



INSTITUTIONEN FÖR BIOLOGI OCH  
MILJÖVETENSKAP

# EN MILJÖSTUDIE OM DE GEOKEMISKA FÖRHÅLLANDENA I SKÄRHAMN, SVENSKA VÄSTKUSTEN



**Moa Davidsson**

---

Uppsats för avläggande av naturvetenskaplig kandidatexamen med huvudområdet miljövetenskap  
inriktning geologi.

ES1510, Examensarbete i miljövetenskap I, 15 hp

Grundnivå

Termin/år: VT 2024

Handledare: Lennart Bornmalm, Institutionen för Marina vetenskaper och Kjell Nordberg, Institutionen  
för Marina vetenskaper

Examinator: Håkan Pleijel, Institutionen för Biologi och miljövetenskap

## Abstract

The following study aims to investigate the environmental conditions of the harbor of Skärhamn, a small fishing community on the west coast of Sweden. The interest to do so rose as a newly built apartment residence failed to connect the sewage pipes of 18 apartments, causing the untreated sewage running into the sea. The parameters accounted for are the C/N ratio, total organic carbon (TOC) as well as total nitrogen present (TN) and  $\delta^{13}\text{C}$  in the top ten centimeters of a sediment core retrieved in the Skärhamn harbour. All of which gives information of what input is taking place regarding the source of organic material. Additionally, selected heavy metals have been analyzed down the entire core and are presented along with the Norwegian classification system of ecotoxicological limit values. The results are compared with a reference station located in the nearby Hakefjorden. To estimate a time scale representing a sediment record of Skärhamn, the ratio of  $^{206}\text{Pb}/^{207}\text{Pb}$  isotopes combined with the metal records was used.

<b>Abstract</b>	<b>2</b>
<b>Tillkännagivanden</b>	<b>4</b>
<b>Introduktion</b>	<b>5</b>
<b>Bakgrund</b>	<b>6</b>
Områdesbeskrivning	6
Hydrografi	7
Potentiella föroreningskällor	7
Undersökta parametrar	10
Gränsvärden för metaller	12
<b>Metod</b>	<b>13</b>
Provtagning	13
C/N, TOC, TN och $\delta^{13}\text{C}$ analys	14
Metallanalys	14
Datering av sedimentkärnan	14
<b>Resultat</b>	<b>15</b>
Vattenhalt i procent	15
C/N	16
TOC	16
TN	17
$\delta^{13}\text{C}$	17
Metaller	19
$^{206}\text{Pb}/^{207}\text{Pb}$	22
<b>Diskussion</b>	<b>23</b>
C/N, TOC, TN och $\delta^{13}\text{C}$	23
Metaller	23
Sedimentets kronologi	24
<b>Slutsats</b>	<b>25</b>

## Tillkännagivanden

Ett stort tack riktas till min handledare Lennart Bornmalm som med sitt optimistiska synsätt tog sig an både med- och motgångar med ett leende. Jag vill också tacka Irina Polovodova Asteman för tillhandahållandet av material och kunskap. Ett extra varmt tack riktar jag slutligen till min närmaste handledare Kjell Nordberg, som med fast och trygg hand styrde mig i rätt riktning och gav lärarrik vägledning.

## Introduktion

I det nybyggda lägenhetskomplexet Brf Panorama 360 i Skärhamn kopplades inte avloppsrören till reningsverk in för 18 lägenheter och avloppsvattnet rann därmed orenat via dagvattenbrunnar, ut i havet. De boende flyttade in under våren 2022 och anmälde problemet först under sommaren, men det skulle dröja ytterligare ett halvår innan problemet åtgärdades. Fallet avgjordes i domstol i september 2023 av Mark- och miljödomstolen i Vänersborg, där Brf Panorama i egenskap som egen juridisk person fick stå för kostnaderna (Mark- och miljödomstolen, Mål nr M 2399-23, M 2400-23)

Fallet kring Brf Panorama 360 bidrog till ökat intresse för att undersöka miljöförhållandena i Skärhamns hamn. I kursen Marin miljögeologi (GVM510, Inst. F. Marina vetenskaper, Göteborgs univ.) samlades prover in och analyserades gällande kvoten av kol och kväve (C/N), totalt organiskt kol (TOC), totalt kväve (TN), olika metallföreningar och slutligen förhållandet mellan de två stabila kolisotoperna  $^{13}\text{C}$  och  $^{12}\text{C}$  ( $\delta^{13}\text{C}$ ). Studerade parametrar används för att bland annat ta reda på källan till det organiska kolet, huruvida det är mer terrest eller marint. Samtliga nämnda parametrar är också relevanta att studera genom stratigrafin i sedimentkärnorna för att se hur halterna varierar över djupet i kärnorna, och således också över tid.

Följande studie utgår från delar av analysresultatet som erhöles i kursen Marin miljögeologi (GVM510), samt analyserar stratigrafin i ytterligare en kärna från Skärhamn; SH23-03B. För att uppskatta en tidsskala som representerar djupet i stratigrafin, alltså vilket djup som motsvarar vilken tidsera, används förhållandet mellan isotoperna  $^{206}\text{Pb}/^{207}\text{Pb}$  kombinerat med resultatet av metallhalter. Erhållna värden av metallhalter jämförs också med gränsvärden framtagna av det norska miljödirektoratet. Som referenspunkt till SH23-03B används sedimentkärnan "HC", som inhämtades i oktober 2021 i Hakefjorden.

## Syfte och frågeställningar

Följande studie ämnar undersöka de geokemiska förhållandena i Skärhamn, samt fastställa huruvida det går att se om närliggande sediment visar spår av tillförseln av orenat avloppsvatten. De parametrar som kommer att studeras är C/N kvoten, TOC, TN och  $\delta^{13}\text{C}$  i de översta 10 cm av kärnan. Även förekomsten av metaller i sedimenten kommer att redogöras för, också längre ned i sedimentlagerföljden. Följande frågeställningar kommer belysas:

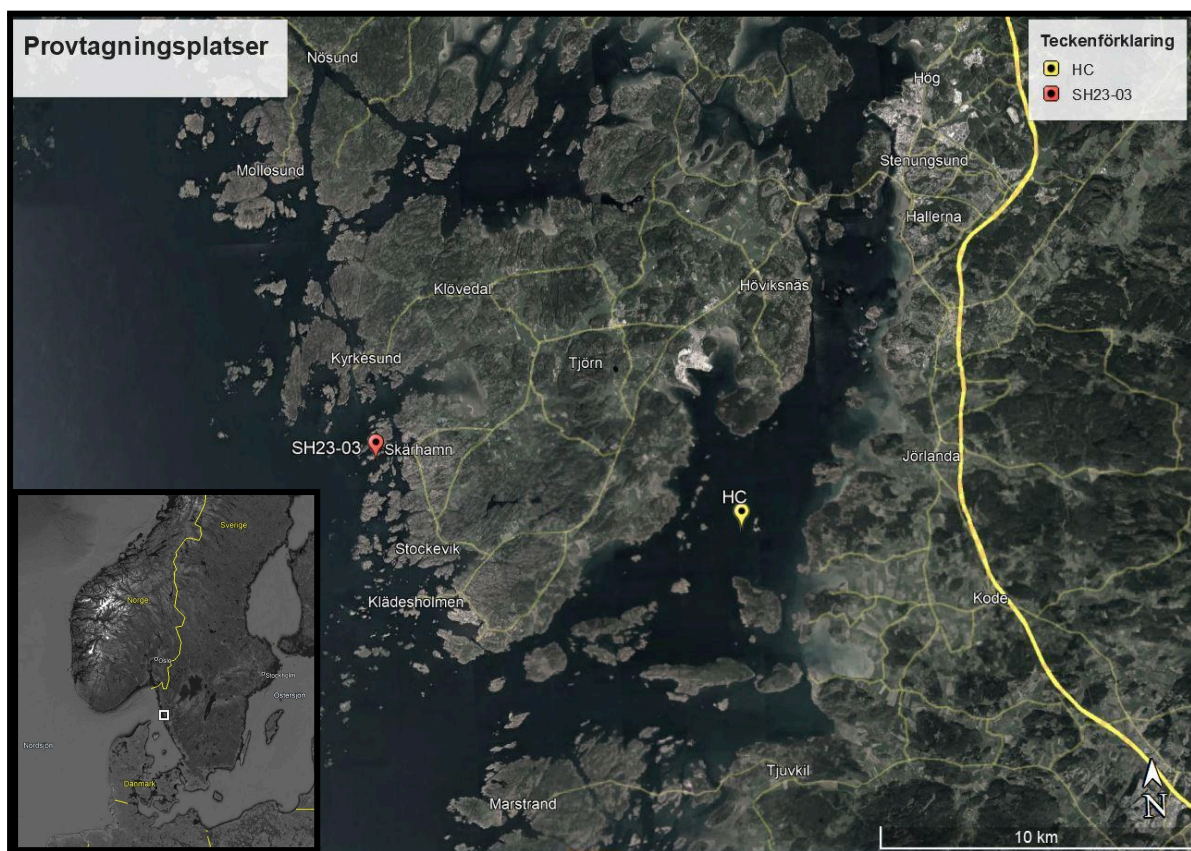
- Hur skiljer sig och varierar koncentrationerna av C/N kvoten, TOC, TN och  $\delta^{13}\text{C}$  i Skärhamn jämfört med referensstationen HC i den översta delen av sedimentkärnan?
- Hur varierar koncentrationerna av olika metaller över tid i Skärhamn och är trenden densamma som vid referensstationen?
- Går det att se spår från avloppsläckaget i ytsedimenten från Skärhamn?

## Bakgrund

### Områdesbeskrivning

Skärhamn är beläget på västra delen av Tjörn, se *figur 1*. Det är ett gammalt fiskesamhälle där det idag finns ca 1250 hushåll. I hamnen finns ett båtvarv vilket etablerades år 1915 och som fortfarande är i bruk (Skärhamns Slip & Mekaniska Verkstad AB, 2023.; Västsverige u.å.).

Skärhamn består till stor del av urberg, men postglacial sand och lera förekommer på ett fåtal ställen på land (SGU jordartskartan). Hakefjorden är den fjord som löper öster om Skärhamn mellan fastlandet och Tjörn. Fjorden saknar tröskel vid mynningen och förbinds med vatten från Kattegatt via Askeröfjorden, mellan öarna Orust och Tjörn. Det maximala djupet i fjorden är ca 55 m och på båda sidor om inseglingsrännan är djupet mer än 24 m, vilket medför god vattenomsättning även under språngskiktet, som varierar mellan 10 - 20 m (Ahlfors, 1980).



*Figur 1: Flygbild med de undersökta sedimentkärnorna inlagda i bilden. Längst ned i*

*vänstra hörnet är en översiktskarta infogad. Kärnan SH23-03 är inhämtad i Skärhamn och HC är referensstationen i Hakefjorden.*

## Hydrografi

De kemiska och fysikaliska förhållandena i Orust-Tjörn systemet styrs bland annat av sötvattenflöden och strömmar, såväl som väder och vind. Generellt färdas utsötat vatten från Östersjön norrut, via Öresund och orsakar Baltiska strömmen, som möter den Jutska strömmen vid Bohuskusten. Den jutska strömmen härrör från södra Nordsjön, med högre salthalt. Ur en mer lokal synvinkel påverkar sötvattentillflödet från Nordre Älv Hakefjorden i hög grad, då det utsötade vattnet har lägre densitet än det med högre salthalt vilket ger upphov till ett språngskikt. Språngskiktet, eller haloklinens djup varierar men är oftast omkring 15 m i Skagerraks kustvatten (Kungälv's Kommun, u.å).

De lokala och storskaliga förhållandena resulterar i en norrgående nettocirkulation i Orust-Tjörn systemet med omkring  $100 \text{ m}^3/\text{s}$ . När vattendjupet är större än språngskiktsdjupet återfinns vanligtvis en motgående salt bottenström (Kungälv kommun, u.å).

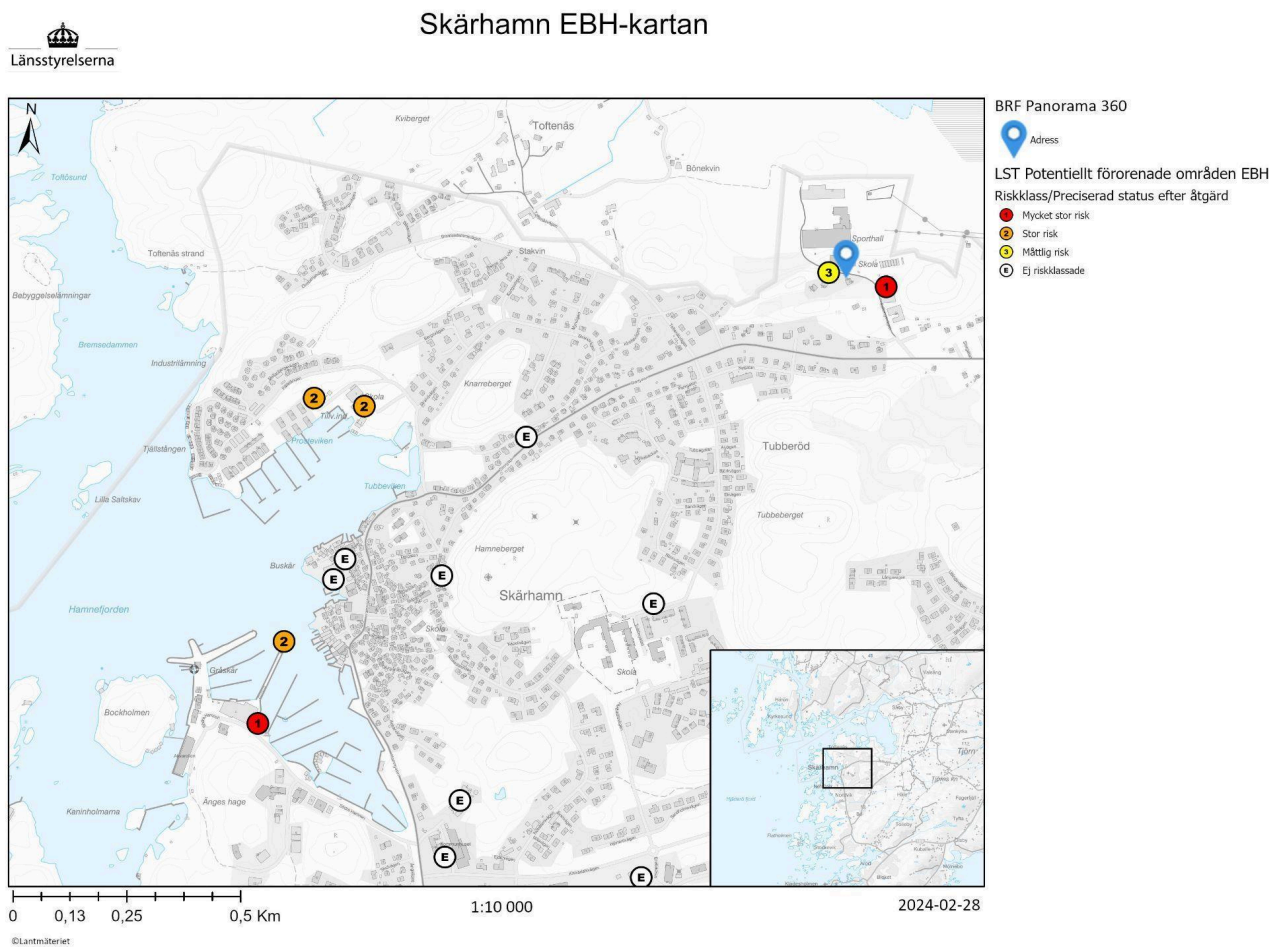
## Potentiella föroreningskällor

Gemensamt för både Skärhamn och Hakefjorden är att flera småbåtshamnar förekommer. Även varv-verksamheter och yrkessjöfart är möjliga föroreningskällor till de båda platserna (EBH-kartan). Därefter skiljer sig den potentiella exponeringen av föroreningskällor, och vad som utmärker Hakefjorden är att det under slutet på 70-talet tippats relativt stora mängder muddermassor i området. Nedan redogörs de potentiella föroreningskällorna mer ingående.

### Skärhamn

Som tidigare etablerats kopplades inte avloppsrören in för 18 lägenheter i det nybyggda lägenhetskompaket Brf Panorama 360 i Skärhamn, och avloppsvattnet rann via dagvattenbrunnar ut i havet. De boende flyttade in under våren 2022 och anmälde problemet till sommaren, och efter ytterligare ett halvår åtgärdades problemet (Mark- och miljödomstolen, Mål nr M 2399-23, M 2400-23).

Utöver tillförseln av orenat avloppsvatten till havet finns även andra potentiella föroreningskällor. Länsstyrelsen har sammanställt möjliga källor till föroreningar i EBH-stödet, varav de som är relevanta för Skärhamn redovisas nedan i *figur 2*.



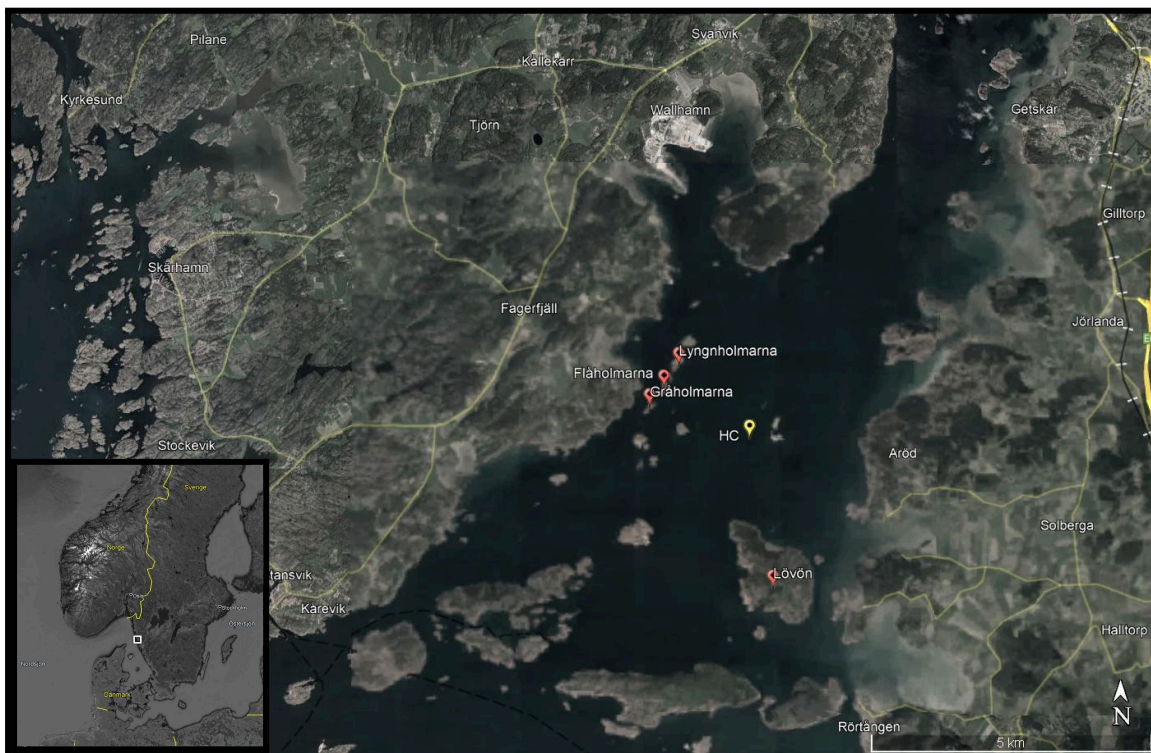
*Figur 2: Kartutskrift från EBH-kartan (Länsstyrelserna) över potentiellt förorenade områden i närheten av provtagningsplatsen för SH23-03B (sydväst på kartan, vid hamninloppet). Den utpekade adressen i nordost på kartan är Brf Panorama 360. Riskklasserna varierar från 1: Mycket stor risk, 2: Stor risk, 3: Måttlig risk och E: Ej riskområde.*

Det finns två platser på kartan som är utpekade med den högsta riskklassificeringen “mycket stor risk”. Den första nordost på kartan (id 155090, EBH-stödet) i närheten av Brf Panorama 360. Den primära anledningen är verkstadsindustri med halogenerade lösningsmedel men även ytbehandling av metaller med kemiska eller elektrolytiska processer har förekommit. Det andra riskområdet med den högsta klassificeringen är belägen i hamnen, nära provtagningsplatsen. Anledningen är just att det är en hamn samt båtuppställningsplats. Tre platser belägna runt hamnen är utpekade som riskklass 2, den näst högsta klassificeringen. De beskrivs från syd till nord och anledningen till den första och sydligaste platsen med riskklass

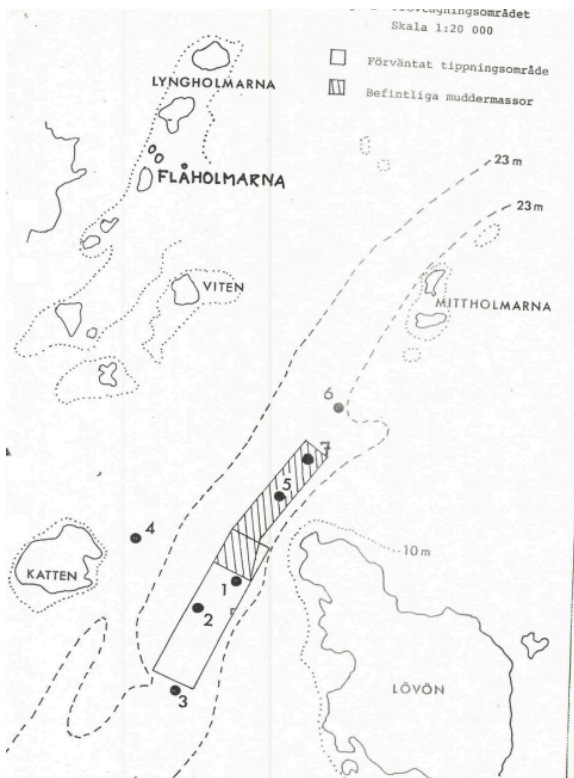
2 är att det är en hamn/båtuppställningsplats (Id 196008 EBH-stödet). Nästa plats norr om den första är ett varv med hantering av halogenerade lösningsmedel och giftiga båtbottnfärger (Id 155183 EBH-stödet) och längst norrut på kartan är anledningen till riskklass 2 en hamn med hantering av miljöfarliga ämnen samt oljedepå (Id 155172 EBH-stödet). Slutligen finns endast ett område på kartan beskrivet med riskklass 3, måttlig risk, med anledning av tillverkning av tvätt- och rengöringsmedel samt ytbehandling av metaller med mekaniska och fysikaliska processer (Id 155085 EBH-stödet).

### Hakefjorden

Under åren 1976-1977 muddrades hamnen vid Wallhamn för utbyggnad och fördjupning av hamnbassäng samt för att fördjupa farleden. Muddermassorna tippades på två områden, där ca  $700\,000\text{ m}^3$  tippades öster om Lyngnholmarna, Flåholmarna och Gråholmarna, *figur 3*. Muddermassorna tippades på omkring 7-15 m djup (Ahlfors, 1980).



*Figur 3: Flygbild/Karta över Lyngnholmarna, Flåholmarna och Gråholmarna samt Lövön i Hakefjorden, där muddermassor tippats under slutet av 1970 talet. Referensstationen HC är också utmärkt på kartan (gul markör).*



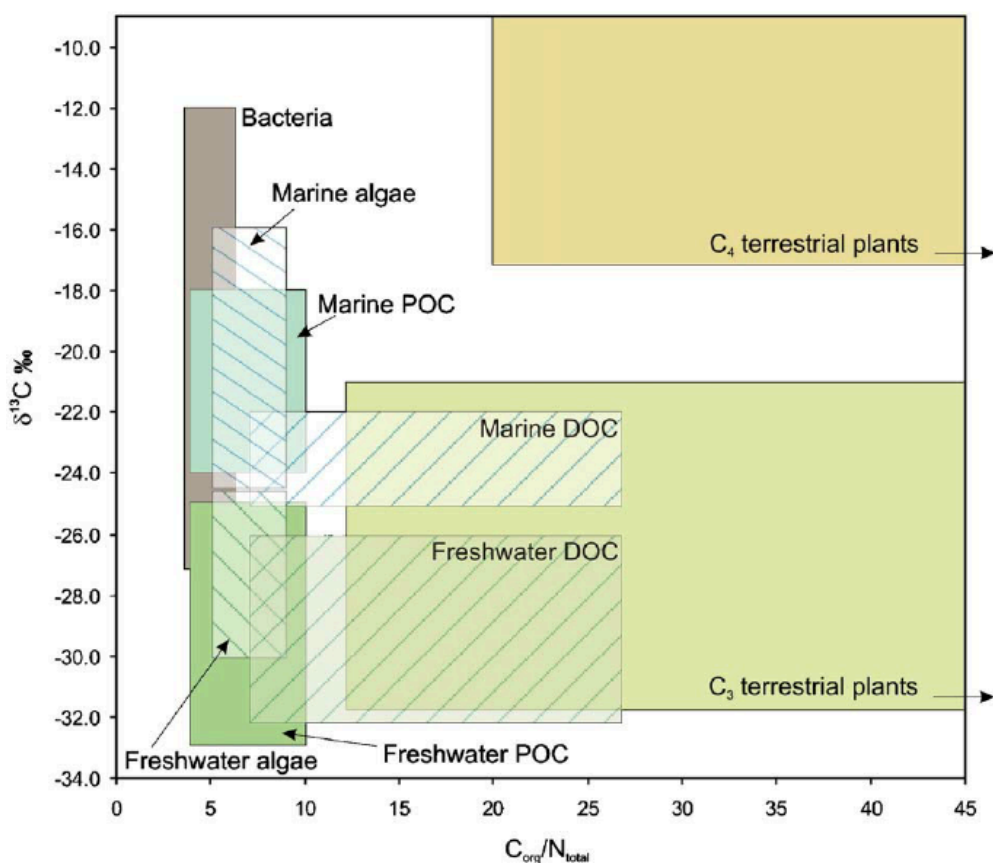
Ca 340 000  $m^3$  muddermassor tippades nordväst om Lövön på ett djup mellan 30 - 50 m, se vänstra figur (Ahlfors, 1980). *Figur 4* visar området där muddermassorna har tippats, vilket sannolikt inte är där HC kärnan är inhämtad.

*Figur 4: Området där muddermassor tippats under slutet av 1970-talet (Ahlfors, 1980).*

## Undersökta parametrar

### TOC $\delta^{13}C$ och TN C/N.

C/N används som proxy för källan till organiskt material. Värdet på C/N kvoten för marina sediment är vanligtvis lägre än 8, medan ett värde mellan 8 – 12 innebär en blandad källa av kol från terrestra och marina områden (Tang et al, 2020). Eutrofiering uppstår vid för höga halter av näringsämnen som kväve och fosfor och en ökad primärproduktion. Konsekvenserna kan bland annat vara algbloomingar och igenväxning som tränger undan känsligare arter som är anpassade till mer näringsfattiga miljöer och syrebrist på bottenarna när algerna sjunker till botten och bryts ned. Eutrofiering kan därför i förlängningen leda till syrefria bottenar. Källan till tillförseln av näringsämnena kan bland annat vara utsläpp av kväveoxider från biltrafik och sjöfart, men också läckage från jordbruk samt utsläpp från avloppsreningsverk och industrier (Johansson, 2023).



Figur 5: Figuren visar representativa  $\delta^{13}C$ -värden för marina respektive terrestra källor av organiskt material på y-axeln. På x-axeln utläses typiska C/N värden för terrestra och marina källor (Lamb et al, 2006).

$\delta^{13}C$  är ett mått på förhållandet mellan de två stabila kolisotoperna  $^{13}C$  och  $^{12}C$ . Generellt sett har källor från terrestra områden lägre värden av  $\delta^{13}C$  jämfört med marint organiskt material (Lamb et al, 2006). För att undersöka varifrån källan till det organiska materialet härrör kan ett diagram med värdet av C/N på y-axeln och  $\delta^{13}C$  på x-axeln framställas, se figur 5.

## Gränsvärden för metaller

De gränsvärden som metallhalterna jämförs med baseras på det norska miljödirektoratets framtagna värden för sediment enligt *tabell 1* nedan.

*Tabell 1: Klassificering för olika metallföreningar i sediment (Miljödirektoratet, 2016).*

Tillståndsklasser för sediment		Klass 1	Klass 2	Klass 3	Klass 4	Klass 5
<b>Ämne</b>	<b>Enhet</b>	Bakgrund	Bra	Moderat	Dålig	Mycket dålig
Arsenik	mg/kg TS	0 - 15	15 - 18	18 - 71	71 - 580	> 580
Bly	mg/kg TS	0 - 25	25 - 150	150 - 1480	1480 - 2000	2000 - 2500
Kadmium	mg/kg TS	0 - 0,2	0,2 - 2,5	2,5 - 16	16 - 157	> 157
Koppar	mg/kg TS	0 - 20	20 - 84		84 - 147	> 147
Kvicksilver	mg/kg TS	0 - 0,05	0,05 - 0,52	0,52 - 0,75	0,75 - 1,45	> 1,45
Zink	mg/kg TS	0 - 90	90 - 139	139 - 750	750 - 6690	> 6690

## Metod

### Provtagning

Sedimentprover samlades in under november 2023 i kursen Marin miljögeologi (GVM510 Inst. F. Marina vetenskaper, Göteborgs univ.) i Hakefjorden, Byfjorden, Havstensfjorden och i Skärhamn. Sammanlagt togs prover på 26 olika platser längs västkusten, varav 5 av dessa provplatser är tagna i Skärhamn. Ytprover togs på samtliga platser där vi kunde förvänta oss ackumulationsbottnar. Kärnor togs med en Gemeni Corer som tar ostörda prover med en intakt sedimentöveryta. I Skärhamn togs två kärnor vilka analyserades stratigrafiskt. Se *tabell 2* för ytterligare information om provtagningsplatserna.

*Tabell 2: Information om provtagningsplatserna.*

Stations-ID	Longitud	Latitud	Djup (m)	Datum
HC	57° 57.821' N	11° 43.257' E	31	21-10-01
SH23-02	57° 59.547' N	11° 32.480' E	7	23-11-08
SH23-03	57° 59.479' N	11° 32.379' E	6	23-11-08

För att bedöma vilken kärna som var bäst lämpad att användas för vidare analys beräknades vattenhalten i procent i stratigrafin. Detta gjordes genom att väga proverna, sedan frystorka dem och slutligen väga dem igen. Följande ekvation användes:

$$\% \text{ Vattenhalt} = \left( \frac{m_w - m_d}{m_w - m_c} \right) \cdot 100$$

$$m_w = \text{Wet sediment} + \text{container}$$

$$m_d = \text{Dry sediment} + \text{container}$$

$$m_c = \text{Container weight}$$

Kärnan SH23-03B valdes ut för vidare analys. Resultatet av vattenhalten i procent för de två sedimentkärnorna som inhämtades i Skärhamn presenteras i *figur 6* och *figur 7*.

## C/N, TOC, TN och $\delta^{13}\text{C}$ analys

Sex sekvenser i de översta 10 centimetrarna analyserades i kärnan SH23-03B. Ett litet prov från de utvalda frystorkade sedimenten mortlades till ett fint pulver och mellan 15 - 30  $\mu\text{g}$  placerades i små silverbägare. För att ta bort oorganiskt karbonatkol,  $\text{CaCO}_3$ , och för att erhålla det totala organiska kolet behandlades proverna sedan i en atmosfär av HCl-syra under 48 timmar. Efter det torkades proverna och placeras i tennkapslar vilka förseglades. Resterande analys utfördes i en GSL elementaranalysator ansluten till en isotopmasspektrometer (20–22, Sercon Ltd., Crewe UK) vid Institutionen för geovetenskaper. Sedimentkärnan HC används som referenspunkt eftersom det redan finns tillgänglig data gällande samtliga parametrar som ämnas studeras i denna studie. Se *figur 8-12* för erhållet resultat.

## Metallanalys

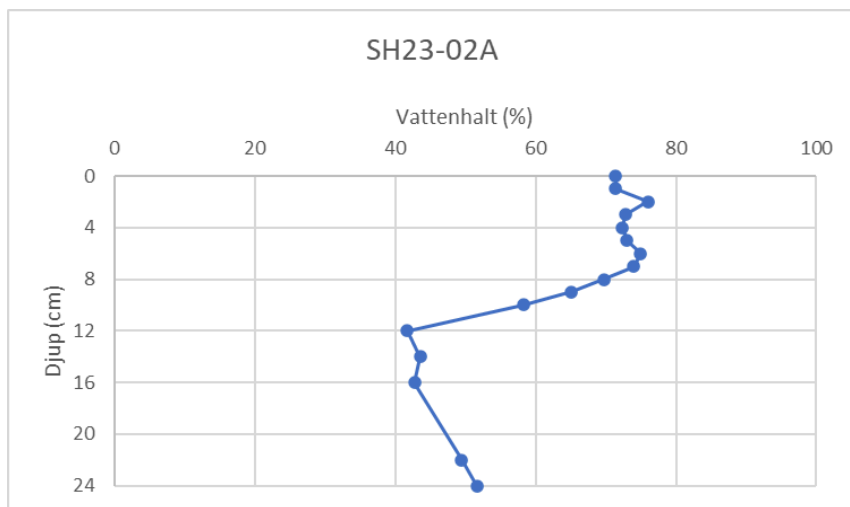
Kärnan SH23-03B valdes ut för vidare analys, där 6 sekvenser i de översta 10 centimetrarna analyserades i kursen GVM510. Ytterligare 10 prover ur kärnan SH23-03B skickades till ALS för vidare analys längre ned i stratigrafin i följande studie. Tre gram från de frystorkade proverna mättes upp och placerades i återförslutningsbara plastpåsar för ytterligare analys. Sedimentkärnan HC används som referenspunkt. Se *figur 13-16* för erhållet resultat.

## Datering av sedimentkärnan

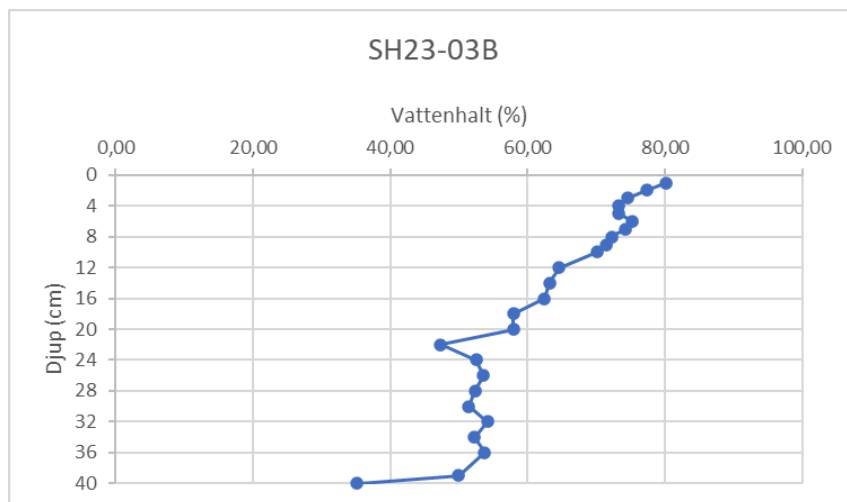
En metod för att ge en uppskattning om vilket djup i stratigrafin som motsvarar vilket årtal är att använda kvoten av blyisotoperna  $^{206}\text{Pb}$  och  $^{207}\text{Pb}$ . Före år 1925 låg  $^{206}\text{Pb} / ^{207}\text{Pb}$  kvoten mellan 1.30 och 1.35 men minskar sedan till ett lägsta värde lägre än 1.25 under 1970-talet. Därtill förbjöds blyad bensin år 1995 i Sverige vilket också kan vara en tidsmarkör (Brorstöm-Lundén, et al, 1998.; Näsström, 2022.) Genom att använda ovan nämnda tidsmarkörer är det sedan möjligt att räkna ut en uppskattad ackumulationshastighet och således uppskatta en tidsskala i lagerföljden. På så vis är det möjligt att datera när de olika koncentrationerna av ämnena ägde rum. Sedimentationshastigheten för kärnan HC har tidigare beräknats till ca 4 mm/år (Näsström, 2022). Se *figur 17-18* för

## Resultat

### Vattenhalt i procent



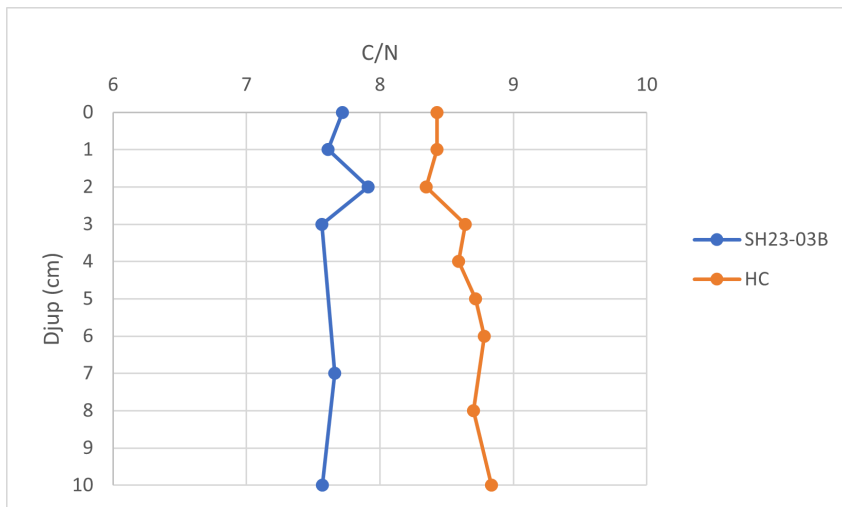
Figur 6: Hur vattenhalten i procent varierar med djupet i sedimentkärnan SH23-02A.



Figur 7: Hur vattenhalten i procent varierar med djupet i sedimentkärnan SH23-03B. Denna kärna valdes ut för vidare analys och studeras i följande studie.

Då sedimentkärnan SH23-03B visar en tydligare trend i och med en jämnare linje med mindre störningar valdes den ut för vidare analys. Vattenhalten är högst närmast ytan, 80 % och minskar sedan längre ned i stratigrafien, med lägst värde längst ned. Vid 39 centimeter djup är vattenhalten 50 % och vid 40 centimeter djup ligger vattenhalten på 35 %.

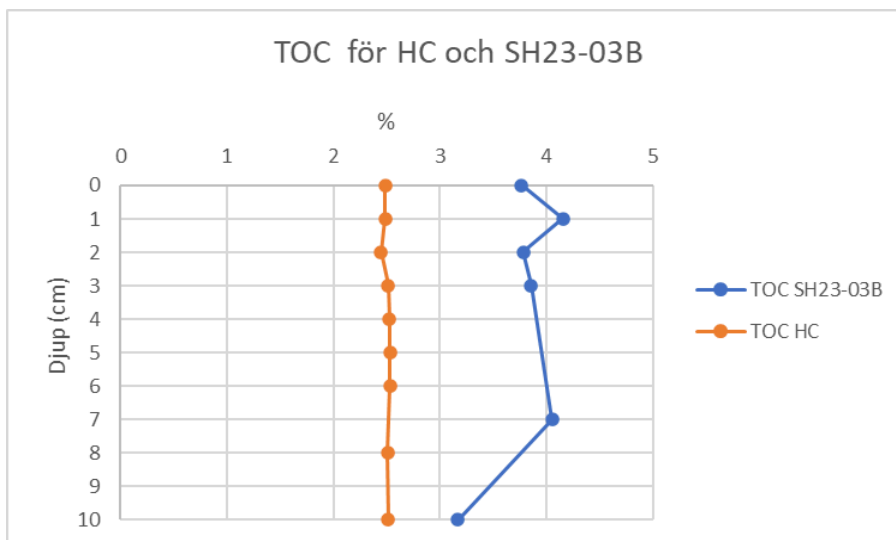
## C/N



Figur 8: C/N kvoten för SH23-03B (blå) och HC (orange).

C/N kvoten är något högre i Hakefjorden än i Skärhamn. HC varierar mellan 8,3 och 8,8 medan SH23-03B har ett lägsta värde på 7,6 och ett maximum på 7,9.

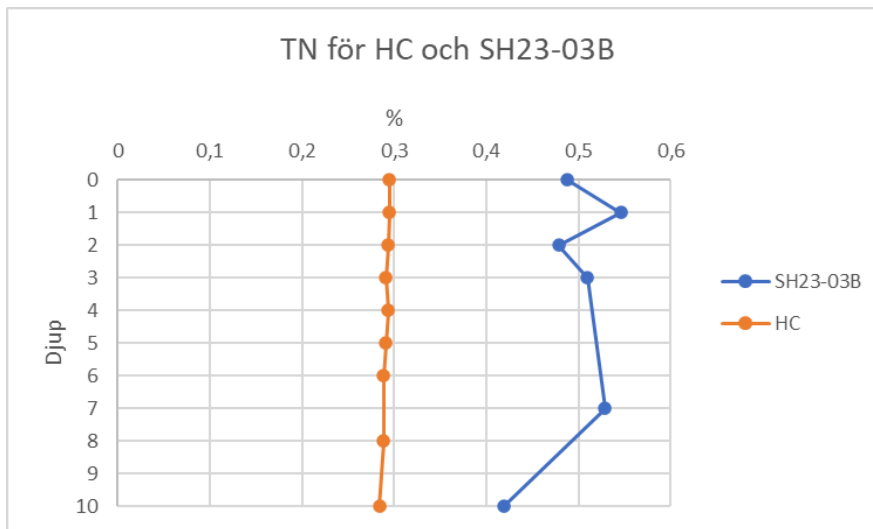
## TOC



Figur 9: Totalt organiskt kol i procent för SH23-03B (blå) och HC (orange).

TOC är konstant i HC, ca 2,5 %. I SH23-03B varierar mätvärdena från ett lägsta värde av 3,2 % på 10 cm djup och 4,1 % på 1 cm djup.

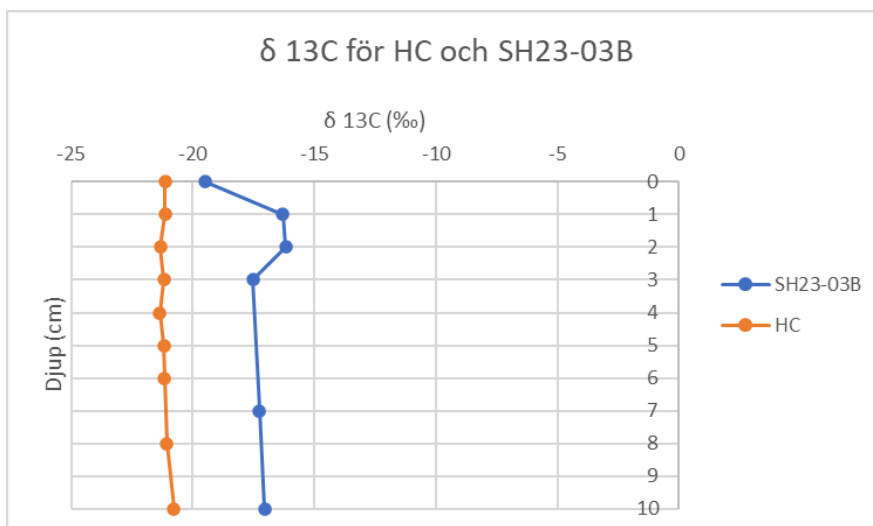
TN



Figur 10: Totalt kväve för SH23-03B (blå) och HC (orange) i procent.

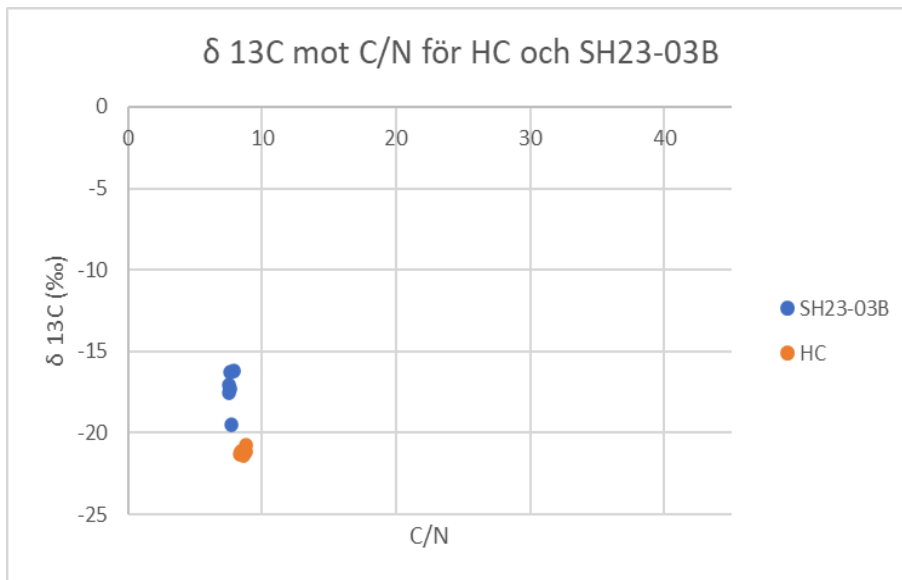
HC varierar med ett lägsta värde på 10 cm djup på 0,28 % och ett högsta värde på 0,3 % vid ytan vilket inte är någon reell skillnad. SH23-03B har det lägsta värdet på 10 cm djup, 0,42 %. Det högsta värdet återfinns på en centimeters djup, 0,55 %.

$\delta^{13}\text{C}$



Figur 11:  $\delta^{13}\text{C}$  för SH23-03B (blå) och HC (orange) i promille.

HC har ett lägsta värde på -21,37 vid 4 centimeter djup, och ett högsta värde som ligger på -20,7 vid 10 centimeter djup. SH23-03B har vid 10 centimeters djup ett värde på -17,05 som gradvis minskar upp i stratigrafin, och vid tre centimeters djup är värdet -17,5. Efter det ökar halten igen till -16,2 vid två centimeter djup, för att sedan minska och vid ytan är värdet på  $\delta^{13}\text{C}$  -19,5.



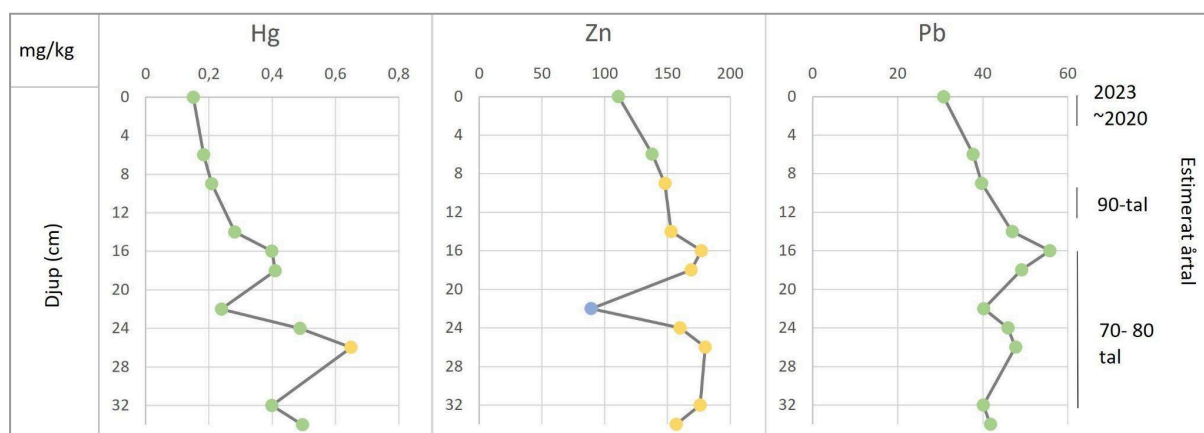
Figur 12: Figuren visar  $\delta^{13}\text{C}$  på y-axeln och C/N-kvoten på x-axeln. SH23-03B är de blå punkterna och HC har orangea punkter.

SH23-03B har en punkt som sticker ut från de andra, med ett  $\delta^{13}\text{C}$  värde på -19,47 och ett C/N värde på 7,72. Denna punkt är ytsedimentet (0-1 cm djup) i SH23-03B. Resterande punkter varierar med ett C/N värde mellan 7,6 och 7,9 och ett  $\delta^{13}\text{C}$  värde mellan -16,17 och -17,52.

HC:s värden är likartade, C/N varierar mellan 8,3 och 8,8 medan  $\delta^{13}\text{C}$  varierar mellan -20,78 och -21,15.

## Metaller

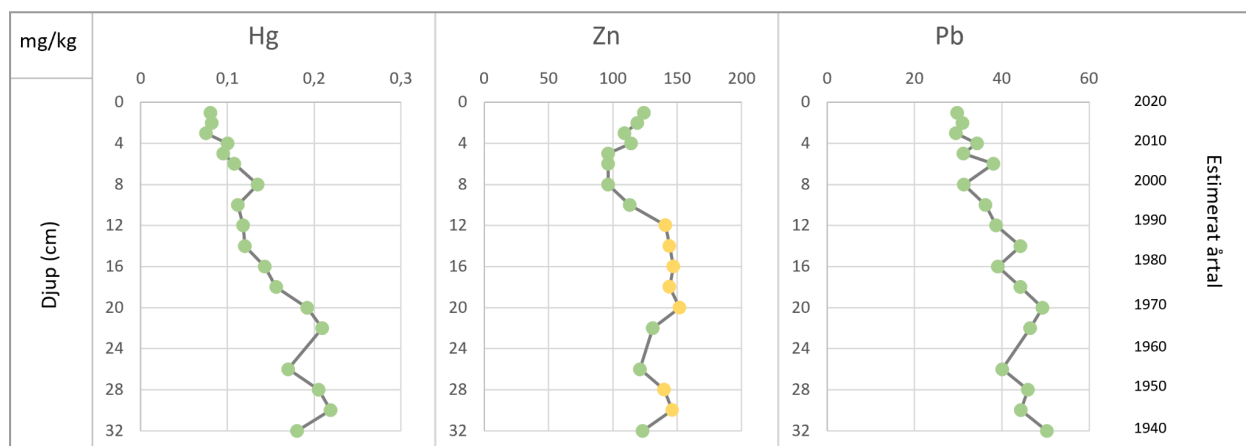
### SH23-03B



Figur 13: Hur metallerna kvicksilver, zink och bly varierar i koncentration mg/kg över djupet i sedimentkärnan SH23-03B (från vänster). En uppskattning av vilket årtal djupet i stratigrafin motsvarar har infogats på y-axeln till höger. Estimeringen gjordes i samråd med handledare. Punkternas färger representerar föroreningsgrad enligt det norska klassificeringssystemet. Blå markering innebär bakgrundsnivåer av metallen, grön god nivå och gul moderat nivå.

Alla metaller minskar över tid och ytsedimenten klassas alla som “god” nivå. Vid 22 centimeters djup visar samtliga en minskning, varav zink går från “moderat” nivå till “bakgrundsnivå” enligt det norska klassificeringssystemet. De högsta halterna av kvicksilver och bly återfinns på 26 centimeters djup, medan den maximala blykoncentrationen hittas vid 16 centimeter djup.

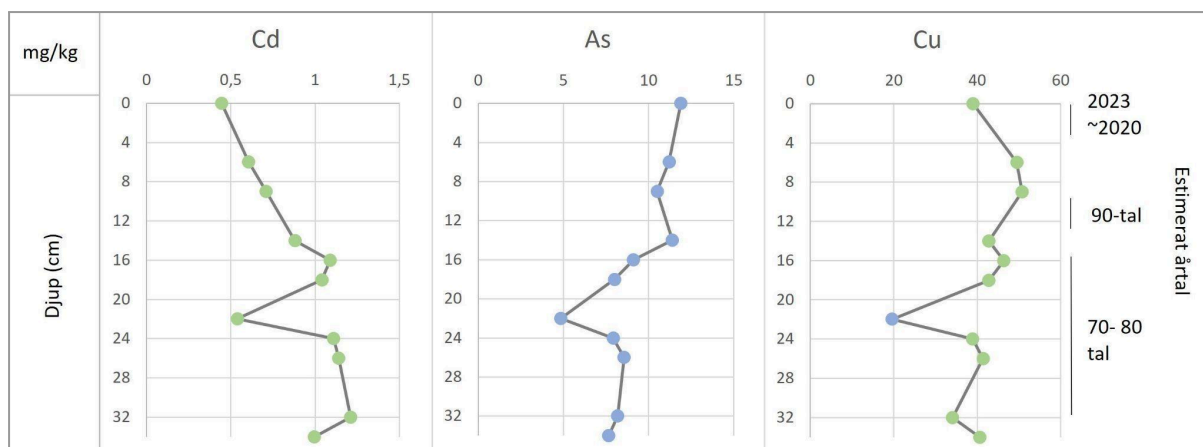
## HC



Figur 14: Hur metallerna kvicksilver, zink och bly varierar i koncentration mg/kg över djupet i sedimentkärnan HC (från vänster). En uppskattning av vilket årtal djupet i stratigrafien motsvarar har infogats på y-axeln till höger. Blå markering innebär bakgrunds nivåer av metallen enligt det norska klassificeringssystemet, grön god nivå och gul moderat nivå.

Kvicksilver och bly minskar över tid medan zink har ett något högre värde i ytsedimenten jämfört med 32 centimeters djup. Det högsta värdet av kvicksilver återfinns vid ett djup på 30 centimeter, det högsta värdet för zink på 20 centimeters djup och bly vid 32 centimeters djup.

## SH23-03B

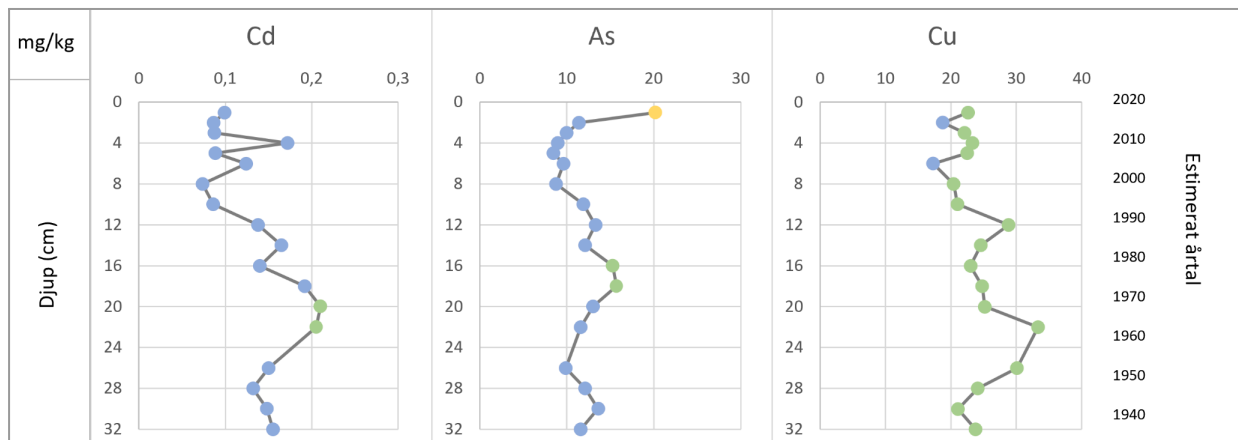


Figur 15: Hur metallerna kadmium, arsenik och koppar varierar i koncentration mg/kg över djupet i sedimentkärnan SH23-03B (från vänster). En uppskattning av vilket årtal djupet i stratigrafien motsvarar har infogats på y-axeln till höger. Estimeringen gjordes i samråd med handledare. Punkternas färger representerar föroreningsgrad enligt det norska

klassificeringssystemet. Blå markering innebär bakgrunds nivåer av metallen, grön god nivå och gul moderat nivå.

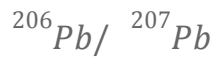
Endast kadmium har ett lägre värde vid ytsedimentet jämfört med längst ned i stratigrafin, medan både halterna av arsenik och koppar ökar vid ytan. Arsenik har “bakgrunds nivåer” genom hela sedimentkärnan och kadmium och koppar har “god” nivå. Även här visar samtliga metaller en minskning vid 22 centimeters djup.

## HC

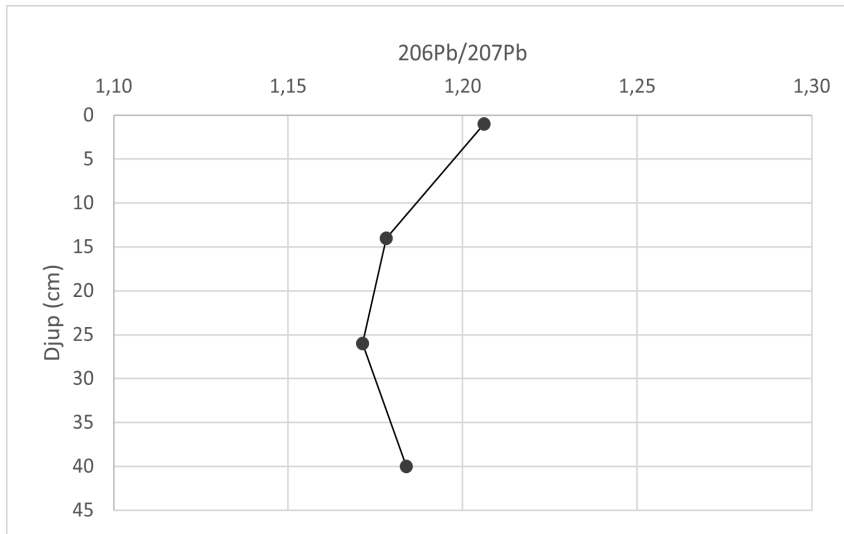


Figur 16: Hur metallerna kadmium, arsenik och koppar varierar i koncentration över djupet i sedimentkärnan HC (från vänster). En uppskattning av vilket årtal djupet i stratigrafin motsvarar har infogats på y-axeln till höger. Blå markering innebär bakgrunds nivåer av metallen enligt det norska klassificeringssystemet, grön god nivå och gul moderat nivå.

Kadmium är den enda metallen som har ett lägre värde vid ytan jämfört med längst ned i stratigrafin även för HC. Den högsta halten kadmium återfinns på 20 centimeters djup. Arsenik går från “bakgrunds nivåer” till “moderat” nivå vid ytan, vilket är det högsta värdet som återfinns. Koppar har ungefär samma värde vid ytsedimenten som längst ned i kärnan, och når den högsta halten vid ett djup på 22 centimeter.



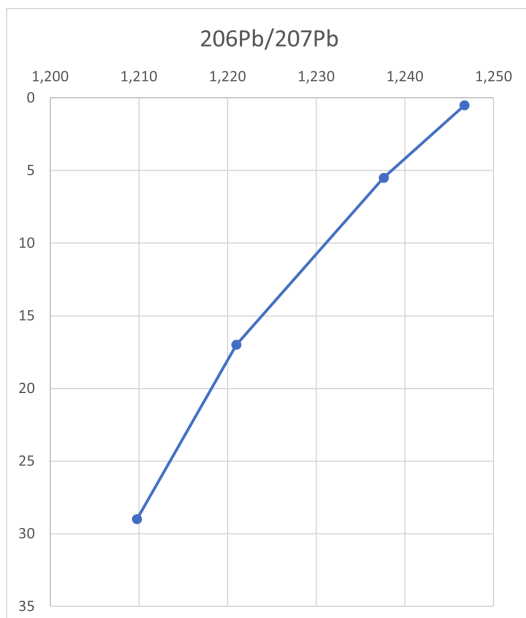
### SH23-03B



Figur 17: Hur  $^{206}\text{Pb}/^{207}\text{Pb}$  varierar med djupet i kärnan SH23-03B.

Kvoten är högst vid ytsedimentet, med ett värde av 1,21. Resterande punkter varierar från 1,17 till 1,18. Skillnaden i halterna över djupet i kärnan är marginell.

### HC



Figur 18: Hur  $^{206}\text{Pb}/^{207}\text{Pb}$  varierar med djupet i kärnan HC (Näsström 2022).

Även värdet av blykvoten för HC är likartade över djupet i stratigrafien. Värdena varierar från 1,21 längst ned i sedimentkärnan till ~ 1,25 vid ytsedimentet.

## Diskussion

### C/N, TOC, TN och $\delta^{13}\text{C}$

Förväntade värden av C/N för marina sediment är, som beskrivits tidigare, vanligtvis lägre än 8. Värden mellan 8 - 12 innebär en blandad källa av kol från terrestra och marina områden (Tang et al, 2020). Resultaten för SH23-03B, *figur 8*, visar att det lägsta värdet är 7,6 vid ett djup på 10 centimeter och når det högsta värdet vid två centimeters djup, på 7,9. Samtliga värden är alltså under 8, vilket är väntat då sedimentet är marint och påverkat av den urbana hamnmiljön med utsläpp av dagvatten. Att värdet ökar närmare ytan indikerar emellertid tecken på minskad tillförsel av kväve. HC har högre värden av C/N, mellan 8,3 och 8,8 vilket sannolikt förklaras av den geografiska placeringen närmare fastlandet, samt tillförseln av sötvatten från Nordre älv. Ingen av stationerna avviker kraftigt från varandra vilket kan ses som att miljöstatusen är likartad.

Vid jämförelse av *figur 5* och *figur 12* då C/N plottas mot  $\delta^{13}\text{C}$ , kan konstateras att källan till det organiska materialet är från sötvatten och terrestra områden vid värden av  $\delta^{13}\text{C}$  mellan -33 till -25 promille (se *figur 5*), om C/N värdet är mellan 4 och 10. Vid högre värden av  $\delta^{13}\text{C}$  (värden mellan -24 till -18 promille) är källan till det organiska materialet marint, återigen om C/N värdet är mellan 4 och 10. Det innebär att källan till det organiska materialet i Skärhamn huvudsakligen är marint, detsamma gäller för Hakefjorden men med något större influenser av sötvatten och terrestra källor, vilket stämmer bra överens med informationen som återfinns om de båda platserna. I ytsedimentet i Skärhamn ökar dock källan av det organiska materialet från sötvatten och terrestra källor, vilket skulle kunna bero på avloppsutsläppet från Brf Panorama 360, men det kan inte fastställas med säkerhet.

### Metaller

Halterna för samtliga metaller presenteras i *figur 13-16* och varierar från "bakgrundsnivå" till "moderat" nivå, som ingen halt överstiger. Generellt är värdena för samtliga metaller något högre i Skärhamn jämfört med HC. Kvicksilverhalten minskar högre upp i stratigrafin för både HC och SH23-03B, *figur 13-14*, men halterna är högre i Skärhamn, såväl som halten av zink. Undantaget är ytsedimentet då SH23-03B har 111 mg/kg och HC 124 mg/kg zink. I Skärhamn minskar zinkhalten högre upp i stratigrafin, medan ungefär samma värden

återfinns vid ytan som längst ned i djupet för HC. Dock minskar halterna från mätvärdena som återfinns på mellan 12 och 20 centimeters djup för HC.

Det som utmärker metallhalterna i Skärhamn är att samtliga visar en tydlig minskning vid ett djup på 22 centimeter. Det skulle kunna bero på att det orsakats någon form av påverkan från just det specifika provet. Eftersom övriga prover inte följer den trenden bör inga större slutsatser dras för just det provet. En möjlig förklaring skulle kunna vara att materialet är grövre i sedimentkärnan på det djupet, vilket innebär att anläggningsytan för föroreningarna att binda till minskar. Detta överensstämmer med trenden som visas i procent vattenhalt, *figur 7*, vilken också minskar på samma djup. Utöver det kan konstateras att halterna av arsenik ökar högre upp i stratigrafin (närmare ytan) hos både HC och SH23-03B, *figur 15-16*, och HC sticker ut då halten går från bakgrundsnivå till moderat nivå i det översta sedimentet, vilket är förvånande. I Skärhamn ökar halten av koppar, medan kopparhalten i HC är ungefär densamma genom hela sedimentkärnan. Kadmium minskar för både SH23-03B och HC högre upp i stratigrafin.

### Sedimentets kronologi

För att undersöka frågeställningarna hur koncentrationen av olika metaller varierar över tid, samt om det går att se spår från avloppsläckaget i Skärhamn är datering av sedimentet en viktig aspekt. Blykvoterna av  $^{206}\text{Pb}/^{207}\text{Pb}$ , *figur 17*, visar ingen tydlig trend från vilken man kan tolka en ackumulationshastighet, eftersom värdena är så pass likartade. Fler mätpunkter och djupare sedimentlager krävs för att några slutsatser skall kunna dras. Blykvoten för HC, *figur 18*, är inte heller representativ för ackumuleringshastigheten, men trenderna i metallkoncentrationerna överensstämmer med en ackumulationstakt på 4 mm/år, vilket utgjorde underlaget för tidsestimeringen i studien av Näsström (2022). Gällande kärnan SH23-03B är nedre delen av kärnan troligen 1970- 1980 tal då metallföroreningarna minskar under 80-talet (förutom Cu och As). Möjligen kan 12 cm djup representera tidigt 90-tal eftersom de flesta metaller inklusive bly minskar vid det djupet.

## Slutsats

Baserat på bakgrundsinformationen som finns att tillgå är värdena som erhållits för C/N, TOC, TN och  $\delta^{13}\text{C}$  väntade. Källan till det organiska materialet är mer marint i Skärhamn än i Hakefjorden. Det går att se en ökning av kväve i ytsedimentet, dessutom ökar källan till det organiska materialet från sötvatten och terrestra källor i Skärhamn, vilket skulle kunna bero på avloppsutsläppet från Brf Panorama 360. Det kan emellertid inte fastställas med säkerhet.

I Hakefjorden minskar bly, kvicksilver och kadmium högre upp i stratigrafien, medan zink och koppar har ungefär samma halter genom hela kärnan. Arsenik ökar och går från bakgrundsnivå till moderat nivå, vilket är förvånande. Skärhamn har generellt något högre metallhalter än HC men halterna överstiger inte "moderat" nivå. Kviksilver, zink, bly och kadmium minskar närmare ytan medan koppar och arsenik ökar för SH23-03B.

## Referenser:

Ahlfors, A., 1980. *Faunasuccession i muddertippningsområde i Hakefjorden på Västkusten under 1976-1978.* IVL.

<https://www.ivl.se/download/18.694ca0617a1de98f472fdc/1628415146933/FULLTEXT01.pdf>

Brorström-Lundén, E., Sternbeck, J., Östlund, P., 1998. *Metaller, PAH, PCB och totalkolväten i sediment runt Stockholm - flöden och halter.* Institutet för vatten och luftvårdsforskning. [https://miljobarometern.stockholm.se/content/docs/tema/vatten/sjoar/IVL%20\(1998\)%20Metaller%20PAH%20PCB%20%20totalkolv%C3%A4ten%20i%20sediment.%20Rapport%20B1297.pdf](https://miljobarometern.stockholm.se/content/docs/tema/vatten/sjoar/IVL%20(1998)%20Metaller%20PAH%20PCB%20%20totalkolv%C3%A4ten%20i%20sediment.%20Rapport%20B1297.pdf) (hämtad 2024-01-17)

Johansson, E., 2023. *Ingen övergödning.* Havs- och vattenmyndigheten. <https://www.sverigemiljomal.se/miljomalen/ingen-overgodning/> (hämtad 2024-05-02)

Kungälv kommun., 2005. *8 fjordar.* Remissutgåva [https://www.kungalv.se/siteassets/dokument/kommun-och-politik/miljo/8fjordar\\_remissutgava\\_sep05.pdf](https://www.kungalv.se/siteassets/dokument/kommun-och-politik/miljo/8fjordar_remissutgava_sep05.pdf) (hämtad 2024-03-10)

Lamb, A., Wilson, G., Leng, M., 2006. *A review of coastal palaeoclimate and relative sea-level reconstructions using  $\delta^{13}C$  and C/N ratios in organic material.* [https://www.researchgate.net/figure/Typical-d-13-C-and-C-N-ranges-for-organic-inputs-to-coastal-environments-data-compiled\\_fig2\\_223157743](https://www.researchgate.net/figure/Typical-d-13-C-and-C-N-ranges-for-organic-inputs-to-coastal-environments-data-compiled_fig2_223157743) (hämtad 2024-02-27)

Miljödirektoratet., 2016. *Grenseverdier for klassifisering av vann, sediment og biota – revidert 30.10.2020.*

( <https://www.miljodirektoratet.no/globalassets/publikasjoner/M608/M608.pdf>

Näsström, J., 2022 *Analysis of heavy metals in a sediment core from the Hakefjord.* Göteborgs Universitet.

Tang, Z., Cao, C., Tang, K., Qi, H., Sun, H., Yang, J., 2020. *Distribution of Carbon and Nitrogen as Indicators of Environmental Significance in Coastal Sediments of Weizhou Island, Beibu Gulf.* <https://www.mdpi.com/2073-4441/12/11/3285> (2024-02-24)

Wilcock., W. 2014. *16. Radiometric dating and applications to sediment transport.*  
University of Washington.  
[https://www.ocean.washington.edu/courses/oc410/lectures/class16\\_radiometric\\_dating.pdf](https://www.ocean.washington.edu/courses/oc410/lectures/class16_radiometric_dating.pdf)

(hämtad 2024-01-24)