fjärden ekolodades med en mindre båt med ett enkelt skrivande ekolod (Lowrance X-15). I övrigt består Aspöfjärden mest av grunda partier med öar och grynnor med hårdare bottenar emellan. Den norra delen av fjärden (nordost Jungfrusalen) består av erosions- och transportbottnar trots djup som på flera ställen överstiger 20 meter. Orsaken till detta torde vara relativt starka strömshastigheter ända ner mot botten. Den totala andelen A-bottnar i området är 32 %.

På Aspöfjärden har totalt 10 kärnor insamlats. Endast i tre av kärnorna (från fjärdens sydvästra delar) har på några nivåer tydliga lamineringar hittats med varvtjocklekar på 2–5 mm. I övrigt är sedimenten genomgående bioturberade.

Undersökningen i fjärden har dels utförts inom ramen för en utredning på uppdrag av Länsstyrelsen i Östergötland (Jonsson och Persson, 1996), dels på kursen ”Östersjön från kust till hav” vid Uppsala universitet (Anonymus, 1995).

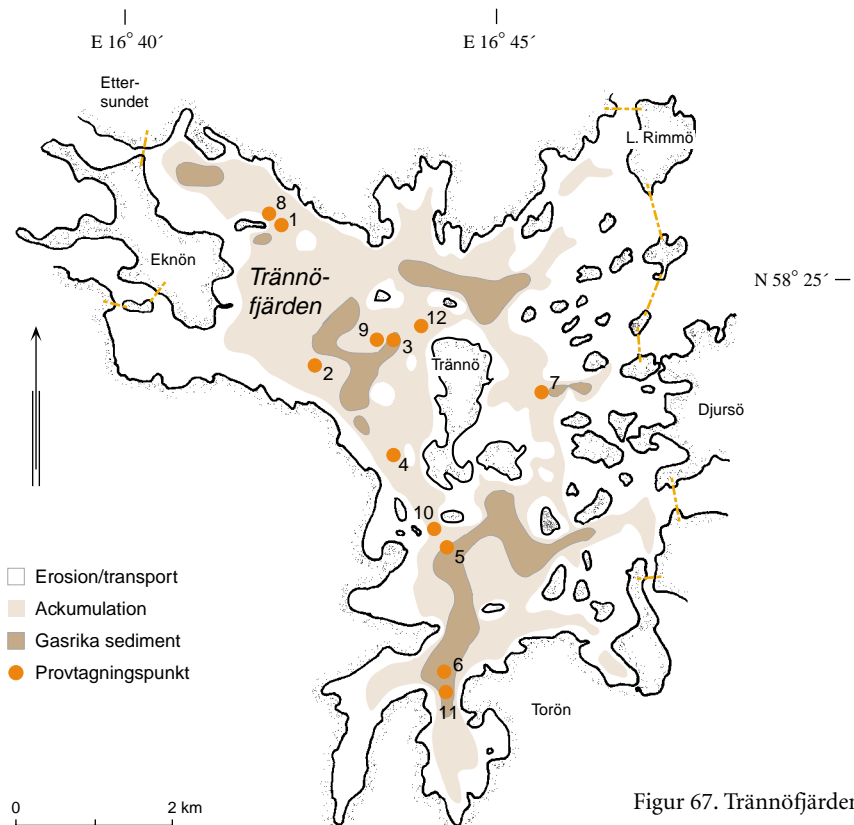


Figur 66. Aspöfjärden.

## TRÄNNÖFJÄRDEN (4)

Trännöfjärden är en relativt stor tröskelfjärd (31 km<sup>2</sup>), belägen i mynningen av Slätbaken och Merumsfjärden, som båda är recipienter för Söderköpingsåns vatten. Ån avvattnar jordbruksbygder varför transporten av näringsämnen tidvis kan vara betydande. Området avgränsas österut av en relativt tät skärgård som fungerar som ett effektivt energifilter, vilket troligen medför en begränsad vattenomsättning och därmed goda betingelser för sedimentation av finmaterial. Fjärden är tämligen grund med ett maximalt djup på 19 meter och topografin är förhållandevis enkel med endast ett fåtal grynnor. Tidigare underökningar har visat att området karaktäriseras av stora arealer ackumulationsbottnar, haltförhöjningar av både kväve och fosfor i ytvattnet samt relativt låga syrgashalter i bottenvattnet (Bergstrand, 1987; Wallin et al., 1992). En del hus finns i Trännöfjärdens närområde, men dessa antas inte ha någon nämnvärd påverkan på fjärden.

Även figur 67 visar tydligt att merparten av Trännöfjärdens bottnar utgörs av ackumulationsområden (48 %). Det är i princip endast in mot stränderna samt runt öar och grund som hårdare bottnar uppträder. Fjärden fungerar således som en effektiv sedimentfälla.



Figur 67. Trännöfjärden.

En intressant iakttagelse kan göras i sedimenten från Trännöfjärden. I sedimentekogrammen finner man över betydande arealer tydliga svärtningar av de recenta sedimenten, vilket är en indikation på gasrika reducerade sediment. I figur 67 har den ungefärliga utbredningen av denna bottenlagts in. Uppskattningarna bygger uteslutande på ekogram, och innehåller därför en betydande osäkerhet eftersom ekogrammen endast redovisar situationen längs de karterade transekterna, rakt under fartyget. Emellertid har vi även i sonarbilderna indikationer på att dessa gasrika sediment avspeglar sig som svärtningar på papperet, vilket normalt indikerar hårda bottenar. Vid en eventuell ytterligare studie av Trännöfjärdens bottenar bör därför denna bottenlag specialstuderas då den sannolikt innehåller den bästa historiska informationen. Det är dock uppenbart att laminering uppstår även i områden som inte har denna karaktäristiska svärtning av ekogrammen. Andelen gasrika sediment har uppskattats till 21 % av A-bottenarna.

I Trännöfjärden har totalt 12 sedimentkärnor tagits (figur 67). Trots de måttliga vattendjupen (10–20 m) är alla mer eller mindre tydligt laminerade. Undersökningen i fjärden har dels utförts inom ramen för en utredning på uppdrag av Länsstyrelsen i Östergötland (Jonsson och Persson, 1996), dels på kursen ”Östersjön från kust till hav” vid Uppsala universitet (Anonymus, 1995) och dels inom ramen för EUCON-projektet.

### KÄRRFJÄRDEN OCH HAFJÄRDEN (5)

Utanför öarna Yxnö och Norra Finnö ligger de två relativt stora fjärdarna Kärrfjärden och Hafjärden. Deras sammanlagda area är hela 45,6 km<sup>2</sup>. Fjärdarnas topografi är komplicerad med en mängd delbassänger och hundratal små öar och grynnor. Trots att fjärdarna ligger långt ut i havsbandet är läget skyddat på grund av den täta utanförliggande skärgården. En undersökning av Bergstrand (1987) visade på märkbar haltförhöjning av kväve i Hafjärden samt problem med syrgasbrist i bottenvattnet (dock endast en provtagningspunkt). Trots en del hus kan området betraktas som relativt oexploaterat.

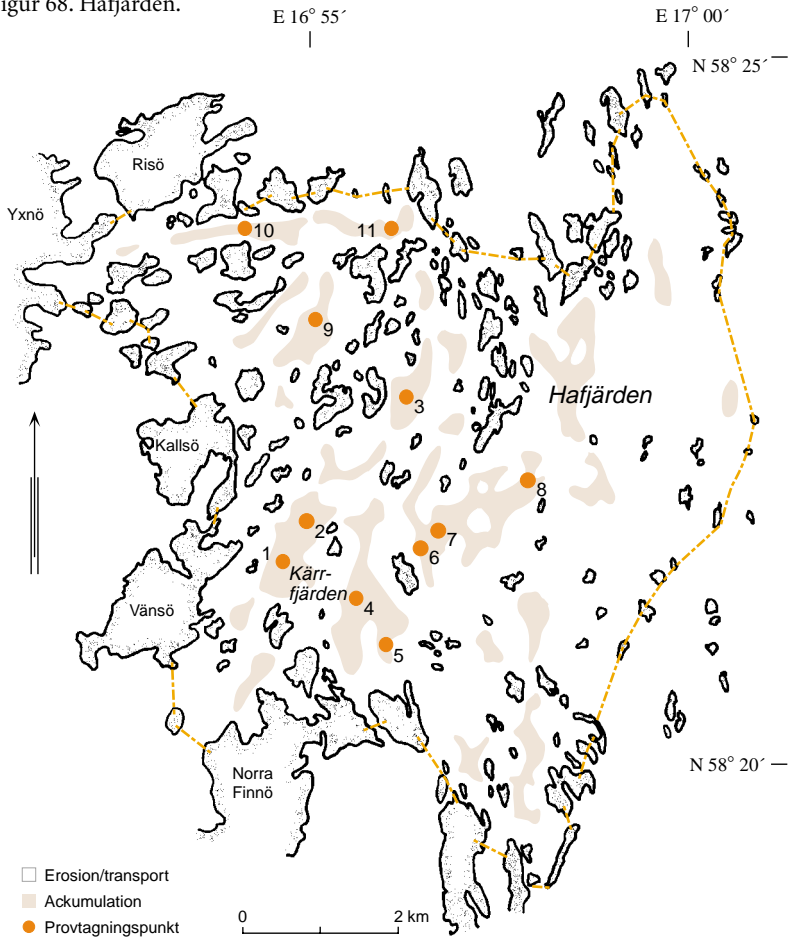
Området öster om en linje mellan Kallsö och Risö, dvs området norr om Kärrfjärden (figur 68), består egentligen av tre mindre delbassänger med mellanliggande öar och grynnor. Maximala djupet i de tre delområdena är 10, 16 respektive 14 m. Mot angränsande fjärdar finns relativt grunda trösklar. Mätningar av Bergstrand (1987) visade på ansträngda syrgasförhållanden i djupvattnet (sommaren 1985). Delbassängernas skyddade läge medför goda förutsättningar för ackumulation av finmaterial så länge djupet överstiger ca 8–10 m (figur 68). Dessa områden återfinns således i de få djuphålur som finns i regionen. Merparten av ytan i området täcks emellertid av öar och hårdare bottenar.



Kärrfjärden är relativt grund med maximala djup på 16–18 meter i de olika delbassängerna, som generellt är åtskilda av relativt grunda trösklar. Figur 68 visar att ackumulationsbottnar uppträder på flera håll men att inga riktigt stora sammanhängande arealer återfinns. Figuren visar vidare att en relativt stor andel utgörs av öar och hårbottnar. Områdets komplicerade topografi gjorde karteringen mycket besvärlig. I delarna söder om Dänningskär (i fjärdens allra sydligaste del) kunde t ex endast en liten båt användas för bottenkarteringen. Här och var torde små lokala ackumulationsbottnar som ej kunnat täckas in vid vår kartering kunna uppträda. Utbredningen av dessa är dock troligen liten.

Hafjärden är trots läget i ytterskärgården mycket skyddad p g a den täta utanförliggande skärgården. Fjärden präglas av en mycket varierad topografi med flera mindre isolerade djuphålor med maximala djup runt 18–20 m. Liksom i Kärrfjärden finns ackumulationsbottnar på flera håll, dock med

Figur 68. Hafjärden.

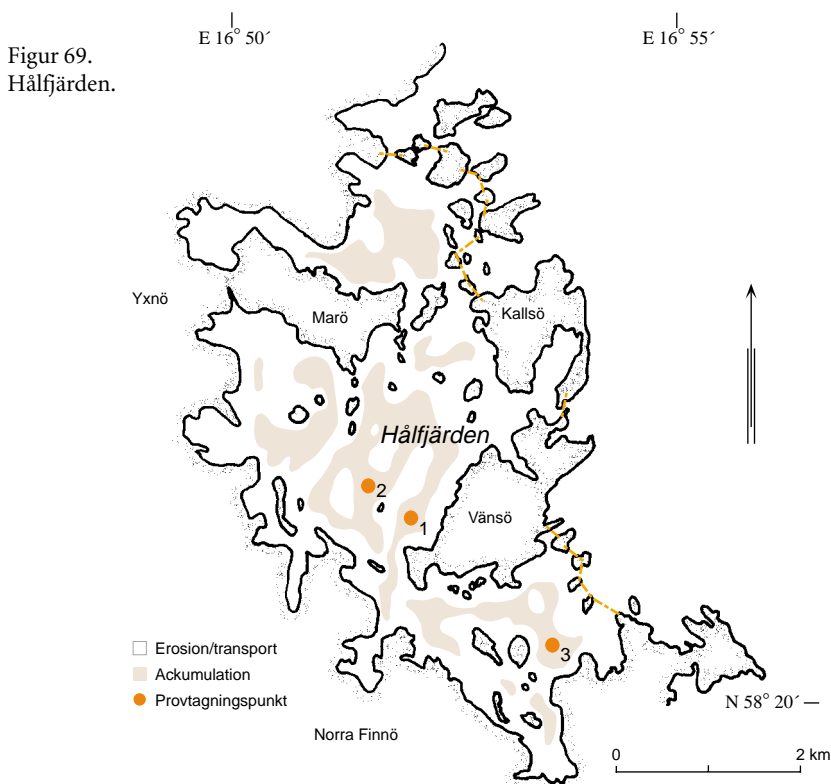


ett mosaikartat utseende utan några större sammanhängande arealer. Inne på Hafjärden i djuphålan (ca 20 m) mellan Tryskären och Röbraskär återfanns ett område med till synes mäktiga och gasrika sediment av samma typ som identifierats inne på Trännöfjärden, men som är mycket sällsynta i mellanskärgården. Ytterligare en sådan sedimentficka hittades på ett djup av ca 18 m strax ost-sydost om Lammskär/Skogsbötearkipelagen. Några sedimentkärnor har dock inte tagits inom dessa områden. Vi bedömer dock att sannolikheten är stor att sedimenten här är laminerade och således kan utgöra ett gott historiskt arkiv för ytterskärgården i S:t Anna-området.

Den totala andelen ackumulationsbottnar i Kärrfjärden och Hafjärden har beräknats till 15 % och totalt 11 sedimentkärnor har insamlats. Undersökningen har utförts inom ramen för en utredning på uppdrag av Länsstyrelsen i Östergötland (Jonsson och Persson, 1996).

### HÄLFJÄRDEN (6)

Denna fjärd avgränsas västerut av den stora ön Yxnö och söderut av Norra Finnö. Hela området ligger mycket skyddat och har grunda trösklar mot de utanförliggande Kärr- och Hafjärdarna. Dessa trösklar torde effektivt dämpa



utbytet av vatten med utanförliggande områden. Fjärden är grund (maximala djupet är 12 m) och rik på grynnor och grundområden. Vattenytans area är 13 km<sup>2</sup>. Håltförhöjningarna av såväl kväve som fosfor var påtagliga i ytvattnet i mitten på 1980-talet enligt Bergstrand (1987). Samma undersökning visade även på syrgasbrist i bottenvattnet.

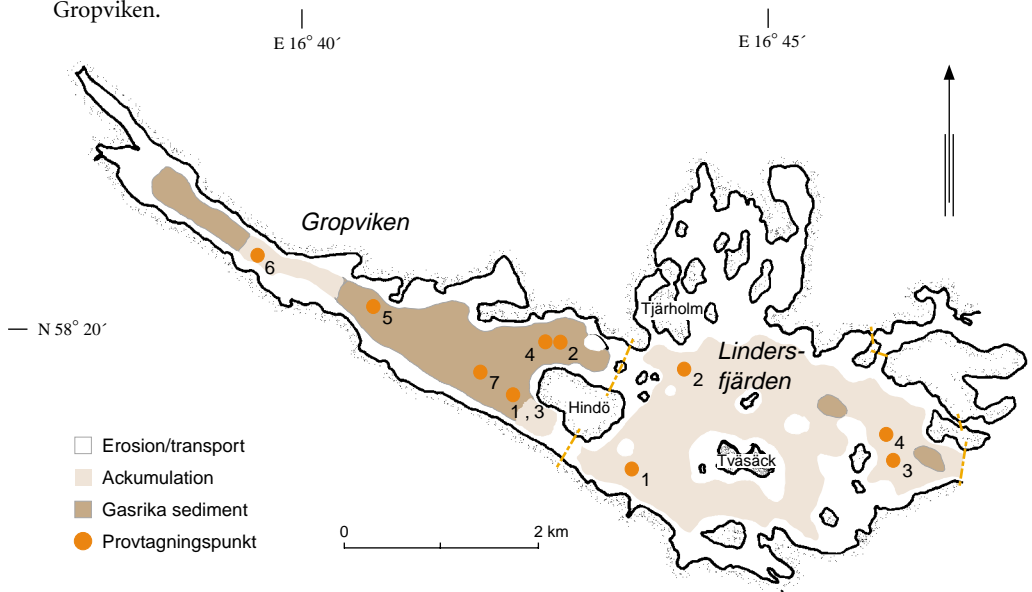
En hel del fritidshus och fast bebyggelse finns i området. Övrig påverkan torde dock vara mycket liten.

Figur 69 visar att relativt stora arealer av Hålfjärdens botten utgörs av A-botten (27 %). I fjärdens centrala och nordvästra delar finns dock flera grundområden med hårda bottenar. Totalt har 3 sedimentkärnor tagits i området. Undersökningen har utförts inom ramen för en utredning på uppdrag av Länsstyrelsen i Östergötland (Jonsson och Persson, 1996).

### GROPVIKEN (7)

Gropviken är belägen längst västerut i de centrala delarna av undersökningsområdet. Viken har ett maximalt djup på 37 meter och tröskeldjupet är som mest ca 19 meter. Vattenytans area är förhållandevis liten, 4,5 km<sup>2</sup>. Spårämnesförsök i djupvattnet visade på en lång omsättningstid (100 dygn) i denna tröskelfjärd (Persson & Håkanson, 1996). Sannolikheten för syrgasbrist vid botten torde därmed vara stor under stagnationsperioderna. Augustimätningar i ytvattnet 1985 visade påtagligt förhöjda halter av både kväve och fosfor (Bergstrand, 1987).

Figur 70.  
Gropviken.



Stora delar av viken är förhållandevis oexploaterad. Vid Blindsvik finns dock en småbåtshamn och i områdets sydöstra delar finns en del bebyggelse. Längst in i vikens västra del mynnar två mindre åar, vilka under högvattenflöden sannolikt kan transportera en del näringsämnen från de omgivande jordbruksmarkerna.

Den bottendynamiska kartan (figur 70) visar att en stor andel utgörs av A-bottnar (51 %). Av dessa är merparten (hela 87 %) gasrika bottnar vilket visar att stora delar av viken har mycket ansträngda syrgasförhållanden.

Kartering och sedimentprovtagning (totalt 7 stationer) har framför allt utförts på kursen ”Östersjön från kust till hav” vid Uppsala universitet (Anonymus, 1999), men några stationer har även provtagits inom ramen för EUCON-projektet.

### LINDERSFJÄRDEN (8)

Omedelbart öster om Gropviken ligger Lindersfjärden, med ett maximalt djup på 30 meter. Öppningen ut mot de angränsande Kors- och Finnfjärdarna är både relativt bred och djup, varför man kan anta att vattenomsättningen är betydligt snabbare i Lindersfjärden än i Gropviken. En del öar och grynnor finns i fjärden, men även relativt stora arealer bottnar som är djupare än 15 meter. Vattenytan har en area av 7 km<sup>2</sup>.

Lindersfjärden kan karaktäriseras som relativt oexploaterad med endast ett fåtal hus i närområdet. Merparten av dessa är belägna längs fjärdens södra strand.

Bottendynamiken i området (figur 70) är mer komplicerad än i Gropviken, till stor del beroende på förekomst av öar och grynnor. Trots detta utgörs hela 59 % av fjärden av ackumulationsbottnar. På två mindre partier i den östra delen återfinns gasrika bottnar, med en utbredning av drygt 2 %.

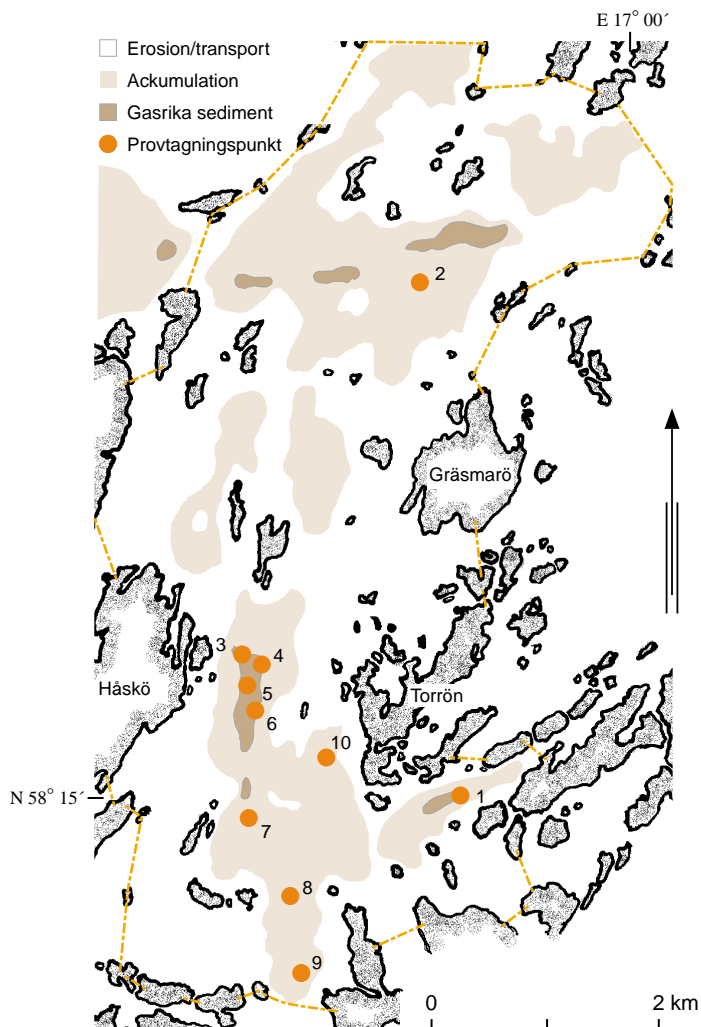
Kartering och sedimentprovtagning (totalt 4 stationer) har framför allt utförts på kursen ”Östersjön från kust till hav” vid Uppsala universitet (Anonymus, 1999), men liksom i Gropviken har några stationer även provtagits inom ramen för EUCON-projektet.

### KULLSKÄRSDJUPET (9)

Detta undersökningsområde består egentligen av två delbassänger:

- Kullskärdsjupet, beläget mitt emellan Finnfjärden i väster och Turmulefjärden/Bockskärdsjupet mot öppna havet i öster samt,
- Säs-fjärden som avgränsas av öarna Häskö, Armnö, Grönsö/Sandgårdet och Torrön. I norr angränsar fjärden till Kullskärdsjupet.

Vattenytans area för Kullskärdsjupet och Säs-fjärden är totalt 25,2 km<sup>2</sup>.



Figur 71. Kullskärddjupet.

Kullskärddjupet är exponerat med breda och djupa öppningar, både österut och västerut. Dessa öppningar är 40–50 meter djupa, vilket också är områdets största uppmätta djup. En del mindre öar och grynnor finns i området. Kullskärddjupets stora exponering torde innebära att vattenomsättningen är relativt snabb.

Säsfjärden ligger avsevärt mer skyddat än Kullskärddjupet. Stora arealer är djupare än 30 meter och maximala djupet (39 m) är beläget mitt i fjärden, ungefär i jämnhöjd med den ostligaste spetsen på Håskö. Sunden i väster, söder och öster är både smala och grunda varför man kan anta att det mesta vattenutbytet sker i den breda öppningen i norr mot Kullskärs-

djupet. Denna öppning har en relativt komplicerad topografi med omväxlande grynnor och skär och djupare partier på 10–18 meters djup. Området är ej fullständigt sjömått men en väldefinierad tröskel verkar finnas mellan Kullskärdsdjupet och Säs fjärden.

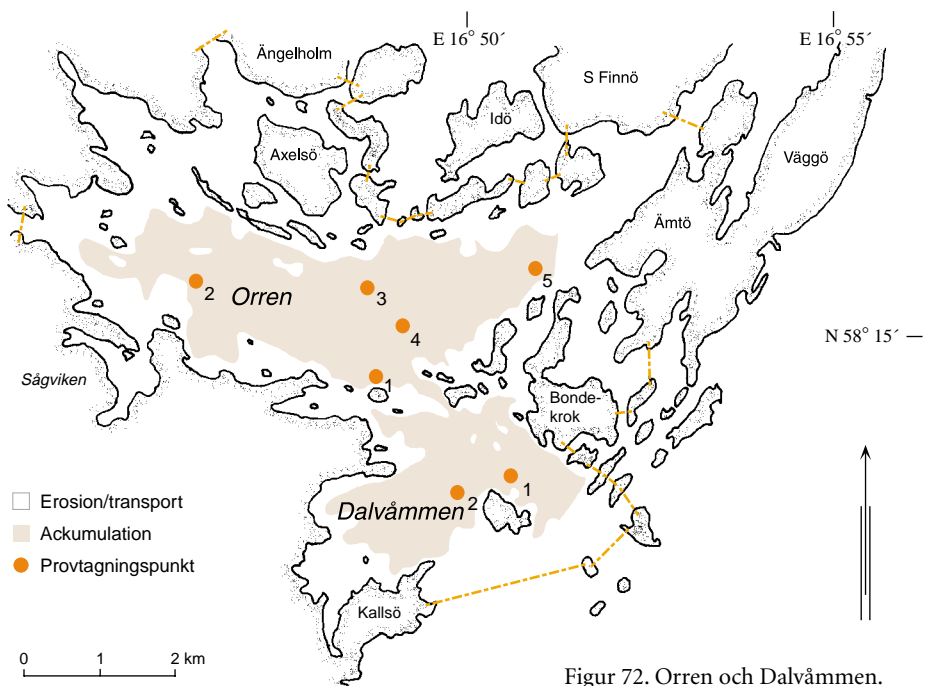
Endast ett fåtal hus är belägna på öarna i området, varför man kan anta att den lokala påverkan är mycket liten, eller till och med försumbar.

Figur 71 visar att relativt stora delar av både Kullskärdsdjupet och Säs fjärden utgörs av ackumulationsbottnar (totalt 32 % för båda fjärdarna). Stora sammanhängande arealer A-bottnar finns framför allt i Säs fjärden, men även i Kullskärdsdjupets centrala delar. På några mindre områden återfanns även gasrika sediment. Trots att dessa utgör en relativt liten del av områdets totala area (6 %) är det anmärkningsvärt med gasrika sediment med tanke på områdets förhållandevis exponerade läge i nära anslutning till öppna havet.

Kartering och sedimentprovtagning (totalt 10 stationer) har utförts på kursen ”Östersjön från kust” till hav vid Uppsala universitet (Anonymus, 1999).

## ORREN (10)

Orren är en stor och avlång tröskelfjärd som är belägen i den norra delen av Gryts skärgård. Vattenytan har en area av 20,7 km<sup>2</sup>. Västerut avgränsas fjär-



Figur 72. Orren och Dalvåmmen.

den av fastlandet, i norr av en lång rad mindre öar, i nordost av ett smalt sund mot Finnfjärden (Getteröströmmen) och i sydost av ett sund mot den angränsande fjärden Dalvåmmen. Getteröströmmen är ca 15–20 meter djupt att jämföra med sundet mot Dalvåmmen som är både bredare och betydligt djupare (ca 35–45 m djupt). Båda dessa sund kan dock antas vara mycket strömsatta med tanke på närheten till öppna havet samt att de står i kontakt med fjärdar med stora vattenvolymer.

Orren karaktäriseras av en stor öppen vattenyta med stora arealer med djup överstigande 40 meter. Maximala djupet (63 m) finns i den södra delen, alldeles väster om sundet mot Dalvåmmen. Endast ett fåtal mindre öar och grynnor finns i fjärden.

Viss bebyggelse finns i området och ett litet antal mindre vattendrag mynnar på fastlandssidan. Denna påverkan torde dock vara i stort sett försumbar med tanke på Orrens stora vattenvolym. Mätningar i ytvattnet i augusti 1985 visade inga mätbart förhöjda halter av vare sig kväve eller fosfor (Bergstrand, 1987).

Den bottendynamiska kartan (figur 72) visar att en stor del av fjärden utgörs av ackumulationsbottnar (38 %). I princip utgörs områdets centrala och djupa delar helt av A-bottnar, med undantag för några mindre partier med ET-bottnar i de nordvästra delarna.

Såväl kartering som sedimentprovtagning (totalt 5 stationer) har utförts inom ramen för EUCON-projektet.

## DALVÅMMEN (11)

Dalvåmmen är den sydligast belägna fjärden som presenteras i denna rapport. I öster avgränsas fjärden av fastlandet, i norr mot den närbelägna Orren via ett relativt brett och djupt sund (35–45 m). Öster om Dalvåmmen ligger Reskärsdjupet, och dessa båda fjärdar är åtskiljda av det relativt djupa Bussundet (ca 40 m). I söder löper ett relativt brett och djupt sund ner från Dalvåmmen mot Flisdjupet och öppna havet.

Dalvåmmen karaktäriseras av en relativt kuperad topografi med öar och grynnor belägna mellan förhållandevis stora djuphålor med maximala djup på 37, 46 respektive 57 meter. Liksom i Orren kan man anta att påverkan via lokal tillrinning och bebyggelse i området är liten. Dessutom kan man anta att områdets läge nära öppna havet och med stora och djupa fjärdar som angränsar via breda och djupa sund innebär att vattenomsättningen är relativt snabb. Dalvåmmens yta är 9,2 km<sup>2</sup>.

Av figur 72 framgår att en relativt stor andel av Dalvåmmens bottnar utgörs av A-bottnar (42 %). I princip täcker dessa fjärdens centrala delar.

Kartering och sedimentprovtagning (2 stationer) har utförts inom ramen för EUCON-projektet.

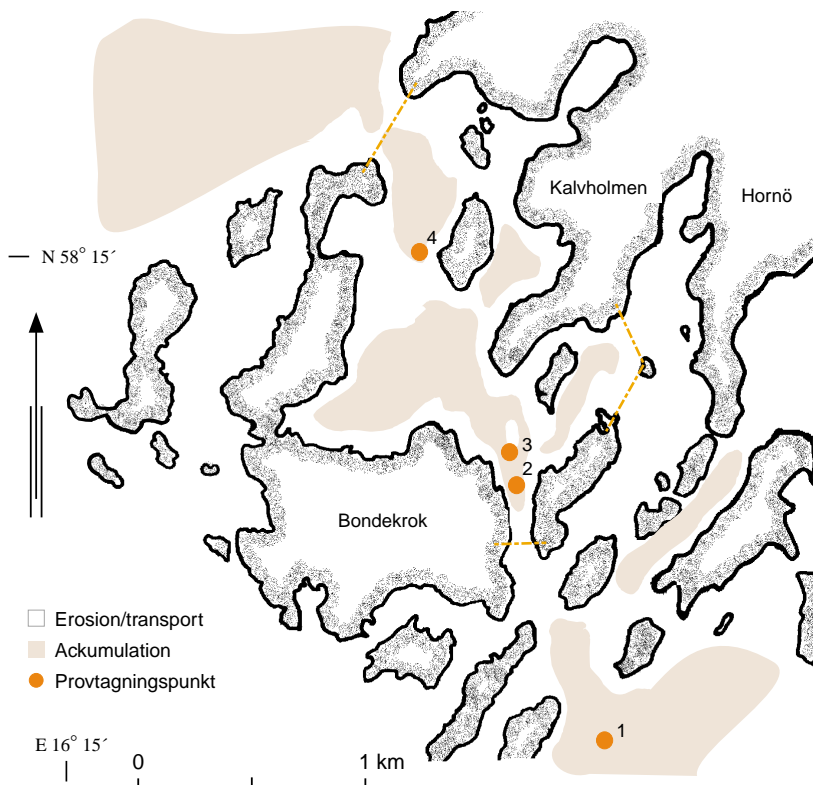
## BONDEKROK (12)

Denna lilla fjärd (vattenytans area är 2,1 km<sup>2</sup>) som saknar namn på sjökartan kallas Bondekrok i denna sammanställning efter den stora ön som avgränsar området i väster. Det karterade området sträcker sig egentligen lite mer norrut och söderut förbi de yttre delarna av Bondekrok och i den östra delen avgränsar Ämtö och Kalvholmen, som båda utgör de södra delarna av Vaggön. De centrala delarna utgörs av en djuphåla på 26–27 meters djup som i söder övergår i ett mycket smalt sund med ca 10–15 meters djup. Norrut angränsar denna djuphåla mot Orren via ett relativt djupt och brett sund. Endast ett fåtal hus är belägna på öarna inom området.

Akkumulationsbottnar finns på relativt stora arealer (34 %). Sunden består dock generellt av hårdare bottenar varför större sammanhängande Akkumulationsbottnar inte finns i Bondekroksregionen.

Kartering och sedimentprovtagning (totalt 4 stationer) har utförts på kursen ”Östersjön från kust till hav” vid Uppsala universitet (Anonymus, 1999).

Figur 73. Bondekrok.





# MATERIAL OCH METODER

---

## Fältmetodik

### BOTTENKARTERING

I samtliga undersökta områden har en kombination av olika akustiska undersökningsmetodiker använts. I de områden som ur navigatorisk synvinkel befanns farbara har kartering med ”side-scan sonar”, sedimentekolod och djupekolod skett längs ett stort antal transekter, valda så att bästa möjliga yttäckning erhöles.

### SIDE-SCAN SONAR

En ”side-scan” (sidtittande) sonar använder ljudvågor för att registrera olika botten typer. Ordet sonar är en förkortning av ”sound navigation and ranging”. I en torpedliknande ”fisk” som bogseras på några meters djup efter båten sitter två uppsättningar sändare/mottagare, som läser av babords respektive styrbords sida (vinkelrätt mot instrumentets färdriktning). Ljudvågor sänds ut från sändaren i fisken och reflekteras mot botten. I fisken omvandlas dessa till elektriska impulser, som går till skrivaren ombord på båten, varvid en horisontell bild av botten erhålls. Parallellt med denna ritas en djupprofil, som visar fiskens vertikala läge. En hastighetsmätare stämmer av pappersmatningen/bildmatningen med båtens hastighet, som i ”grunda” skärgårdsvatten ej bör överstiga 4–5 knop. Starka reflektioner (hårda bottenar) avbildas mörkare på sonarremsan och svaga reflektioner (mjuka bottenar) avbildas ljusare. Sonarkarteringen ger en ytriktig ”flygbild” över botten typsfördelningarna. I undersökningarna användes en EG & G Environmental Equipment Model 260 Image Correcting Side Scan Sonar med frekvensen 100 kHz och som fisk en 272-TD-Saf-T-Link Tow Fish. Svepvidden går att variera mellan 50–500 meter åt varje håll beroende på botten topografi och områdets djupförhållanden. Generellt användes svepvidd på 150–200 m, i vissa undersökningar 400 m.

### SEDIMENTEKOLOD

Sedimentekolodet ger en kontinuerlig sedimentprofil rakt under givaren. Då instrumentet sänder ut lågfrekvent ljud, tränger det ned djupare än ett vanligt ekolod. Givaren till lodet är placerad i en torpedlikande fisk som bogserades på ett par meters djup efter båten. Genom att tolka svärtningen

av ekogrammen kan eventuella lagerföljder översiktligt beskrivas och mjuka sediment kan skiljas från hårda. Utifrån dessa ekogram erhålls viss indikation på områden där syrgasbrist kan förekomma. Emellertid krävs verifierande sediment- och vattenprovtagningar för att kunna konstatera eventuella anoxiska bottenar. Ett sedimentekolod av modell O.R.E. Geopulser Pinger med frekvensen 14 kHz användes i sedimentundersökningarna.

#### DJUPEKOLOD

Ett ekolod av modell "Atlas monograf 58" användes kontinuerligt under provtagningarna för att få en uppfattning om botten djupet och botten dynamiken.

#### KOMBINATION AV OLIKA AKUSTISKA METODER

Att kombinera djupekolod, sedimentekolod och "side-scan-sonar" har visat sig vara ett utmärkt sätt att kartera havsbotten. Undersökningsmetoderna i kombination ger möjlighet att förklara fenomen som inte enbart kan uttolkas om bara en av metoderna används.

Genom att tolka svärtningen av ekogrammen kan eventuella lagerföljder översiktligt beskrivas och mjuka sediment kan skiljas från hårda. Nyligen avsatta mjuksediment brukar variera mellan några centimeter och flera meter. Under detta skikt kan man ofta urskilja tiotals meter tjocka sedimentpackar av glaciala och postglaciala leror.

Gasrika sediment är indikatorer på hög organisk halt i sedimenten. Gasen utgörs huvudsakligen av metan som bildas vid nedbrytning av organiskt material. Även svavelväte är ibland en betydande komponent i sedimentet. Gasbubblorna fungerar som en god reflektor och spridare av ljudvågor och medför att underliggande sedimentlager ofta inte kan karteras med denna metodik. De gasrika sedimenten kan detekteras utifrån ekogram och den geografiska utbredningen kan fastställas i kombination med "side-scan sonar"-remsor. Utan tillgång till sedimentekogram är det vid tolkningen av sonar-remsorna nära till hands att bedöma svärtningen från de gasrika sedimenten som något hårdare botten i stället för tvärtom. Dessa gasrika områden är utmärkta för att studera sjöområdets historik med långa kärnor, eftersom det normalt är här man finner tydligt laminerade/varviga sediment med hög sedimenttillväxt.

## Sedimentprovtagning

Utifrån resultaten från ekolodning och sonarkartering gjordes en snabb analys av botten dynamiken i fält. I varje fjärd valdes ett antal provtagningspunkter jämnt spridda över områden som identifierades som ackumulationsbottenar. Provtagningspunkternas lägen finns markerade i de

bottendynamiska kartorna. Sammanlagt har 401 stationer provtagits till och med 1999.

Positionsbestämning av provpunkterna utfördes med hjälp av GPS (Global Positioning System), från och med 1997 DGPS (Differentiated Global Positioning System), och det exakta läget noterades tillsammans med djupuppgift från ekolod. Under provtagningen lades stor vikt vid att se till att sedimentytan var intakt, främst genom att konstatera klarheten på vattnet ovanför sedimentytan och/eller förekomsten av smutsvattensvamp (*Beggiatoa* sp.) på sedimentytan. Ett första intryck av de intakta sedimentkärnorna nedtecknades (oxiderat ytskikt, laminering etc).

### PROVTAGARE

Den provtagare som användes mest i studierna mellan 1992–96 var en rörprovtagare av Niemistö-typ med innerdiameter 50 mm (Niemistö, 1974). Den är lätt att använda, framför allt på mjukbottenar, men kan även nyttjas på något hårdare sediment, då det går att hänga på extra vikter.

Från 1996 och framåt har en Geminihämtare använts. Den utvecklades under början av 1990-talet av den finske sedimentologen Lauri Niemistö och är en vidareutveckling av Niemistöhämtaren. Hämtaren består av ett metallskelett i vilken man fäster två plaströr som medger fri vattenpassage på nedvägen (figur 74). Två rörliga armar fungerar som låsmekanismer

och slår igen då provtagaren når botten och sedan tas upp. Detta förhindrar att sedimentet rinner ur provtagaren. 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 kan en kärna snittas direkt i fält och den andra kan tas med hem till laboratoriet och användas för beskrivning av lagerföljder etc.



Figur 74. Geminihämtare.  
Foto: Per Jonsson.

## Provhantering

En sedimentkärna från varje station förvarades upprättstående i kylskåp ombord på undersökningsfartyget i väntan på dokumentation i laboratorium. Detta för att i möjligaste mån undvika störningar i sedimenten, t ex i form av gasbildning. Från 1996 och framåt erhöles 2 sedimentkärnor samtidigt från varje provtagningspunkt eftersom Geminihämtaren användes. Därmed kunde den ena kärnan tas med hem intakt för dokumentation medan den andra kunde skiktas direkt i fält med en speciell apparat som medger mycket exakta skikt i önskade tjocklekar. De kärnor som valts ut för analys av olika parametrar har skiktats efter olika scheman beroende på syftet med undersökningen. De flesta kärnor skiktades på följande sätt:

- **Noggrant analyserade kärnor:**

- I de översta 10 cm togs prov varje 0,5 cm.
- I de nästföljande 10 cm (skiktet 10–20 cm) togs prov varje cm.
- Därunder var 5:e cm.

- **Översiktligt analyserade kärnor:**

- I de översta 10 cm togs prov varje cm.
- I de nästföljande 10 cm (skiktet 10–20 cm) togs prov varannan cm.
- Därunder var 5:e cm.

I en del undersökningar har fler prov valts ut för analys, t ex inom EUCON-projektet, och i andra fall har proven tagits ut något glesare. Proven lades på plastburkar och förvarades i kylskåp i väntan på analys.

## Dokumentation i laboratorium

Sedimentkärnorna ställdes i kylrum fram till dokumentationen. I många av kärnorna var ytsedimenten mycket lösa. För att kunna skjuta ut kärnorna i oskadat skick ur rören frystes dessa därför i ca 2 timmar så att de yttersta 2–3 mm av kärnan frös till is. Hela kärnan får inte bli genomfrost eftersom sedimentstrukturerna då förstörs. För att kärnan skulle kunna skjutas ut ur plexiglasröret spolades röret med varmt vatten under en halv till en minut. Härvid tinades det yttersta skiktet av is upp men fortfarande fanns en eller annan mm fryst ytterskikt kvar som höll ihop den lösa sedimentkärnan så att den sedan kunde delas utan att sedimentet rann ut. Efter utskjutning klövs sedan kärnan på mitten med en vass kniv och de båda halvorna placerades därefter i rännen. De två halvorna preparerades och fotograferades med diafilm. Lagerföljden beskrevs sedan noggrant med avseende på kornstorlek, laminering, varvantal, färg, konsistens, struktur, förekomst av svavelväte etc. Diabilderna överfördes till CD för bildanalys.

## Datering

### VARVRÄKNING

Utgående ifrån antagandet att varje par ljus/mörkt skikt i de laminerade kärnorna utgör ett årsvarv (Jonsson et al., 1990; Jonsson et al., 2000; Eckhäll et al., 2000; Persson and Jonsson, 2000), gjordes en datering av varje lamina (årsvarv). Årsvarven räknades för varje kärna och en tidsskala upprättades. I de fall partier med laminerade sediment mellanlagrades av partier med homogent, bioturberat material, gjordes en uppskattning av den årliga depositionen utgående ifrån medelvärdet mellan laminatjocklekar i över- och underlagrande laminerade skikt.

### DATERING MED $^{137}\text{Cs}$

Ett användbart hjälpmedel för att datera sediment är att analysera  $^{137}\text{Cs}$ -aktiviteten i de olika varven.  $^{137}\text{Cs}$  började uppträda i miljön efter atombombstesterna i atmosfären och nådde ett första maximum runt 1963–64. På våren 1986 inträffade Tjernobylyolyckan varvid stora mängder  $^{137}\text{Cs}$  spreds i Östersjöregionen vilket visar sig i sediment från sjöar och kustområden som en markant aktivitetstopp daterad till 1986–87 (Meili et al., 1997ab; Meili et al., 1998ab; Meili and Jonsson, 1999). Från och med 1995 års undersökningar har sedimentkärnor analyserats med avseende på  $^{137}\text{Cs}$  och generellt sett har överensstämmelsen mellan datering med radiocesium och varvräkning varit mycket god.

Sedimentprov överfördes till förvägda scintburkar med lock. Proven lades i frysbox under ett dygn varefter de placerades 3 dygn i frystork. Efter vägning mortlades proven och provhöjden mättes. Därefter ställdes scintburkarna i en gammarräknare av modell Intertechnique 2000. Ett antal blankprov kördes under analysen för att korrigera för bakgrundstrålningen. Några lavprov med kända aktiviteter av  $^{137}\text{Cs}$  analyserades också. Resultaten från varje enskilt sedimentprov korrigerades även mot provets vikt och höjd.

## Analyser

### VATTENHALT

Vattenhalten (W) bestämdes genom att en känd mängd sediment antingen torkades i ugn i 105 °C under minst 12 timmar eller frystorkades under 3 dygn.

### GLÖDGNINGSFÖRLUST

Glödgningsförlusten (LOI) bestämdes på de torkade proven för vattenhaltsbestämning efter glödning vid 550 °C i två timmar.

### KOL- OCH KVÄVEHALT

För kol- och kväveanalyserna användes torkat material från vattenhaltbestämningen. Materialet mortlades och en liten provmängd (ca 5–9 mg) vägdes in i en tennkapsel och kol- och kvävehalten bestämdes i en "LECO CHNS-932".

## Depositionsbestämning

Varvtjockleken användes för att bestämma depositionshastigheten enligt följande:

$$vd = Y * ds * r$$

där  $vd$  = depositionshastighet ( $\text{g}/\text{cm}^2$  och år)  
 $Y$  = varvtjocklek (cm)  
 $ds$  = halt av torrsubstans,  $d$  v s 100-vattenhalten i %  
 $r$  = bulkdensitet ( $\text{g}/\text{cm}^3$  vs)

Bulkdensiteten är ett mått på densiteten hos det våta provet och kallas ibland också för våtdensiteten. Denna har bestämts enligt Håkanson and Jansson (1983).

## Lamineringsutvecklingsdiagram

Tidsutvecklingen av laminerade sediment har tagits fram på följande sätt:

- Utgående från varvräkning och eventuella cesiumanalyser har olika nivåer i varje sedimentkärna daterats.
- Inom varje skärgårdsregion har sedan ett tidsutvecklingsdiagram av laminerade sediment utarbetats genom att antalet laminerade kärnor har räknats för varje årsskikt och satts i relation till totalantalet studerade kärnor för varje årsskikt.

## Bottendynamiska kartor

Utifrån resultaten från karteringarna med sedimentekolod, sidtittande sonar, vanligt ekolod samt sedimentanalyserna framställdes bottendynamiska kartor över varje fjärd. På kartorna har vi skiljt mellan två typer av bottenar, nämligen ackumulationsbottenar och erosions-/transportbottenar. Förekomst av gasrika sediment har också markerats i kartorna. De olika bottenarternas areor har bestämts med elektronisk planimeter för varje fjärd och begränsningslinjer för det undersökta området har redovisats i kartorna.

## REFERENSER

- Andersson, C, (2000): The influence of wind-induced resuspension on sediment accumulation rates. A study of archipelago and offshore areas in the NW Baltic proper. Master thesis, Uppsala University, Dept of Earth Sciences, 34 p.
- Anonymous, (1992): Rapport från fältkursen: Östersjön från kust till hav 1992. Uppsala universitet, Inst. för Geovetenskap, Uppsala (stencil), 50 sid.
- Anonymous, (1993): Rapport från kursen: Östersjön från kust till hav 1993. Uppsala universitet, Inst. för Geovetenskap, Uppsala (stencil), 54 sid.
- Anonymous, (1994): Rapport från kursen: Östersjön från kust till hav 1994. Uppsala universitet, Inst för Geovetenskap, Uppsala (stencil), 48 sid.
- Anonymous, (1995): Rapport från kursen: Östersjön från kust till hav 1995. Uppsala universitet, Inst. för Geovetenskap, Uppsala (stencil), 66 sid.
- Anonymous, (1996): Rapport från kursen: Östersjön från kust till hav 1996. Uppsala universitet, Inst för Geovetenskap, Uppsala (stencil), 38 sid.
- Anonymous, (1997a): Rapport från kursen: Havets botten från kust till utsjö 1997. Naturvårdsverket (stencil), 35 sid.
- Anonymous, (1997b): Rapport från kursen: Östersjön från kust till hav 1997. Uppsala universitet, Inst för Geovetenskaper, Uppsala (stencil), 95 sid.
- Anonymous, (1998a): Rapport från doktorkursen – Undersökningsmetodik i kustområden 1998. Uppsala universitet, Inst för Geovetenskaper, Uppsala (stencil), 60 sid.
- Anonymous, (1998b): Rapport från kursen: Östersjön från kust till hav 1998. Uppsala universitet, Inst för Geovetenskaper, Uppsala (stencil), 84 sid.
- Anonymous, (1999a): Rapport från kursen: Östersjön från kust till hav 1999. Uppsala universitet, Inst för Geovetenskaper, Uppsala (stencil), 87 sid.
- Anonymous, (1999b): Bedömningsgrunder för miljö kvalitet – kust och hav. Naturvårdsverket Rapport 4914, Stockholm, 134 sid.
- Anonymous, (2000): Rapport från kursen: Östersjön från kust till hav 2000. Uppsala universitet, Inst för Geovetenskaper, Uppsala (stencil), 67 sid.
- Anonymous, (2001): Rapport från kursen: Östersjön från kust till hav 2001. Uppsala universitet, Inst för Geovetenskaper, Uppsala (stencil), 53 sid.
- Bergstrand, E (1987): Östergötlands skärgård – Vattenmiljön. SMHI Oceanografi Nr. 17, 1987, Norrköping, Sverige.
- Blomqvist, S and Larsson, U (1994): Detrital bedrock elements as tracers of settling resuspended particulate matter in a coastal area of the Baltic Sea. *Limnology and Oceanography* 39, 880-896.
- Cato, I, Gönczi, M, Jonsson, P, Persson, J och Sandkvist, Å (2002): Sedimentundersökningar i Muskö- och Horsfjärdssområdet. SGU-rapport 2002:16, 67 sid.
- Eckhéll, J, Jonsson, P, Meili, M and Carman, R (2000): Storm influence on the accumulation and lamination of sediments in deep areas of the northwestern Baltic proper. *Ambio* 29:238-245.
- Edvarson, K (1991): Fallout over Sweden from the Chernobyl accident. In: *The Chernobyl Fallout in Sweden* (Ed Moberg, L ). Swedish Radiation Protection Institute, Stockholm, pp. 47-65.
- EUCON-projektet. Jonsson, P (Ed), 1996. EUCON – Interactions between Eutrophication and Contaminants in the Aquatic Environment. Research Programme for the period 1995–1999. Swedish Environmental Protection Agency Report 4690, 52 pp. Kontaktperson: Per Jonsson, ITM, Stockholms universitet, Stockholm.

- Heinemo, Sven-Åke, Länsstyrelsen i Västernorrlands län, personligt meddelande.
- HELCOM (1996): Baltic marine environment commission – Helsinki commission, 1996. Third periodic assessment of the state of the marine environment of the Baltic Sea, 1989-93; Background document. *Balt. Sea Environ. Proc.* No. 64 B.
- Håkanson, L and Jansson, M (1983): Principles of lake sedimentology. Springer-Verlag, Berlin, 316 p.
- Jonsson, P (1992): Large-scale changes of contaminants in Baltic Sea sediments during the twentieth century. Doctoral thesis at Uppsala University. *Acta Univ Ups. Comprehensive Summaries of Uppsala Dissertations from the Faculty of Science* 407. Uppsala.
- Jonsson, P (2000): Sediment burial of PCBs in the offshore Baltic Sea. *Ambio* 29:260-267.
- Jonsson, P, Carman, R and Wulff, F (1990): Laminated sediments in the Baltic – A tool for evaluating nutrient mass balances. *Ambio* 19:152-158.
- Jonsson, P and Carman, R (1994): Changes in deposition of organic matter and nutrients in the Baltic Sea during the twentieth century. *Mar Poll Bull* 28:417-426.
- Jonsson, P och Persson, J (1996): Bottenförhållanden som eutrofieringsindikator i S:t Anna skärgård. Länsstyrelsen i Östergötlands län, Rapport 1996:8, (Stencil), 63 sid.
- Jonsson, P och Persson, J (1999): Bottenkarteringar i Stockholms inre skärgård. – Geovetenskapliga institutionen, Uppsala universitet (stencil), 12 sid.
- Jonsson, P, Eckhéll, J and Larsson, P (2000): PCB and DDT in laminated sediments from offshore and archipelago areas of the NW Baltic Sea. *Ambio* 29:268-276.
- Lindström, M, Jonsson, A, Brolin, A and Håkanson, L (2001): Heavy metal sediment load from the city of Stockholm. *Water, Air and Soil Pollution: focus* 1 (3/4), pp. 103-118.
- Länsstyrelsen i Västernorrlands län (1997): Miljöanalys. Länsstyrelsen i Västernorrlands län, publikation 1997:3, 225 sid.
- Länsstyrelsen i Stockholms län (1996): Miljöanalys 1996 – Stockholms län. ISBN 91-87088-12-6.
- Meili, M, Jonsson, P & Carman, R (1997a): Hög sedimentation i skärgårdsfjärdar enligt <sup>137</sup>Cs-datering (High sedimentation rates in Swedish Archipelago bays according to <sup>137</sup>Cs dating). – Oral presentation and Abstract (in Swedish) at the Annual meeting of the Association of Swedish Marine Scientists (Havsforskarmötet), Norrköping, Sweden, 19-21 March 1997.
- Meili, M, Jonsson, P & Carman, R (1997b): <sup>137</sup>Cs dating of laminated sediments in Baltic Archipelago areas – Invited oral presentation and Abstract at the Second International NKS/EKO1 Seminar on Dating of sediments and determination of sedimentation rates, Helsinki, Finland, 2-3 April 1997.
- Meili, M, Jonsson, P & Carman, R (1998a): <sup>137</sup>Cs dating of laminated sediments in Swedish archipelago areas of the Baltic Sea – In: Dating of sediments and determination of sedimentation rates (ed. Ilus, E.). Proceedings of the Second International NKS Seminar, Helsinki, pp. 127-130.
- Meili, M, Jonsson, P & Lindström, M (1998b): Accumulation of Chernobyl Cs-137 in coastal archipelagos of the Baltic Sea – Presentation and Abstract at the International Seminar of Marina-Balt/Commission of the European Community on the Radiological Exposure of the Population of the European Community to Radioactivity in the Baltic Sea, Stockholm, June 9-11, 1998.
- Meili, M, Jonsson, P & Holmberg, P (1998c): Investigation of sediments along the Swedish coast of the Bothni-



- an Sea to calibrate simulations of a radionuclide dispersal from SFR. – Swedish Nuclear Fuel and Waste Management Co. (SKB), Stockholm, Progress Report, 14 pp.
- Meili, M and Jonsson, P (1999): Sediment resuspension and focusing in lakes and in the Baltic Sea: experiences from the Chernobyl fallout. Abstract for presentation at the 8th International Symposium on the Interactions between Sediments and Water in Beijing, China, 13-17 September 1999.
- Morris, R J, Niemi, Å, Niemistö, L and Poutanen, E-L, (1988): Sedimentary record of seasonal production and geochemical fluxes in a nearshore coastal embayment in the northern Baltic Sea. Finn Mar Res No 256:77-94.
- Niemistö, L (1974): A gravity corer for studies of soft sediments. Merentutkimuslait. Julk./Havsforskningsinst. Skr. 238:33-38.
- Persson, C, Rodhe, H and DeGeer, L E (1987): The Chernobyl accident – a meteorological analysis of how radionuclides reached and were deposited in Sweden. *Ambio* 16:20-31.
- 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.
- Persson, J, Wallin, M och Wallström, K (1993): Kustvatten i Uppsala län 1993 – Upplandsstiftelsen, Rapport nr 2, 1993, 246 sid.
- Persson, J, Jonsson, P, Agås, P och Sorelius, A (1999): Laminerade bottnar i Ångermanfjorden – en effekt av organisk belastning. Länsstyrelsen i Västernorrlands län, Publ. 1999:3, 95 sid.
- Renberg, I (1981): Formation, structure and visual appearance of iron-rich, varved lake sediments. *Verh Int Verein Limnol.* 21, 94-101.
- SGAB (1986): Cesium-<sup>137</sup>. Ground deposition over Sweden. Map 1:2000000, Swedish Geological Survey.
- Stockholm Vatten (1997): Recipientundersökningar i Stockholms skärgård 1996.
- Stockholm Vatten (1998): Recipientundersökningar i Stockholms skärgård 1997.
- Stockholm Vatten (2000): Recipientundersökningar i Stockholms skärgård 1999.
- Stockholm Vatten (2002): Hemsidan: [www.stockholm.vatten.se](http://www.stockholm.vatten.se)
- Wallin, M, Håkanson, L och Persson, J (1992): Belastningsmodeller för när-saltsutsläpp i kustvatten – speciellt fiskodlingars miljöpåverkan. Nordiska Ministerrådet, Nordisk seminar- och arbetsrapporter 1992:502, 205 sid.
- Värmdö kommuns hemsida, [www.varmdo.se](http://www.varmdo.se)

**BOTTNARNA I EGENTLIGA ÖSTERSJÖNS SKÄRGÅRDSOMRÅDEN** är kraftigt påverkade av eutrofieringen. Laminerade sediment ( $\approx$  "döda bottenar") finns i stort sett i alla undersökta fjärdar och breder snabbt ut sig samtidigt som kommunala reningsverk byggs ut i Storstockholmsregionen. Den försämrade botten-situationen i skärgårdarna tycks i högre grad styras av den ökande eutrofieringen i öppna Östersjön än av lokala utsläpp från land.

I denna rapport redovisas resultat av nästan tio års bottenundersökningar av 51 skärgårdsfjärdar från Ångermanälvens mynningsområde i norr till Gryts skärgård i söder. Rapporten vänder sig till miljövärdare i Östersjöns kustområden och till en intresserad allmänhet.