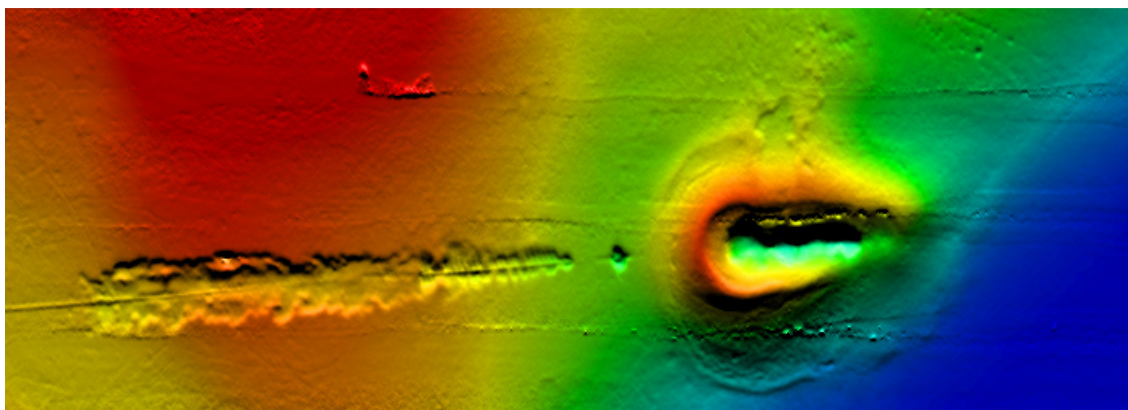


# Metoder för att kartlägga fiberhaltiga sediment



Anna Apler och Johan Nyberg

SGU-rapport: 2011:04



**Ändringar genomförda 16 april 2021**

Figurena 12, 20, 28, 32 och 40 är borttagna ur rapporten på grund av sekretess.

## Metoder för att kartlägga fiberhaltiga sediment

av

**Anna Apler och Johan Nyberg**

<b>Rapport maringeologi nr:</b>	SGUmaringeologi 2011:01
<b>SGU Dnr:</b>	08-592/2010
<b>Samverkan:</b>	Länsstyrelsen i Västernorrland län Avd. för miljö och natur 871 86 Härnösand
<b>Referens Länsstyrelsen</b>	
<b>Västernorrland:</b>	Irene Hedlund
<b>Referens SGU:</b>	Johan Nyberg
<b>Adress SGU:</b>	Sveriges geologiska undersökning Box 670 751 28 UPPSALA
<b>Telefon SGU:</b>	018-179 000 (huvudkontor) 070-227 02 53 (SGUs fartyg) 010-279 18 78 (SGUs fartyg)

## Innehållsförteckning

1. SAMMANFATTNING .....	4
2. INLEDNING .....	5
2.1 SGUs tidigare undersökningar i området .....	5
3. PROJEKTET.....	5
3.1 Fiberbankar/miljökemin i bottnar med hög organisk halt .....	6
4. METODIK .....	12
4.1 Positionering.....	12
4.2 Hydroakustik.....	12
4.2.1 Sedimentekolod .....	12
4.2.2 Reflektionsseismik.....	12
4.2.3 Interferometrisk sonar (swath-sonar) .....	13
4.2.4 Multistråleekolod (multibeam).....	13
4.2.5 Akustisk respons av gashaltiga sediment .....	13
4.2.6 Akustisk respons av trä .....	15
4.2.7 Processering och tolkning av hydroakustisk data .....	16
4.3 Provtagning.....	16
5. RESULTAT .....	18
5.1 Utvärdering av metodik.....	18
5.1.1 Hydroakustik.....	18
5.1.2 Provtagningsutrustning.....	23
5.1.3 Slutsatser och erfarenheter från metodutvecklingen/utvärderingen .....	24
5.2 Undersökta områden .....	25
Område E, Svartviksfjärden.....	25
Område A, C och D, Sundsvallsfjärden.....	30
Område G, Alnösundet.....	35
Område F, öster om Rödön .....	37
Område B, inre Klingerfjärden.....	39
Område K, sundet mellan Utansjö och Åbordsön .....	42
6 REFERENSER .....	46

BILAGA 1.....	47
BILAGA 2.....	48

## **1. SAMMANFATTNING**

Inom ramen för Fiberbanksprojektet, som finansieras av Havsmiljöanslaget och drivs av Länsstyrelsen i Västernorrland, har SGU, i ett första skede, utvärderat hydroakustiska metoder för att kartlägga fiberhaltiga sediment. Utvärderingen indikerar att gas tillsammans med större ackumulationer av träfiber kan detekteras genom sedimentekolodsmätningar i kombination med ojämnheter i bottenytan, backscatter från side-scan sonar-mätningar och seismik. Kraftiga ytnära utsläckningar och dämpningar av ljudsignaler av framförallt sedimentekolodsfrekvenser tyder på gashaltiga sediment och eventuell trä och träfiberförekomst. Skrovlighetsanalyser av djupdata samt backscatteranalyser från side-scan sonarekogram kan indikera anomalier på bottenytan i form av förekomst av gas och eventuella ackumulationer av fibrer. Provtagningar krävs för att verifiera förekomsten av fiberhaltiga sediment. Provtagningen bör penetrera hela träfiberackumulationen för att en volymuppskattning ska kunna göras.

För att effektivisera kartläggningen av fiberhaltiga sediment är det viktigt att ha kunskap om lokal geologi och lokala sedimentdynamiska förhållanden.

SGU kommer under år 2011 fortsätta utvärderingen av hydroakustiska metoder för kartläggning av fiberhaltiga sediment.

## **2. INLEDNING**

Längs med Västernorrlandkusten förekommer fiberhaltiga sediment innehållandes föroreningar som har sitt ursprung från utsläpp från den pappers- och massaindustri som har varit förlagd i området sedan slutet av 1800-talet. Västernorrland har Sveriges snabbaste landhöjning, mellan 8-10 mm/år. Landhöjningen medför att sedimenttytor som idag ligger under vatten och inte är utsatta för erosion och transport, på sikt kommer att lyftas upp och först eroderas av vågor och strömmar, och sedan ovan vattenytan, eroderas på grund av vind och nederbörd. Det innebär att bottenmaterialet på erosionsytorna kan komma i omlopp, vilket i sin tur kan bidra till att föroreningar som idag ligger uppbundna och begravnade i sedimentet riskerar att spridas.

Länsstyrelsen och kommunerna i länet har tidigt under 1990-talet uppmärksammat behovet av insatser inom förorenade områden. Arbetet med att undersöka och åtgärda förorenade områden i länet har främst utförts på land, men ett flertal fiberbankar har undersökts översiktligt eller i detalj. Ett stort antal bankar kvarstår dock att undersökas. På grund av de historiskt stora utsläppen av fibrer och föroreningar till haven och behovet av mer kunskap, har länsstyrelsen i Västernorrland ansökt och beviljats medel från havsmiljöanslaget för att kartlägga fiberbankar med modern hydroakustisk teknik. SGU har tidigare översiktligt kartlagt områdena (skala 1:100 000 och 1:500 000) längs med Västernorrlandskusten och besitter därmed kunskapen och utrustningen för att utveckla en metodik och kartlägga områdets fiberhaltiga sediment. Resultatet av SGUs kartläggning av bankarna ska bidra till beslutsunderlag för att kostnadseffektivt kunna rikta och genomföra ytterligare undersökningar och saneringsåtgärder vid de områden som bedöms ha störst miljöpåverkan.

### **2.1 SGUs tidigare undersökningar i området**

Under 2006 utförde SGU reguljära maringeologiska kartläggningar över stora delar av norra Bottenhavet och över Sundsvallsområdet. Karteringarna gjordes i syfte att presentera insamlat material i skalorna 1:100 000 och 1:500 000. Även kartläggning av recenta finsediments innehåll av metaller och miljöfarliga substanser genomfördes. Resultaten från 2006 års kartläggningar har använts som underlag vid planering av undersökningsområdena inom detta projekt.

## **3. PROJEKTET**

Inom projektet ska SGU utveckla en metodik som kan användas för kartläggning av fiberbankar. Metoden inkluderar hydroakustiska mätningar samt provtagning av sediment. Inom ramen för projektet ska fiberhaltiga sediment lokaliseras inom vissa prioriterade områden benämnda i ordningen A-X (fig. 1-5). Dessa områden är utvalda av länsstyrelsen i samråd med projektets referensgrupp. Sedimenten ska också analyseras på utvalda föroreningar som har sitt ursprung i massa- och pappersindustrins idag uttjänta processer.

Med fiberbankar menas sediment med högt träfiberinnehåll. Någon absolut definition av termen finns inte idag och gränsen för vad som menas med högt träfiberinnehåll är godtycklig. Träfiber i sedimenten kan se ut på flera sätt. På vissa ställen har träflis och bark påträffats medan andra platser uppvisar träfibrer som är mycket små och svåra att urskilja i sedimentet. I denna rapport kommer termen fiberbank att användas som ett samlingsnamn för fiberhaltiga sediment av alla slag.

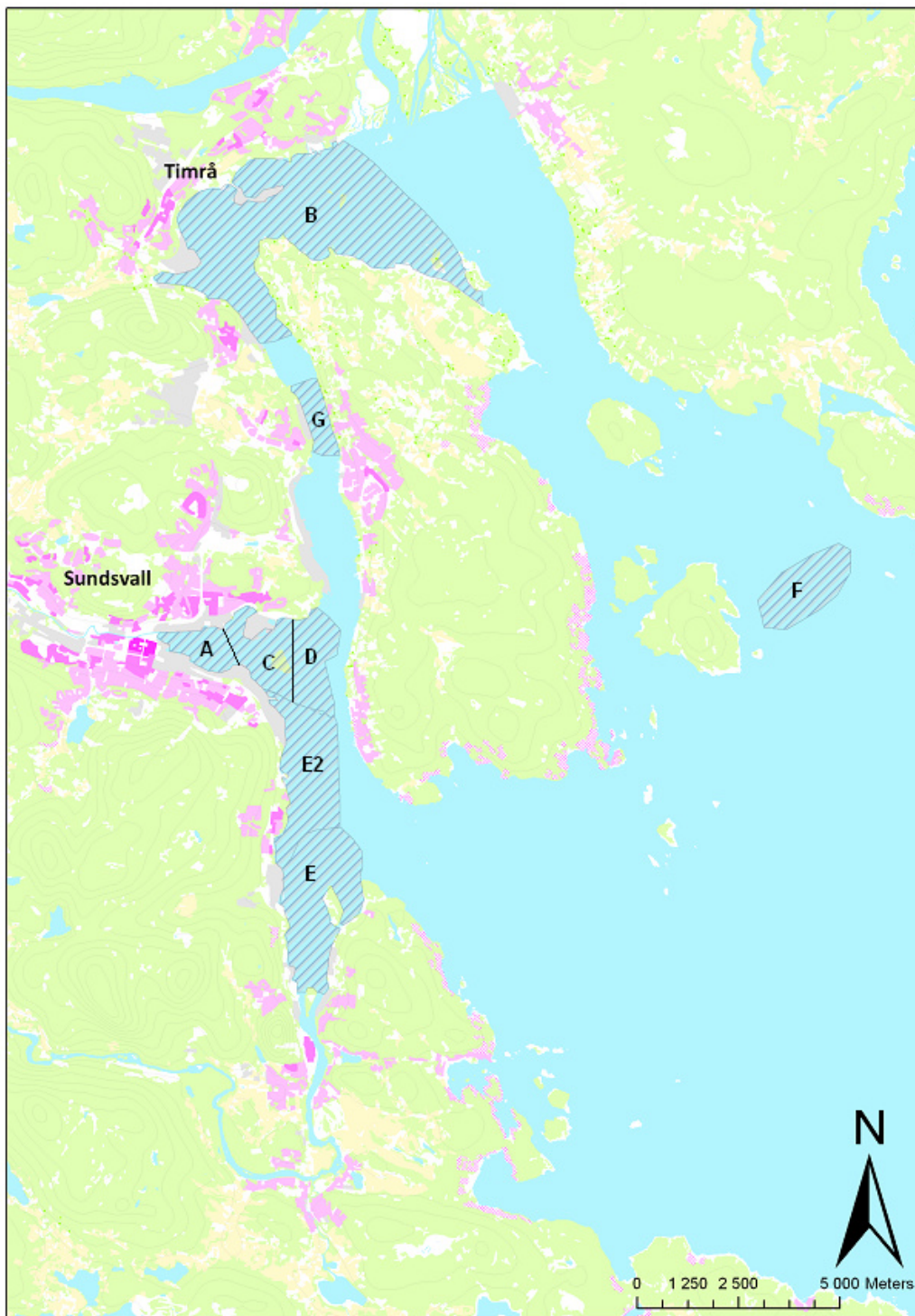
Gemensamt för fiberhaltiga sediment är att de ofta innehåller föroreningar i form av tungmetaller och organiska miljögifter. Dessa föroreningar kan ha sitt ursprung i många olika typer av industrier. Denna studie är inriktad på föroreningar associerade till det tidiga 1900-talets pappers- och massaindustri.

Detta är den första av två delrapporter som ska redovisa SGUs hittills utförda undersökningar inom projektet.

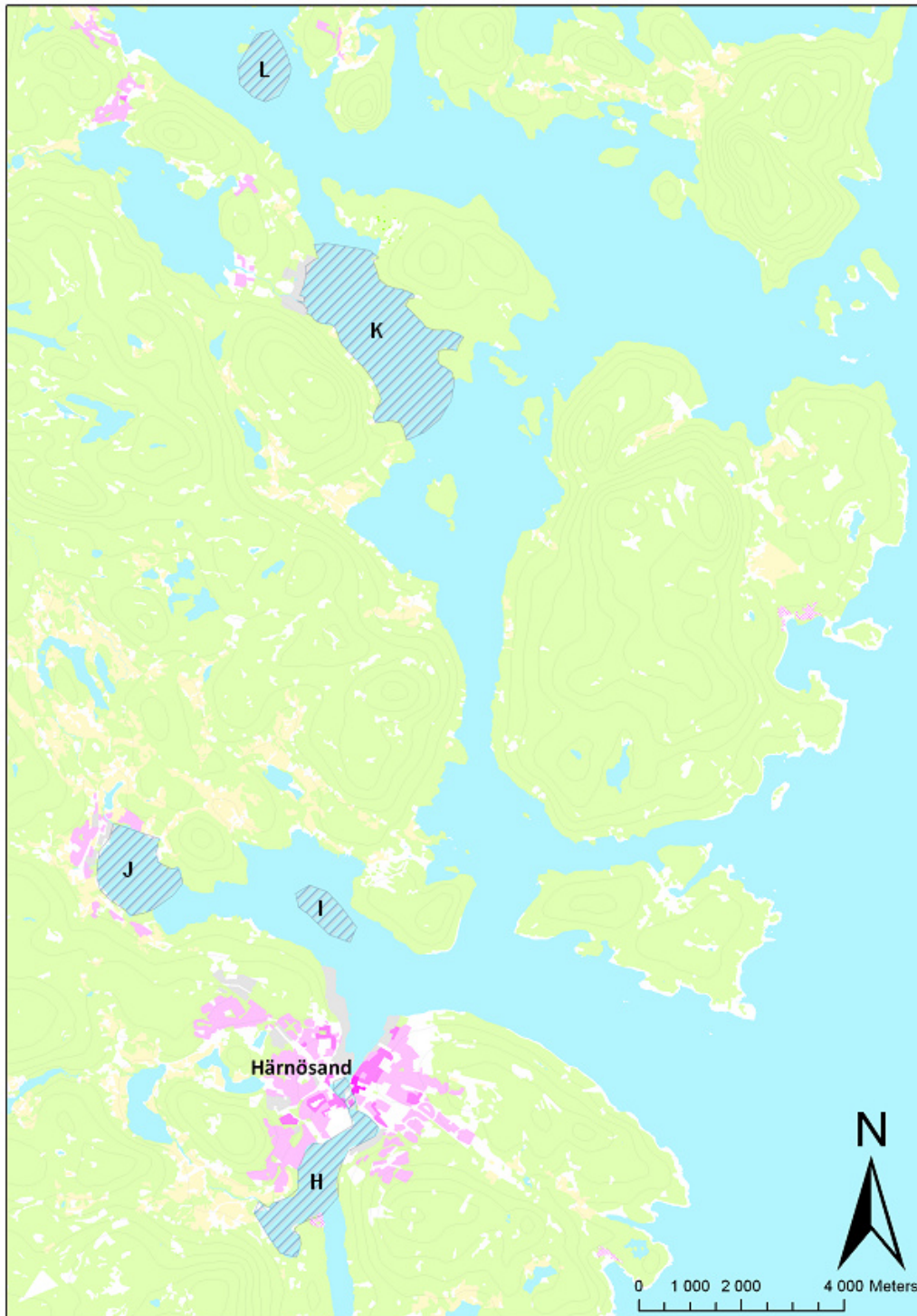
### **3.1 Fiberbankar/miljökemin i bottnar med hög organisk halt**

I tidigare använda processer inom pappers- och massaindustrier har träfiber varit en restprodukt som släppts ut tillsammans med avloppsvatten till recipienterna utanför fabrikena. På de platser där det har rått lugna förhållanden i recipienten, kan det förväntas finnas ackumulerade bankar utanför fabriken. Många fabriker var dock förlagda längs Ångermanfjärden eller längs andra kuststräckor med stor vattenomsättning. På dessa ställen har fibrerna oftast transporterats bort från utsläppskällan och ackumulerats i lugnare vatten nedströms.

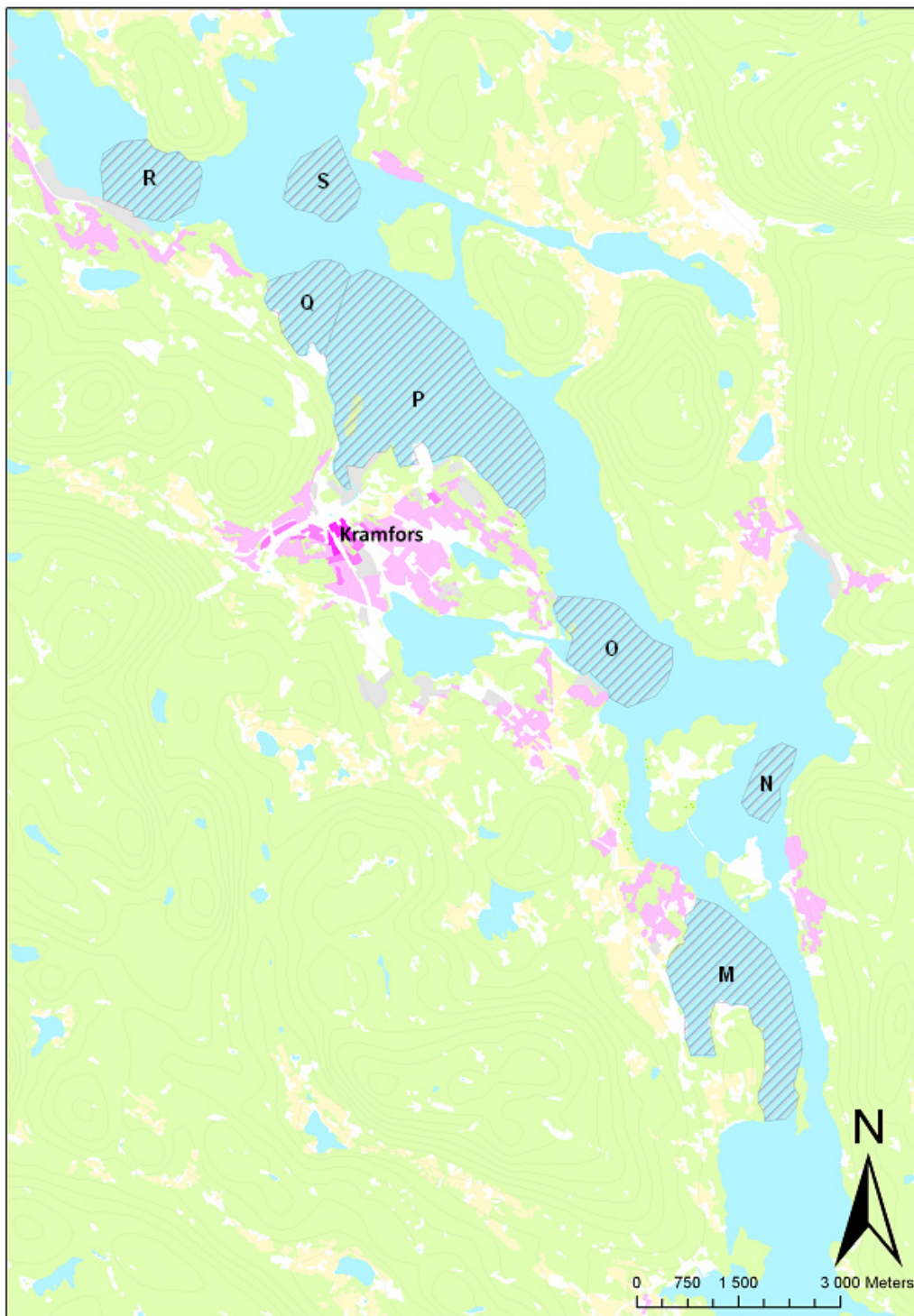
Träfibrer är av organiskt material som efter att ha ackumulerats på botten börjar brytas ner av mikroorganismer som förbrukar syre. Detta kan resultera i låga syrgashalter i bottenvattnet i bassänger där vatten inte byts ut regelbundet. Syret till nedbrytningen tas från olika oxidationsmedel i sedimentet. När den i ovanliggande vatten lösta syrgasen är förbrukad, tas syret från andra föreningar, bland annat sulfatjonen. När sulfatjonen används som oxidationsmedel, reduceras den till svavelväte ( $H_2S$ ). Detta är en mycket giftig gas som redan i små mängder kan verka toxiskt på organismerna i sedimentet. Gasen har också en karaktäristisk lukt som vittnar om anaerob nedbrytning i bottenmaterialet. När syret i sedimentet har förbrukats bryts det organiska materialet ned genom fermentation (jäsning). Jäsningen ger upphov till koldioxid och bubblor av metangas i sedimentet. Denna gas syns i de hydroakustiska mätningarna och är en indikation på höga halter av organiskt material.



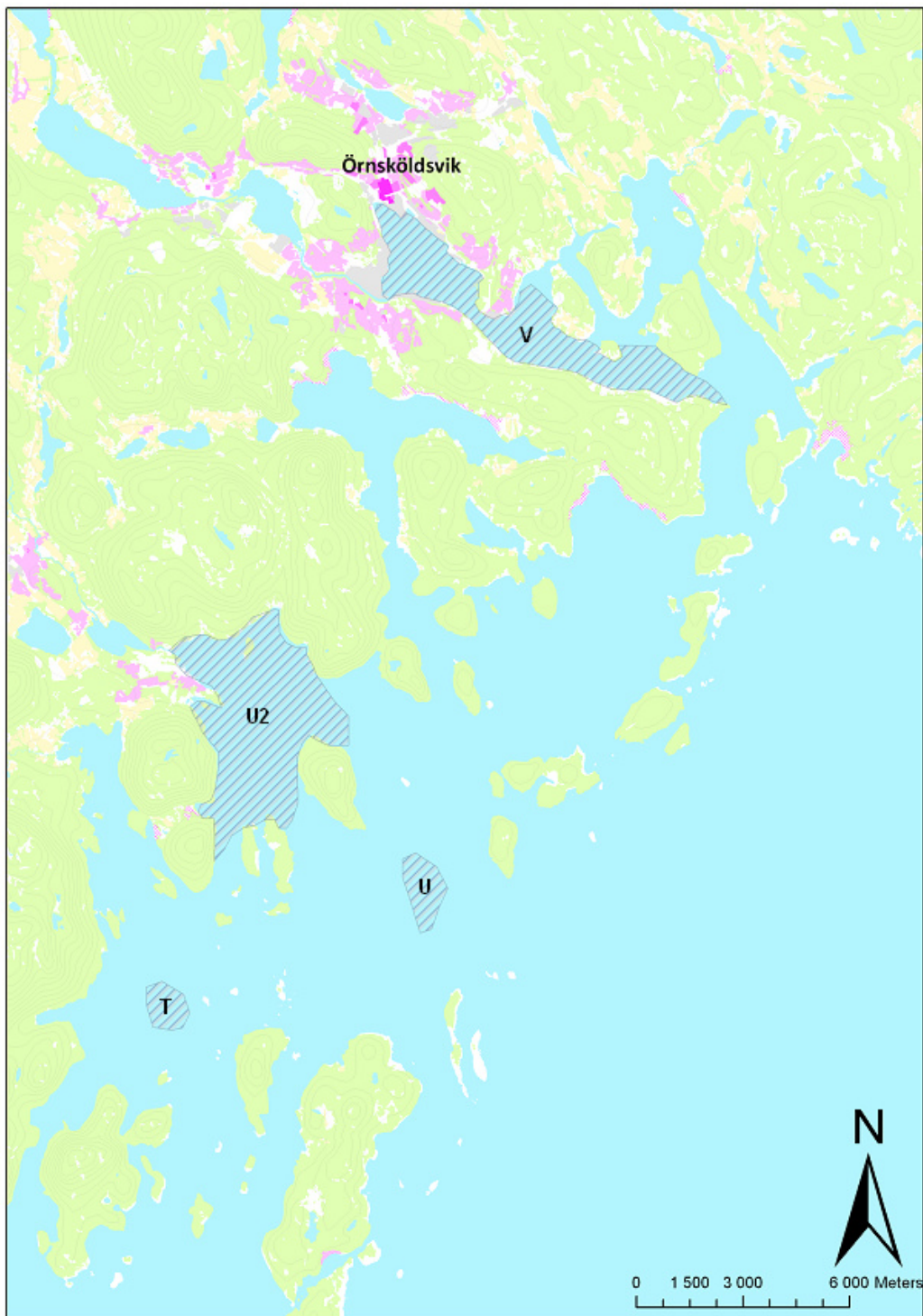
Figur 1. De prioriterade områdena, A till G, i Sundsvallsområdet.



Figur 2. De prioriterade områdena, H till L, i Härnösandsområdet.



Figur 3. De prioriterade områdena, M till S, i Kramforsområdet.



Figur 4. De prioriterade områdena, T till V, i Örnsköldsviksområdet.



*Figur 5. De prioriterade områdena, W till X, i Husumsområdet.*

## **4. METODIK**

Under den första fältarbets säsongen, år 2010, har SGU använt den mindre undersökningsbåten Ugglan för den hydroakustiska delen och undersökningsfartyget Ocean Surveyor för provtagningsdelen i arbetet. Under 2011 kommer även Ocean Surveyor att användas för hydroakustiska undersökningar, då ett multibeamekolod kommer installeras på detta fartyg.

### **4.1 Positionering**

Läget på undersökningsbåten, varifrån de hydroakustiska undersökningarna har genomförts, och på undersökningsfartyget, varifrån provtagningarna har utförts, har bestämts med differentiell GPS (DGSP). GPS-mottagarna levererar data till undersökningsdatorsystem som i sin tur varje sekund levererar positionsdata till mätsystem och provtagningsstation.

### **4.2 Hydroakustik**

De hydroakustiska mätmetoderna bygger på principen att ljudpulser skickas ned mot botten, reflekteras, detekteras av ett mottagarelement och analyseras. Ljudpulserna skickas ut med jämna mellanrum från undersökningsfartyget under gång. Det reflekterade, uppfångade ljudet registreras med avseende på tiden från tidpunkten för sändning och energiinnehåll. Registreringarna från de på varandra följande reflekterade ljudpulserna redovisas grafiskt som sammanhängande profiler.

Ljudpulserna som skickas ut vid hydroakustiska mätningar, varierar i frekvens, våglängd och energiinnehåll beroende på instrument och mätningens syfte. Fundamentalt är att ju större energiinnehåll och lägre frekvens desto bättre penetrationsdjup i sedimentet men sämre upplösning, och vice versa.

#### **4.2.1 Sedimentekolod**

Sedimentekolodet är utformat för att ge en högupplöst profil genom havsbotten bestående av sediment. Lodet arbetar i ett frekvensband mellan ca 1-15 kHz och ljudpulserna är anpassade att penetrera bottenytan och underliggande finkorniga material med partiell reflektion vid de skiktgränser som ljudet tränger igenom. Upplösningen som erhålls är god. Strukturer med en separation av några decimeter kan vanligen särskiljas. Penetrationsdjupet kan nå så långt som 100 meter i leriga sediment, medans grövre jordarter som sand och lerfri morän är mycket svårpenetrerade och ljudsignalen tenderar att släckas ut. Sedimentekolodet som använts hittills inom detta projekt är en Geopulse digital profiler där frekvenserna 3 och 7.5 kHz utnyttjats.

#### **4.2.2 Reflektionsseismik**

Vid reflektionsseismiska undersökningar används ett frekvensband mellan 100-1200 Hz. Ljudsignalen har en lägre frekvens, längre våglängd och större energiinnehåll jämfört med

sedimentekolodet, vilket möjliggör ett penetrationsdjup genom hela lagerföljden från havsbottenytan ner till berggrundsnivå. För seismikmätningarna som utförts inom projektet år 2010 har ett bubbelpulsersystem använts. Som mottagare har en kort (1.5 m) enkanals linjehydrofon använts. Upplösningen som ges är sämre än den från sedimentekolodet, men i gengäld kan grovkorniga strata och ibland även sedimentär berggrund penetreras.

#### **4.2.3 Interferometrisk sonar (swath-sonar)**

En interferometrisk sonar ger både en konventionell side-scan sonarbild, en slags flygbild av bottenytan, och djupvärden. En konventionell side-scan sonarbild baserar sig på ekosvarets signalstyrkevariation över tiden. Signalstyrkan är registrerat på fasta (mycket korta) tidsintervall och ger information om ekosvarets energiinnehåll (backscatter). För att göra en terrängmodell över botten registreras djupet för varje diskret position på botten. Djupen bestäms genom beräkningar av tvåvägstiden och vinkeln för den reflekterade ljudpulsens. Vinkeln fås genom mätning av fasskillnader på den reflekterade ljudpulsens mellan ett antal olika mottagarelement. Denna mätning utförs ett antal tusen gånger per akustisk ping. Resultatet blir en batymetrisk bild av botten tvärs fartygets färdriktning. Sammanslagning av dessa djupmätningar ger en tre-dimensionell bild av havsbottnens djupförhållanden.

Denna metod ger en bredare täckning av bottenytan på grundare vatten än ett multibeamsystem, vilket innebär en mer kostnadseffektiv och sjösäker undersökning. Mätlinjer kan läggas med större inbördes avstånd och grynnor samt andra för sjösäkerheten farliga företeelser kan lättare undvikas.

I fältarbetet har SGU använt, en i fören på Ugglan, skrovmonterad swathsonar av typen Geoswath Plus som producerar en 250 kHz CW (Continuous Wave)-puls samtidigt som svep för djupmätning utförs.

#### **4.2.4 Multistråleekolod (multibeam)**

Metoden kommer att användas under fältarbetet 2011 och redovisning av metodens användbarhet vid kartering av fiberhaltiga sediment redovisas i slutrapporten. Ett multistråleekolod skickar ut ljudpulser i ett solfjäderformat mönster. Reflekterande ljudpulser detekteras för att erhålla djupvärden och "backscatter" intensitet. Sändar- och mottagarelement är skrovmonterade, vilket innebär en mer noggrann positionering och bättre rörelsekompensation av erhållna data än, exempelvis, en bogserad side-scan sonar. Fördelarna med ett multibeam-ekolod är förmågan att detektera infallsvinkeln för olika men samtida reflekterade ekon samt den höga noggrannheten på erhållna djupvärden. Frekvensomfånget är vanligtvis mellan 200 och 400 kHz.

#### **4.2.5 Akustisk respons av gashaltiga sediment**

Olika sedimenttyper har olika akustiska egenskaper och ljudhastighetsutbredning. När ljud passerar gränser mellan sediment med olika akustiska egenskaper orsakas en skillnad i akustisk impedans. Akustisk impedans är en funktion av akustisk hastighet och densitet:

Akustisk impedans = akustisk hastighet x densitet (1)

Skillnader i akustisk impedans syns som reflektorer i profiler och används vid tolkning av sedimentets uppbyggnad (stratigrafi). Då gashaltiga sediment har en väldigt låg akustisk hastighet, jämfört med vatten och icke-gashaltiga sediment, orsakas en markant skillnad i impedans och en reflektion av ljudpulsen sker med hög amplitud. Då gashaltiga sediment, med låg akustisk hastighet, oftast underlagrar material med högre akustisk hastighet blir reflektionen reverserad (negativ).

Gasbubblor i sediment orsakar också dämpning, spridning och förändringar i fortplantning av ljudet. Dämpningen av ljud beror framförallt på storleken av gasbubblorna relativt den akustiska våglängden, vilken är definierad som:

Akustisk våglängd = akustisk hastighet/akustisk frekvens (2)

Dämpningen är som störst då den akustiska frekvensen är lika stor som resonansfrekvensen för gasbubblorna. När storleken (diametern) på gasbubblorna är större än den resulterande akustiska våglängden sprider bubblorna ljudet. När storleken (diametern) på gasbubblorna är mindre än den akustiska våglängden blir den akustiska hastigheten kraftigt reducerad även om gasinnehållet är lågt (1 volymprocent). Detta beror på att den akustiska responsen påverkas av både sediment och bubblor. Dämpning av ljud ökar markant med ökande innehåll av gas. När storleken på gasbubblorna är lite mindre men ungefär i samma storleksordning som den resulterande akustiska våglängden är dämpningen hög. Här är storleken på bubblorna och inte volymen av gas kritiskt.

I finkorniga sediment, med en ljudhastighetsutbredning på ca  $1500 \text{ ms}^{-1}$ , uppkommer akustiska våglängder av 0.5 till 50 mm vid användande av hydroakustiska instrument med frekvensområdet 30 till 3000 kHz, såsom side-scan sonar och ekolod. Dessa våglängder har ungefär samma storlek som diametern för gasbubblor. Då ljudvågor från dessa typer av instrument inte penetrerar sediment är det i praktiken enbart gasbubblor i bottenytan och i vattenpelaren som sprider ljudekter.

Lågfrekventa system, såsom seismiska sändare av typen bubbelpulser och sleevegun, där frekvensen är ca 500 Hz ger våglängder på ca 3 m. Vid mätning med dessa typer av system kommer gas i vattenpelaren och i yt nära sediment inte påverka ljudsignalen mer än att en reduktion av den akustiska hastigheten och amplitud av den reflekterade signalen sker. Dessa mätinstrument kan således detektera gasackumulationer längre ner i sedimentet.

Det bäst anpassade systemet för att detektera gas i yt nära sediment är sedimentekolod med frekvensbandet 3.5-7 kHz. Sedimentekolod är begränsade till att penetrera yt nära sediment med hög upplösning och djupare gasackumulation kan inte på ett tillförlitligt sätt upptäckas av instrumentet.

Den akustiska responsen från gas gör det tyvärr omöjligt att uppskatta kvantiteten gas i ett sediment. Problemet består i att även en låg koncentration av gas orsakar en reduktion i akustisk hastighet och därmed stora dämpningar. Akustisk påverkan sker redan vid < 1 % volymkoncentration av gas.

Andra faktorer som bör tas i beaktning vid hydroakustiska mätningar i gashaltiga bottenar är att resonanseffekter av gasbubblor är störst i sediment med låg skjuvhållfasthet, såsom lösa finkorniga sediment. Akustisk påverkan från gas förekommer därför mer sannolikt i lera och silt än i sand och grus.

#### **4.2.6 Akustisk respons av trä**

Reflektionskoefficienten (R) är ett mått på fysiska egenskaper av material och kan för bottenytan respektive för djupare delar av sedimentet beräknas som följande:

$$R = \frac{Z_2 - Z_1}{Z_2 + Z_1} = \frac{A_r}{A_i} \quad (3)$$

där: R = reflektionskoefficienten för gränsen mellan två bottenmaterial,  
 $Z_1$ ,  $Z_2$  = akustiska impedansen för materialet ovanför och nedanför gränsen, och  
 $A_r$ ,  $A_i$  = amplituden på den reflekterade och infallande vågen vid materialgränsen.

Reflektionskoefficienten är linjärt relaterad till skrymdensitet (densiteten för sedimentets totala volym), porositet och mediankornstorlek i sediment. Trä ger en kraftig negativ reflektionskoefficient jämfört med omgivande sediment. Dessutom är den genomsnittliga dämpningskoefficienten för trä högre än den för sediment. Därför kan en reduktion i mängden akustisk energi ske i de områden som penetrerar trä jämfört med omgivande sedimentet. Det innebär att ackumulationer av trä och träfibrer som är större än de våglängder som erhålls av frekvenser från exempelvis sedimentekolodssystem kan orsaka utsläckning av ljudsignalen.

Typiska reflektionskoefficienter för sedimentgränser redovisas i tabell 1. Reflektionskoefficienter indikerar, exempelvis, att amplituden av den reflekterande signalen för gränsen mellan vatten/sand (R=0.3) är högre än amplituden för den reflekterande signalen för gränsen mellan vatten/postglacial lera (R=0.05) på liknande vattendjup då vinkeln på den infallande vågen är konstant.

Tabell 1. Reflektionskoefficienter för olika vatten/sediment eller materialgränser.

Materialgräns	Reflektionskoefficient
Vatten/Luft	-1.0
Vatten/Sand	0.5
Vatten/Glaciållera eller Silt	0.1-0.2
Vatten/postglacial lera	0.05-0.1
Postglacial lera/Glaciållera eller silt	0.1
Glaciållera/Sand	0.1
Vatten/Trä	0.01-10
Vatten/Betong	40-50
Vatten/Stål	70-90

När vattendjupet är konstant är amplituden på den infallande vinkeln vid vatten/ytsedimentgränsen också konstant, vilket innebär att amplituden på den reflekterande signalen är relaterad till reflektionskoefficienten.

#### **4.2.7 Processering och tolkning av hydroakustisk data**

Seismik och sedimentekoloddata sparas i SEG-Y-format. Data processeras och transformeras till bilder som kvalitetsgranskas innan tolkning i digital miljö. Positionsdata filtreras och sparas i en georefererad grafisk fil. Tolkning av de insamlade profilerna från sedimentekolodet och den lågfrekventa seismiken har gjorts av en geolog som visuellt bestämt gasförekomst samt de förekommande jordarterna och ritat in gränser mellan dessa. Data från den interferometriska sonaren processeras och en terrängmodell samt en side-scan sonarbild över botten tas fram. Side-scan-mätningarna sparas i XTF-format, korrigeras för slant-range (sträckan längs botten räknas fram), georefereras, transformeras till geotiff-format med 20 cm pixelstorlek och sammanfogas (mosaikeras).

Underlaget från de tre använda hydroakustiska metoderna ger en samlad bild över havsbottens geologi både vertikalt ner i sedimentet och i sedimentytan och utgör grunden för det första urskiljandet av fiberbankar inom de olika områdena.

#### **4.3 Provtagning**

Provtagning utförs för att verifiera tolkningen av hydroakustiska data och för att erhålla sedimentprov för kemisk analys. Provtagningen inom detta projekt har utförts med olika tekniker beroende på botten typ på den specifika platsen. Valet av provtagningsplatser baseras på side-scan sonarekogram, terrängmodellerna samt profilerna från sedimentekolod- och seismikmätningarna.

Där de insamlade hydroakustiska dataseten gemensamt indikerat på gas, annan anomali eller avvikande morfologi har en provtagningsplats planerats.

Vid varje provtagningsplats görs först en bottenobservation med undervattenskamera. Vid observationen dokumenteras parametrar såsom material, morfologi, och förekomst av makrofauna eller flora. Med denna observation som grund väljs typ av provtagare. De provtagare som har använts är:

Geminilod – dubbelpipigt gravitationslod som tar upp till 70 cm långa, ostörda sedimentkärnor. Lodet passar väldigt bra för miljöprovtagning där ostörda kärnor önskas.

Boxcorer – fyrkantig lådprovtagare (40 x 40 cm) som passar till mjuka sediment. Boxcorern har primärt använts för ytprover.

Stor gripskopa (OPB) – Används i grövre sediment som sand och grus. När ca 40 cm ned i sedimentet.

Vibrohammarlod – 6 meter långt lod som med hjälp av vibratorer hamrar sig ner i grövre sediment.

Kullenbergslod (Piston corer) – 6 meter långt gravitationslod som med hjälp av sin tyngd penetrerar ner i mjuka bottenar.

När provet tagits upp med någon av de tre först nämnda provtagarna görs en första visuell besiktning av provet samt en kortfattad beskrivning. Provet fotograferas och en representativ del tas ut för närmre beskrivning i labbet. Vid provtagning med vibrohammarlod eller kullenbergslod, måste de sex meter långa kärnorna som erhålls först klyvas i sex stycken enmeterssektioner som i sin tur klyvs på längden och bildar två kärnhalvor. Kärnhalvornas sediment prepareras genom att försiktigt med kniv stryka bort oönskade företeelser som vatten och sågspån från sedimentytan. När sedimentet är rent beskrivs det i ett kärnprotokoll och fotograferas. Efter fotograferingen tas kärnhalvorna med in i labbet för noggrannare undersökning.

I labbet undersöks samtliga sediment närmre och eventuella lagerföljder noteras och beskrivs separat med avseende på bland annat kornstorlek, organisk halt, genes och struktur. Observationerna förs rutinmässigt in i en databas. Sedimentets färg bestäms med en Munsell Soil Color Chart.

Kalkhalten bestäms genom att studera gasutvecklingen vid kontakt med 10 % saltsyra. En översiktlig sammanställning av provernas geologi har gjorts i så kallade observationsdokument som presenteras i bilaga 2. Efter att beskrivningsarbetet avslutats och dokumenterats, plockas analysprover ut. I detta projekt har förutom ytprover på samtliga provtagningsställen, även analysprover längre ner i lagerföljden tagits på de platser där sedimentet och provtagningen gjort det möjligt. Den ansvariga geologen har bedömt var jordartsgränserna går och har tagit ut sediment från dessa i form av blandprov med olika mäktighetsintervall. Syftet har varit att få en grov, översiktlig bild av de geologiska och kemiska förändringarna nedåt i sedimenten. De allra flesta analysprover har förvarats i plastburkar, som efter invägning, har frysts ned i väntan på analys. Ytprover (0-10 cm) tagna för analys av dioxiner, har förvarats frysta, i glasburkar.

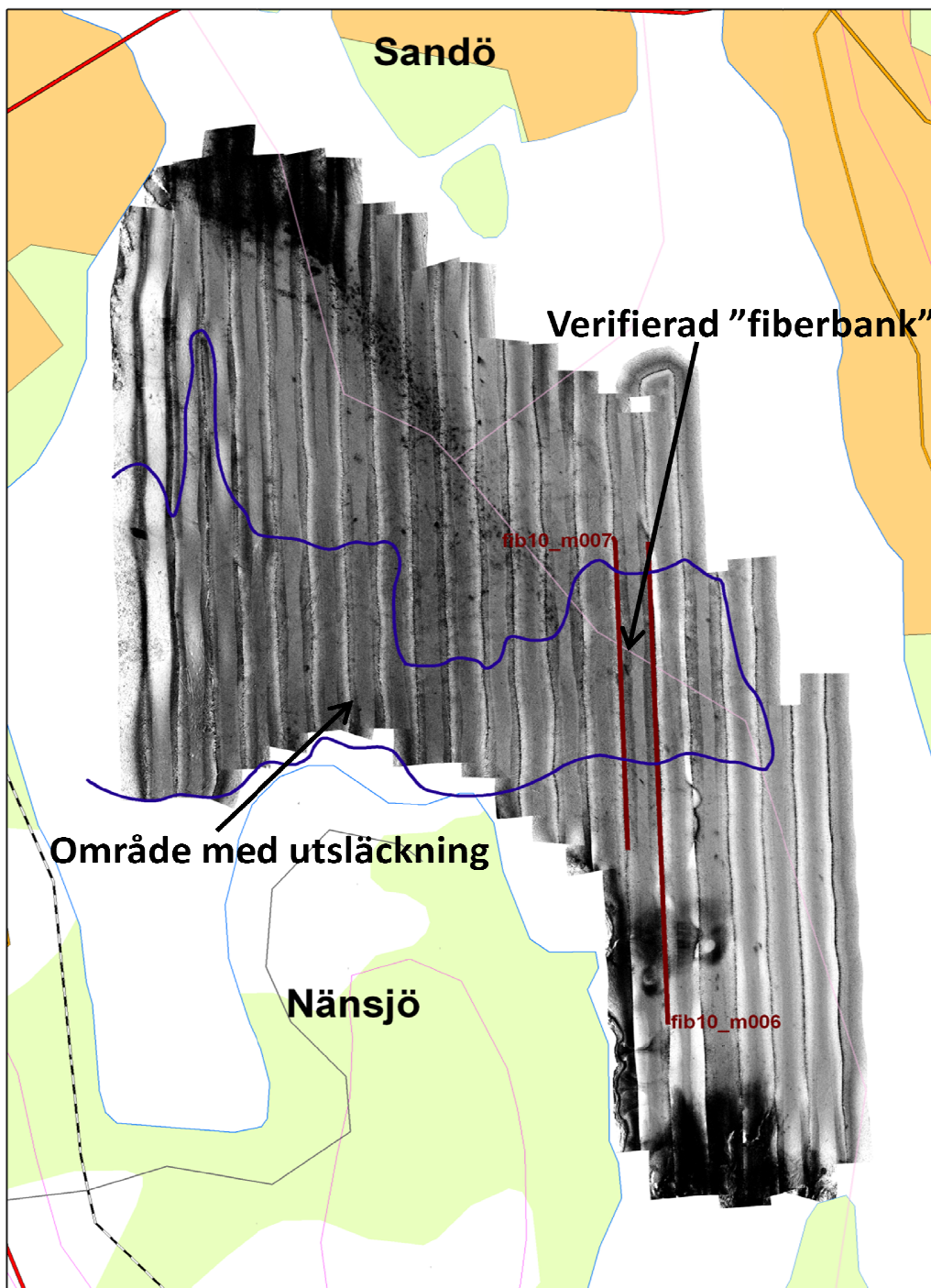
## **5. RESULTAT**

### **5.1 Utvärdering av metodik**

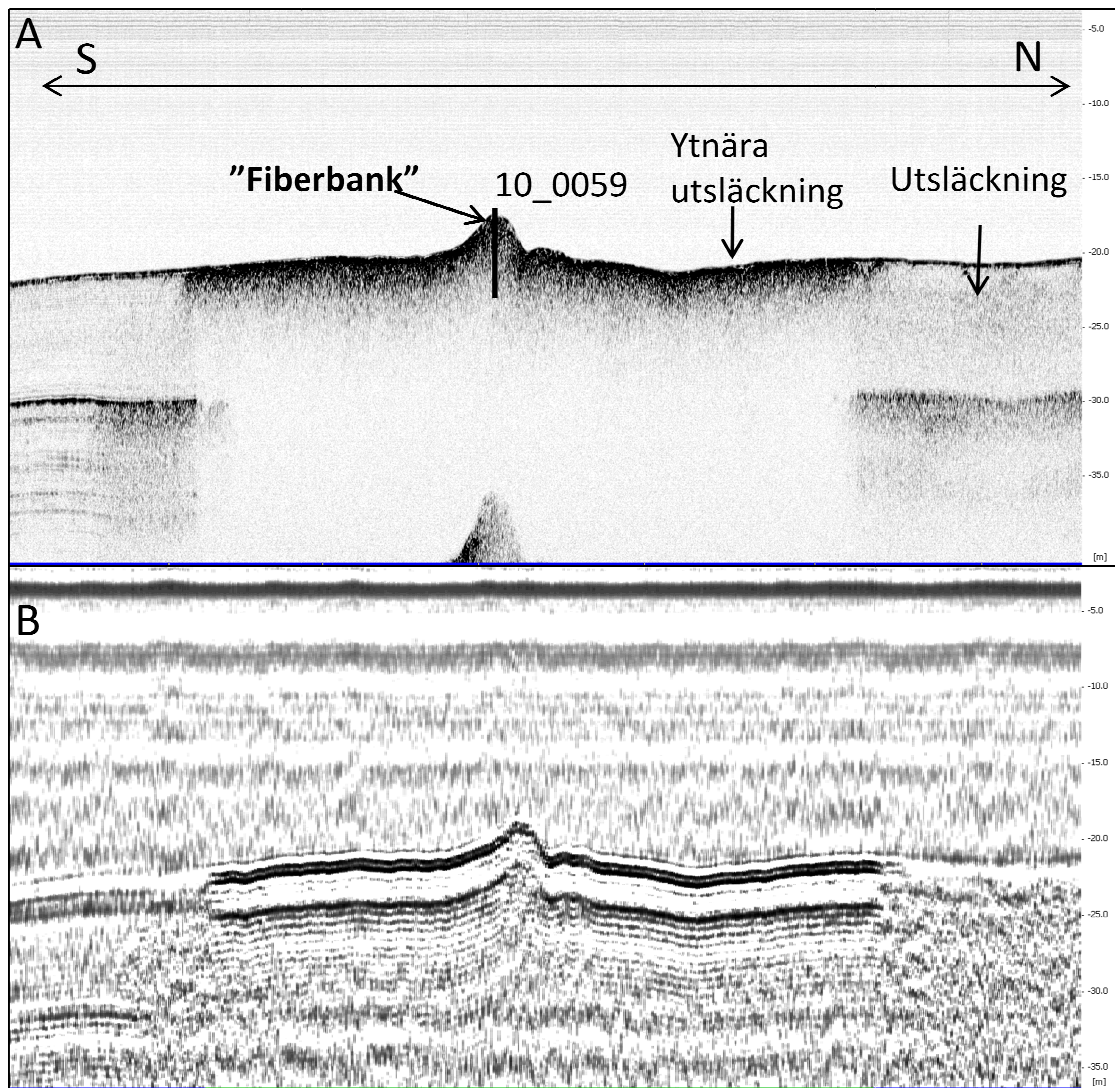
Nedan redovisas de preliminära resultaten och utvärderingen av metodiken efter år 2010. Resultaten redovisas för både de hydroakustiska mätmetoderna och provtagningmetoderna.

#### ***5.1.1 Hydroakustik***

I denna rapport koncentreras utvärderingen av de hydroakustiska metoderna i område M, vilket är beläget i Ångermanfjorden mellan Sandö och Nänsjö (fig. 6). Resultaten från sedimentekolods- och seismikmätningarna för linjerna fib10\_m006 och fib10\_m007 redovisas i fig. 7 och 8. En kraftig utsläckning av signalen sker nära bottenytan i både sedimentekolods- och seismikprofilerna. Denna utsläckning syns i det område som visas i figur 6 och som också kan ses som en mörkare reflektion (backscatter) i side-scan sonarmosaiken, (fig. 6). Generellt sett ger en ojämnare botten med högre impedansskillnad (högre akustisk reflektivitet) mellan vattenpelare och sediment mer ”backscatter”. Ju större mängd backscatter, desto mörkare yta i sonarbilden. Dessa mörkare ytor är med all sannolikhet orsakade av ytnära gas, men kan också bero på trä och träfibrer. Fortsatta undersökningar krävs för att klargöra detta. En vibrohammarborrning (10\_0059) i upphöjningen på botten bekräftar att sedimentet här innehåller en stor ansamling av trä och träfibrer, med en mäktighet av åtminstone 140 cm, och att sedimentet innehåller stora mängder gas, se bilaga 2.

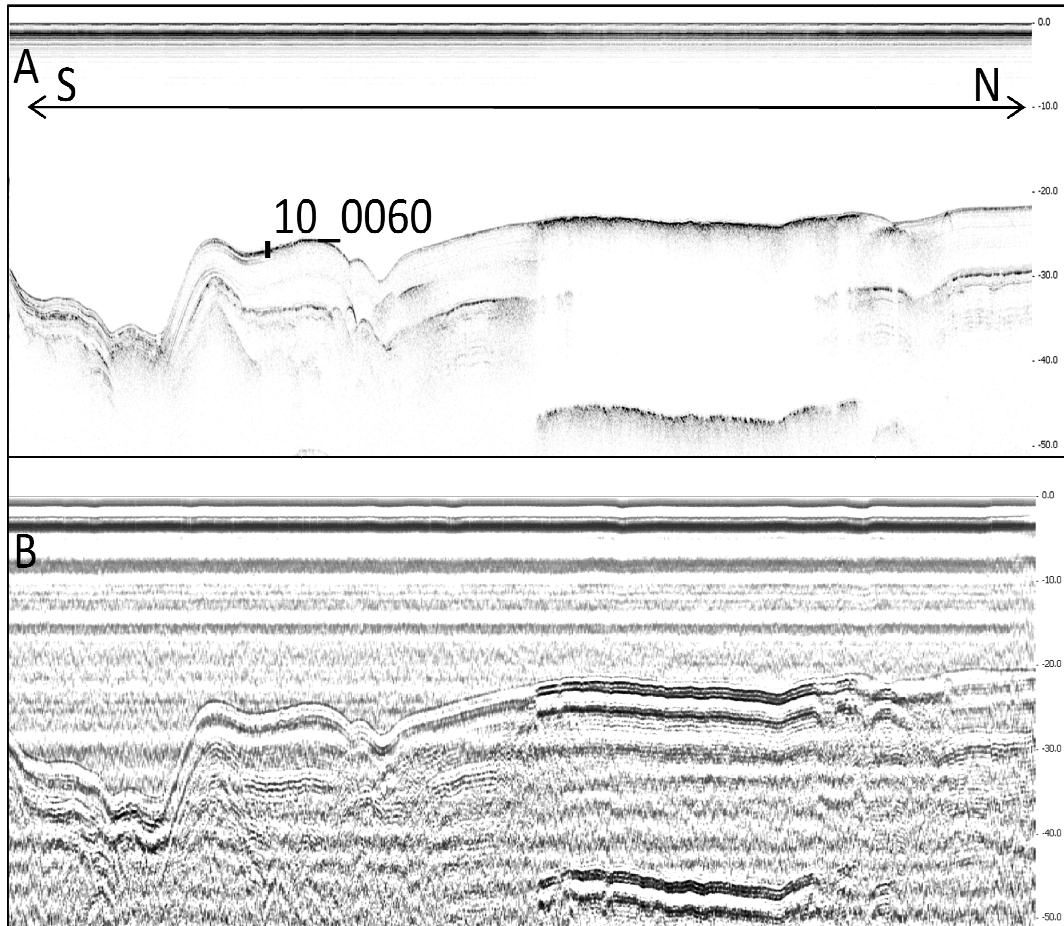


Figur 6. Side-scan sonar mosaik över område M. Enligt sonarekogrammen och sedimentekolods- och seismikprofiler förekommer ytnära gas och en eventuell trä och trä fiberförekomst i området inom den blå polygonen.



Figur 7. Sedimentekolodsprofil (A) och seismikprofil (B) från mätlinje fib10\_m0007 som visar en ytnära utsläckning. För linjens sträckning, se fig. 6. Provtagning 10\_0059 visar på en fiberansamling av minst 140 cm. Postglacial gyttjelera förekommer under träfiberackumuleringen, enligt provtagningen, samt vid sidan om utsläckningen, enligt profilerna. Norr om den ytnära utsläckningen förekommer, någon meter ned i sedimentet, en mer diffus utsläckning.

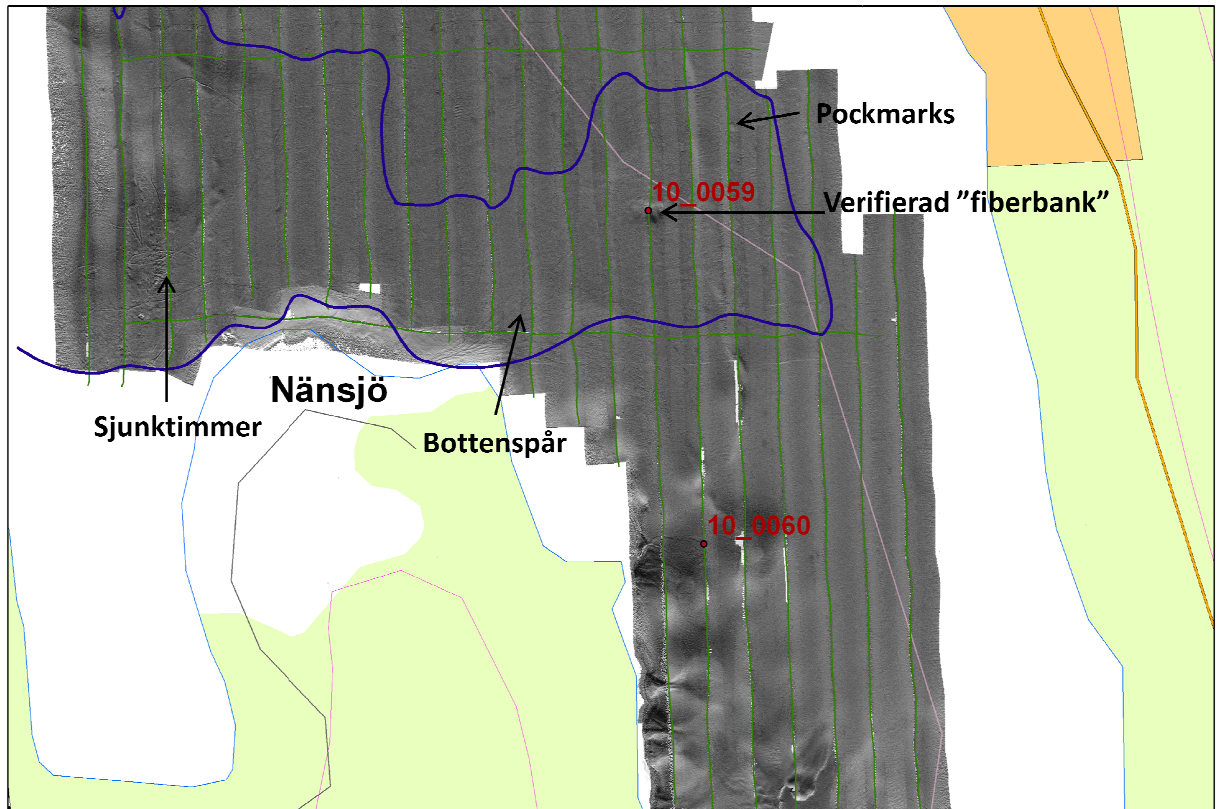
För en jämförelse med omkringliggande sediments och profilers egenskaper, visas även linje fib10\_m0006 i figur. 8, vars sträckning syns i figur. 6. Linjen korsar, från norr, den utsläckta delen och fortsätter söderut. Profilen visar att det både söder och norr om det ytnära gasområdet förekommer postglacial gyttjelera, vilket också bekräftas av provtagningarna 10\_0059 och 10\_0060. Postglacial gyttjelera indikerar en pågående ackumulation av sediment. Runt en meter ner i sedimentet i linje fib10\_m0007 (fig. 7), norr om den ytnära utsläckningen, syns en akustisk turbiditet (diffus utsläckning) i både sedimentekolod- och seismikprofilerna, vilket indikerar på gas i sedimentet. Denna gasförekomst är med stor sannolikhet orsakad av nedbrytning av för miljön "naturliga" biogena material.



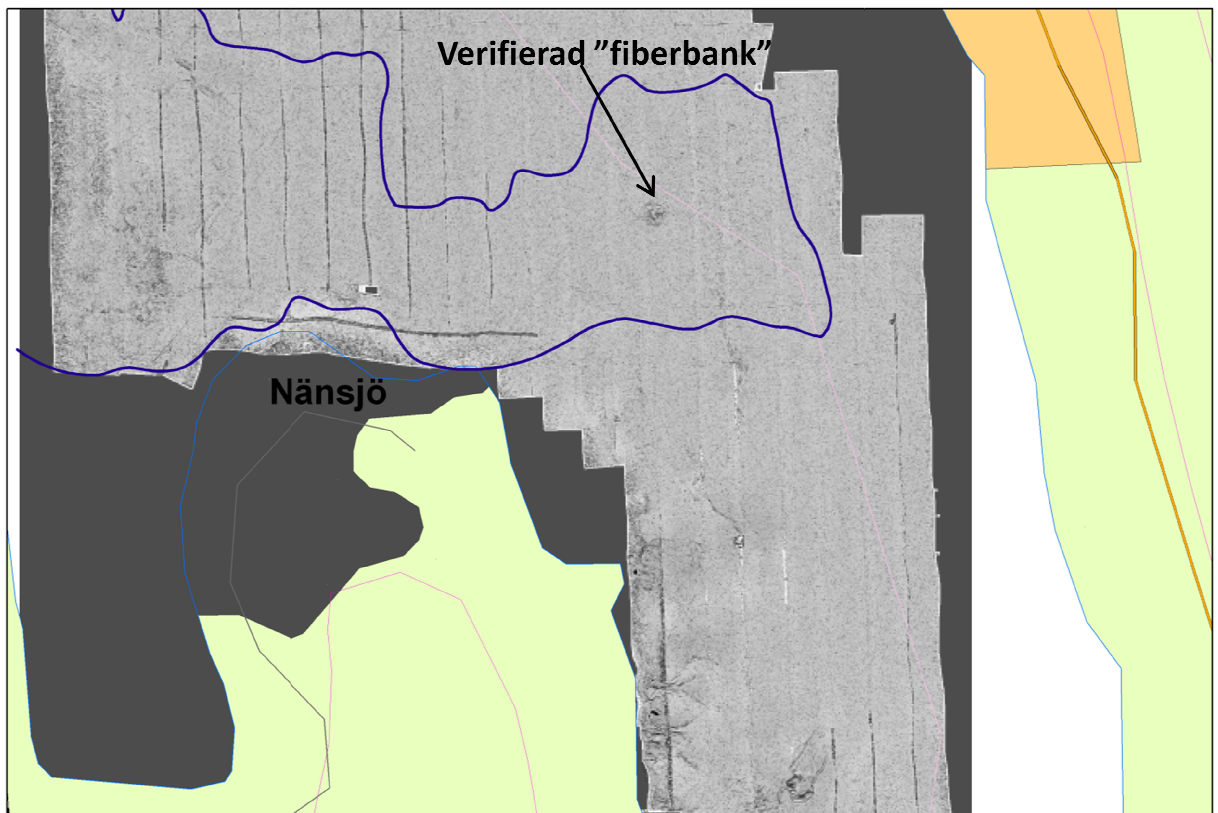
Figur 8. Sedimentekolodsprofil (A) och seismikprofil (B) från mätlinje fib10\_m0006 som korsar den ytnära utsläckningen. För linjens sträckning, se figur. 6. Postglacial gyttjelera förekommer under träfiberackumuleringen samt vid sidan om utsläckningen, enligt profilerna och provtagning 10\_0060.

När side-scan sonar mosaiken draperas med terrängkuggning syns den verifierade ”fiberbanken” ännu mer tydligt (fig. 9). Liknande upphöjningar och reflektioner syns bland annat även i den västra delen av området med ytnära gas. Andra företeelser som också framställs lite tydligare är t.ex. bottenpar, sjunktimmer och gaskratrar (pockmarks).

En skrovlighetsanalys gjordes på djupvärden (fig. 10). Analysen indikerar på en mer skrovlig botten vid fiberbanken samt att en mer skrovlig botten förekommer i den västra delen av ”gasområdet”, vilket kan innebära större ackumuleringer av trä och träfibrer. Dessa resultat överensstämmer med visuella analyser av backscattervärden i sonarekogrammen. Ytterligare provtagningar behövs här för att verifiera trä och träfiberackumuleringer.



*Figur 9. Side-scan sonarmosaik draperad med terrängkuggning.*



*Figur 10. Analys av bottenens skrovlighet. Ju mörkare värden desto mer skrovlig botten. Analysen indikerar att en relativt mer skrovlig botten förekommer i den västra delen av "gasområdet", vilket kan innebära större ackumulationer av trä och träfiber.*

För att visa hur gas som uppkommit genom nedbrytning av biogent material från biologisk produktion i havet ser ut i sediment- och seismikprofiler visas linje vno10\_0025, som är mätt år 2010 inom SGUs reguljära kartläggning utanför Härnösand i Norra Bottenhavet (fig.11). Här syns, i sedimentekolodsprofilen, överytorna av gasackumulationer som diffusa utsläckningar några meter ned i sedimentet (postglacial lera). Seismiksignalen dämpas, men lyckas penetrera den gashaltiga postglaciala leran. Reflektorerna under de gashaltiga sedimenten visar "pull-downs", vilket ger det skenbara intrycket av att sedimentgränserna är djupare än vad de är i verkligheten. Detta är orsakat av den lägre akustiska hastigheten i det gashaltiga sedimentet som ökar två-vägstiden för den akustiska pulsen och antyder en längre sträcka mellan reflektor och mottagarelement.

### **5.1.2 Provtagningsutrustning**

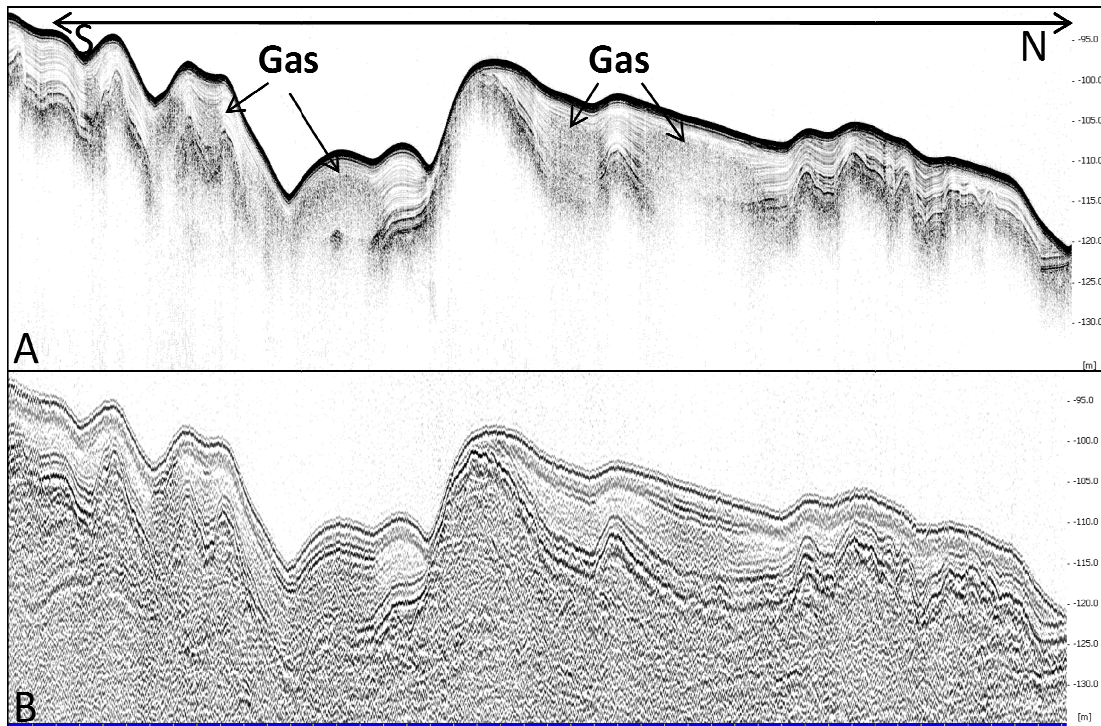
Vid provtagning av fiberbankarna har hittills sex olika typer av provtagare använts. Eftersom de fiberhaltiga sedimenten har olika strukturer, kornstorlekar och kompaktionsgrader måste provtagare väljas efter de olika förutsättningar som ges för att kunna ge ett prov av godkänd kvalitet. På de platser där botten är ojämn och täckt av grövre material som bark och flis, har en stor gripskopa

använts, vilken tar sedimentprover i ytan (0-40 cm). I de fall man vill undersöka mäktigheten på en fiberbank bestående av grövre material, kan vibrohammarlodet användas. Med hjälp av det har fiberbankar bestående av grövre material kunnat genomborras, exempelvis som vid provtagningen utanför Nensjö (10\_0059).

De flesta av de hittills provtagna bottenarna består av lösare sediment som postglaciala leror. Denna sedimenttyp är lättare att provta och fyra olika provtagare har använts för ändamålet. Stötlodet har använts vid de lokaler där den översta metern av botten har studerats i avseende att utreda om sedimentet passar för ytterligare provtagning med Kullenberglodet. Kullenberglodet har använts vid provtagning av mjuka bottenar i syfte att penetrera lagerföljder ner till ett djup på 6 meter i sedimentet. För att erhålla ostörda ytprover har geminilodet och boxcorern använts. Geminilodet har också utnyttjats vid de provtagningar då en mer detaljerad analysgrad av ett sediment önskats. Geminilodets kärnor har sektionerats upp i intervaller med en centimeter. Dessa delprover gör det möjligt att spåra förändringar i koncentrationen av olika ämnen nedåt i sedimentet. Boxcorern har använts för provtagning av sedimentytan, ca 0-1 cm, på några platser. I bilaga 1 presenteras en översikt av provtagningarna som utförts inom projektet 2010.

### ***5.1.3 Slutsatser och erfarenheter från metodutvecklingen/utvärderingen***

- Gas tillsammans med större ackumulationer av träfiber kan detekteras genom sedimentekolodsmätningar i kombination med backscatter från side-scan sonarekogram och seismik.
- Kraftiga ytnära utsläckningar och dämpningar av ljudsignaler av framförallt sedimentekolodsfrekvenser tyder på gashaltiga sediment och eventuell trä och träfiberförekomst.
- Skrovlighetsanalyser av djupdata samt backscatteranalyser från side-scan sonarekogram kan indikera på förekomst av gas och eventuella ackumulationer av fibrer.
- I samtliga fall där hydroakustiska data har tytt på fiberbankar, har provtagningar krävts för att verifiera fiberförekomst i sedimentet.
- Bottenar med fiberhaltiga sediment varierar i struktur, jordart och kompaktionsgrad och provtagningsutrustningen måste kunna anpassas därefter.
- Gas som förekommer naturligt, utan inblandning av fibrer i sedimentet, tenderar att synas i sedimentekolodsprofiler som en mer diffus utsläckning av ljudsignalen.
- Kunskap om lokal geologi och lokala sedimentdynamiska förhållanden underlättar och effektiviserar kartläggningen av fiberhaltiga sediment.



Figur 11. Sedimentekolods- (A) och seismikprofiler (B) från linje vno10\_0025, mätt år 2010, och lokaliserad i Norra Bottenhavet ca 10 km utanför Härnösand. Vattendjupet varierar mellan ca 95 och 120 meter.

## 5.2 Undersökta områden

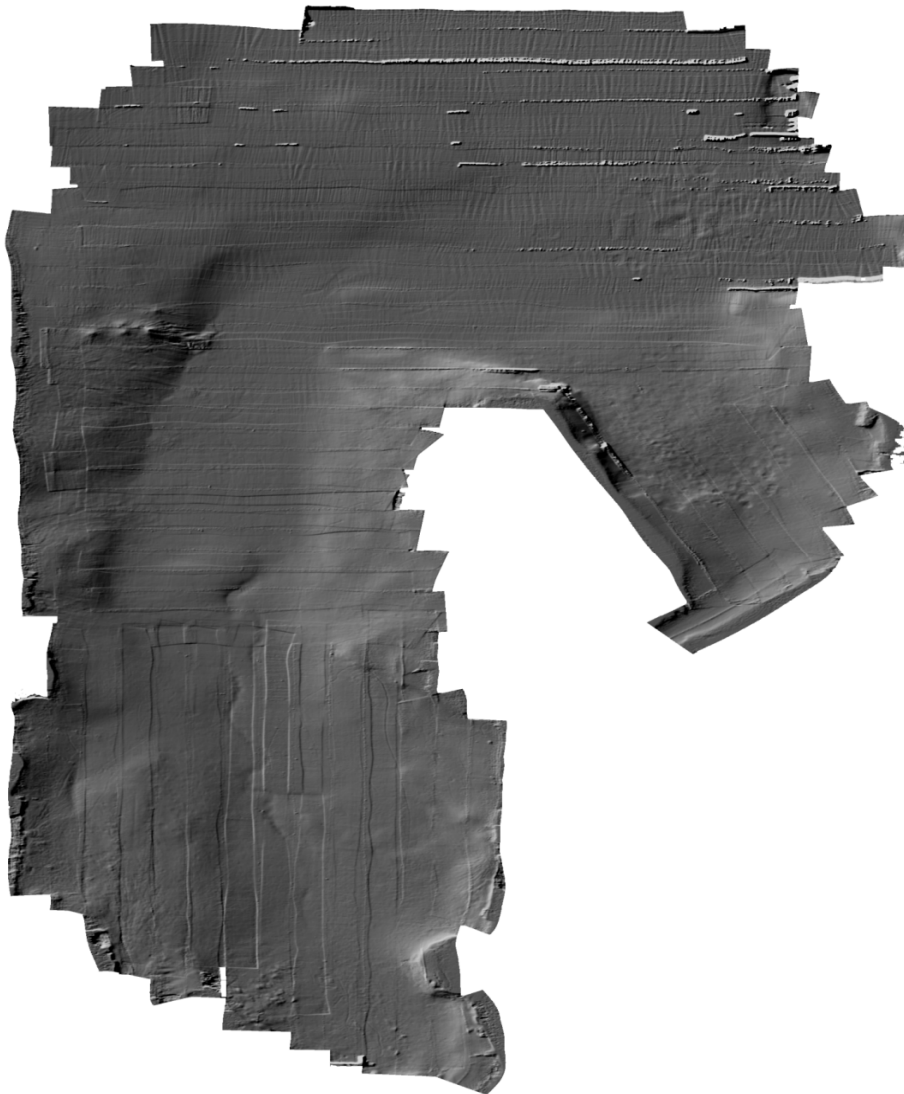
Under juni 2010 påbörjades undersökningarna av fiberbanksområdena. Av totalt 22 områden (A-X) har nio och en halv av dessa, A-M (enbart delar av område B), hittills undersökts med hydroakustiska metoder. Områdena A-G samt K och M har även provtagits. Resultaten från de hydroakustiska mätningarna samt provtagningarna presenteras områdesvis från söder till norr. Se ovan för område M. De områden som har blivit undersökta enbart hydroakustiskt, kommer presenteras närmre i slutrapporten då provtagning av dessa utförts. Närmare beskrivning av varje provtagning presenteras i observationsdokumenten i bilaga 2.

### **Område E, Svartviksfjärden**

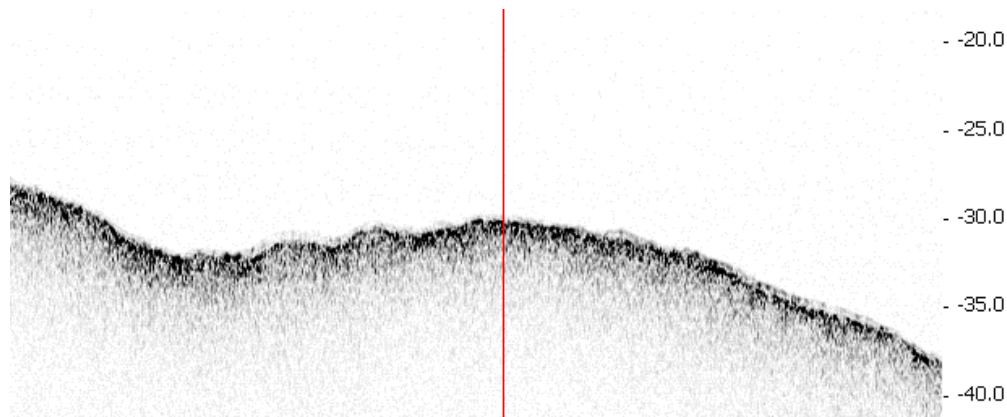
Undersökningarna från SGUs lokala kartläggning 2006 visar på postglacial lera med gas i stora delar av Svartviksfjärden. I fjärdens ytterkanter, längs strandlinjen, övergår den postglaciala leran till hårdare bottenar med morän, glacial lera eller berg. Projektets linjemätningar har således förlagts till de inre delarna av område E (fig. 12).



Terrängmodellen över fjärden visar på jämna bottnar i de centrala delarna, medan det utåt kanterna blir grundare med mer ojämn bottenstruktur, (fig. 13). De hydroakustiska mätningarna visar på gas i sedimenten i stora delar av Svartviksfjärdens sänkor. Gasen indikerar hög organiska halt i sedimenten. Vid sex lokaler avviker bottenstrukturen något från den generella i området. Vid position 10\_0062 kan man se en morfologisk avvikelse i form av en skrovlig och ojämn bottenyta där ljudsignalen släckts ut på grund av gasinnehållet och eventuella träfiber (fig. 14). Provet, som har tagits med Vibrohammarborr, visar på fiberhaltiga sediment från ytan ner till omkring 5 meter, se bilaga 2. Viken på östra sidan om Därholmen uppvisar således en havsbotten som till del utgörs av en fiberbank.

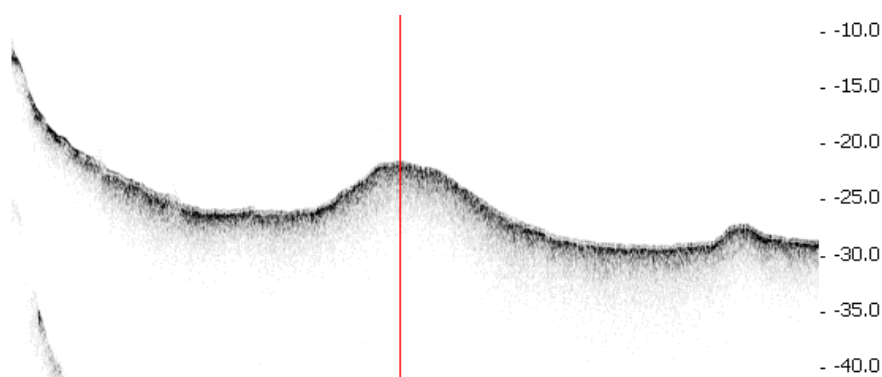


*Fig. 13. Terrängmodell, framtagen från mätningar med SGUs swathsonar, över Svartviksfjärden.*

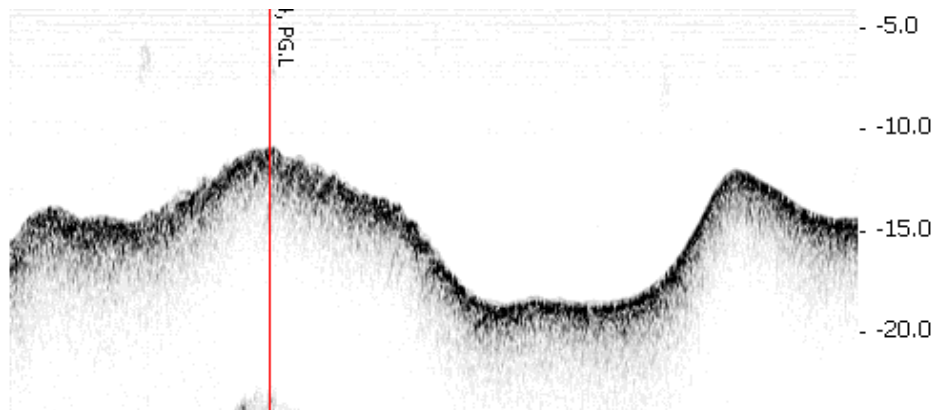


Figur 14. Sedimentekolodsprofilens utseende vid provtagning 10\_0062 som är lokaliserad vid den röda vertikala linjen. Djupet (m) under vattenytan i skalan till höger i bilden.

I södra delen av fjärden, mellan Essvik och Nyhamn, ligger området som i miljösammanhang benämns Essvik/Nyhamn. Där har tills i mitten av 1980-talet bedrivits verksamhet i form av sågverk, cellulos- och andra kemisk-tekniska industrier. Vid två lokaler, 10\_0063 och 10\_0064, har två bankliknande formationer hittats med hjälp av sedimentekolodet (fig. 15 och 16). Även vid dessa två lokaler släcks ljudsignalen ut på grund av gasförekomsten i sedimentet. Prov 10\_0063 uppvisar cellulosa på ett djup av 20 centimeter, vilket innebär att sedimenten här är starkt påverkade av dåtida cellulosatillverkning. Cellulosan förklarar gasförekomsten och platsen kan betraktas som en fiberbank. Vid linjemätning i nord-sydlig riktning, i Svartviksfjärdens sydöstra, innersta del, visade sedimentekolodet på en relativt kuperad botten terräng med gas i ytan. Provet som togs närmre Nyhamn, 10\_0064, visade på postglacial gyttjig silt överlagrad av postglacial gyttjelera utan nämnvärda fiberförekomster (bilaga 2).

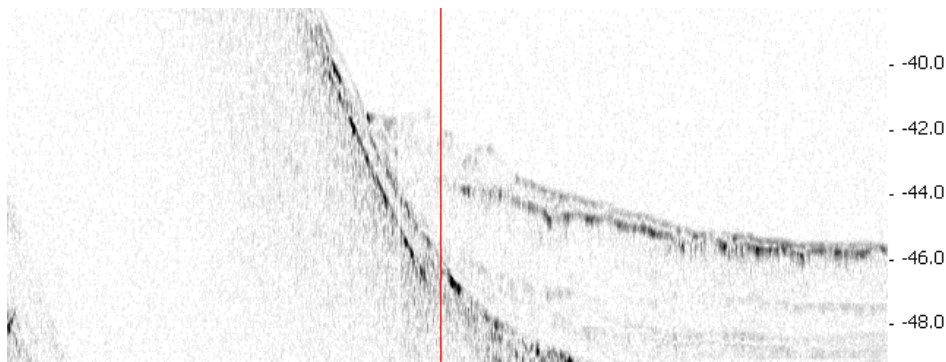


Figur 15. Sedimentekolodsprofilens utseende vid provtagning 10\_0063 som är lokaliserad vid den röda vertikala linjen. Djupet (m) under vattenytan i skalan till höger i bilden.

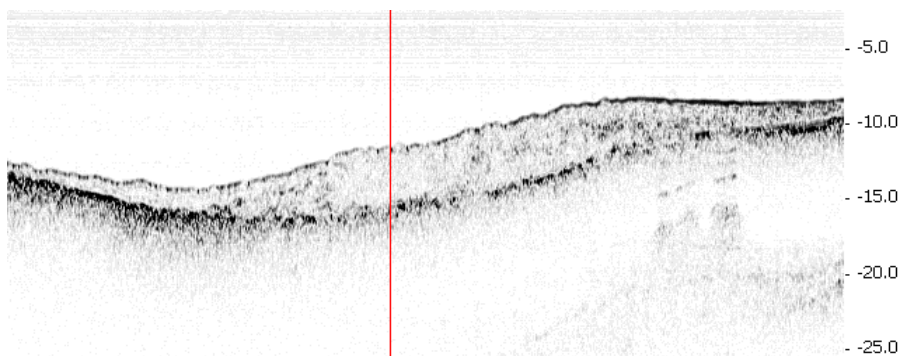


*Figur 16. Sedimentekolodsprofilens utseende vid provtagning 10\_0064 som är lokaliserad vid den röda vertikala linjen. Djupet (m) under vattenytan i skalan till höger i bilden.*

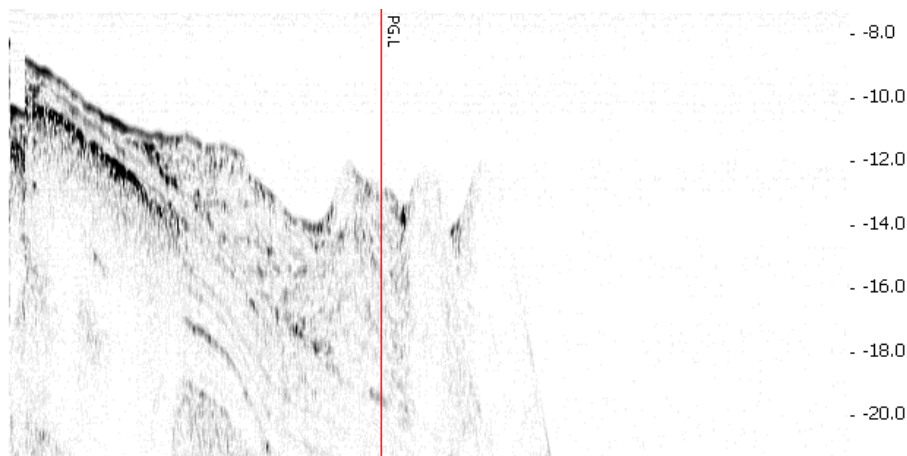
På Svartviksfjärdens nordvästra sida har de tre proverna 10\_0065, 10\_0079 och 10\_0080 tagits i avsättningar som på sedimentekolodet uppenbarade sig som porösa och suddiga konturer i profilerna (fig. 17 till 19). På samtliga ställen är sedimenten svarta och växlar mellan att vara under- och överkonsoliderade. Samtliga tre platser uppvisar antropogena inslag med hög organisk halt och lukt av kemikalier.



*Figur 17. Sedimentekolodsprofilens utseende vid provtagning 10\_0065 som är lokaliserad vid den röda vertikala linjen. Djupet (m) under vattenytan i skalan till höger i bilden.*



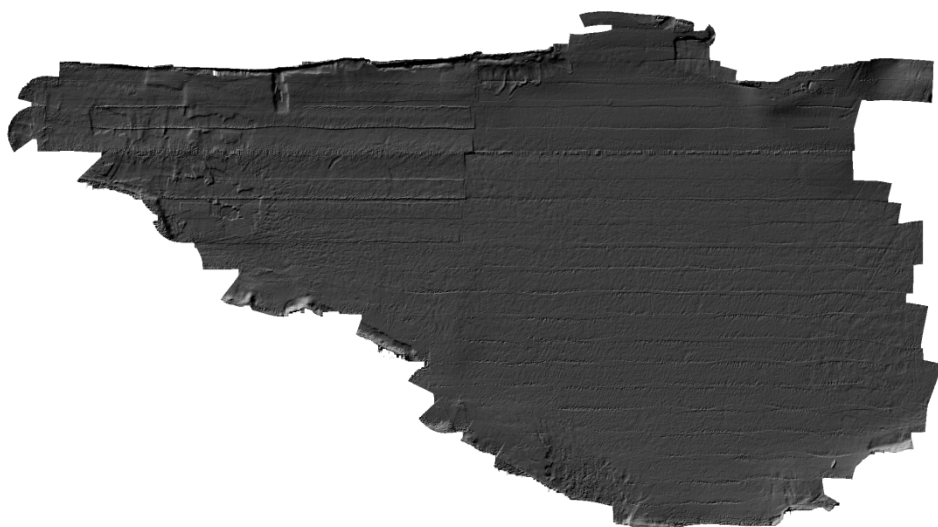
*Figur 18. Sedimentekolodsprofilens utseende vid provtagning 10\_0079 som är lokaliserad vid den röda vertikala linjen. Djupet (m) under vattenytan i skalan till höger i bilden.*



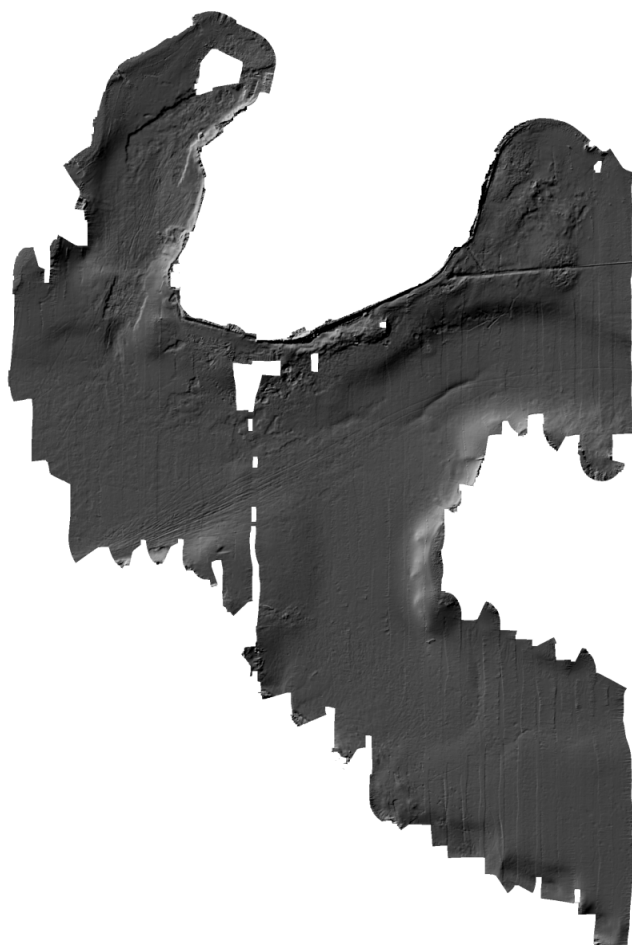
*Figur 19. Sedimentekolodsprofilens utseende vid provtagning 10\_0080 som är lokaliserad vid den röda vertikala linjen. Djupet (m) under vattenytan i skalan till höger i bilden.*

### **Område A, C och D, Sundsvallsfjärden**

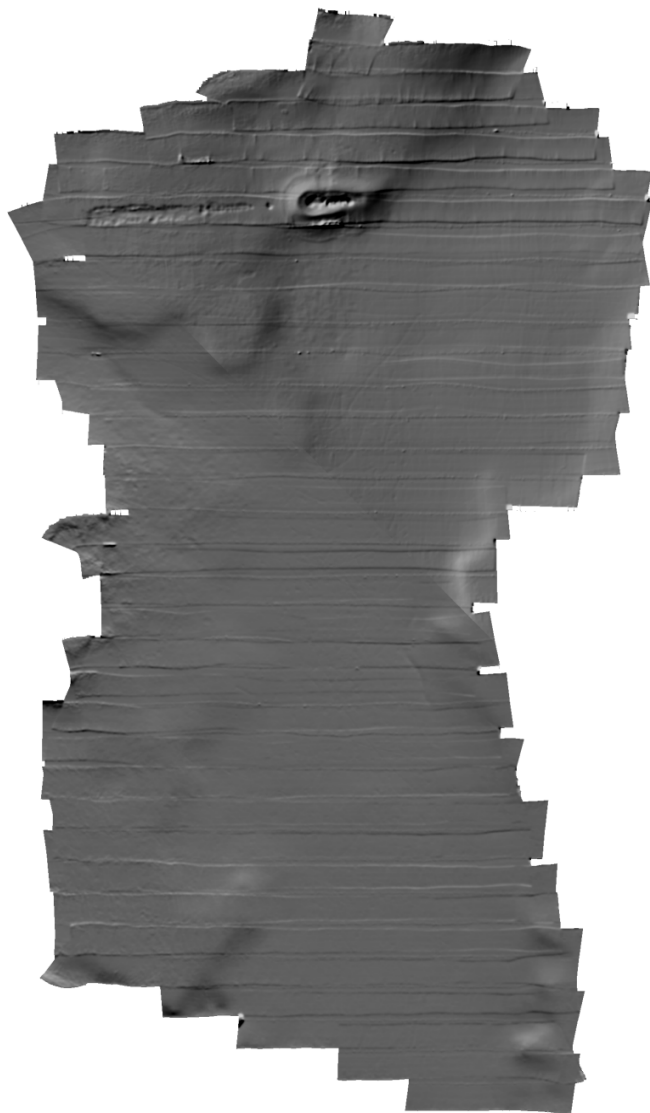
Sundsvallsbukten domineras av postglacial lera innehållande gas (fig. 20). Området är omringat av industri och bebyggelse. Terrängmodellen visar att de centrala delarna av fjärden har jämn botten. Utåt kanterna och i Ortvikén är botten mer kuperad (fig. 21a till 21c).



*Figur 21a. Terrängmodell, framtagen från mätningar med SGUs swathsonar, över område A i Sundsvallsfjärden.*



*Figur 21b. Terrängmodell, framtagen från mätningar med SGUs swathsonar, över område C i Sundsvallsfjärden.*



Figur 21c. *Terrängmodell, framtagen från mätningar med SGUs swathsonar, över område D i Sundsvallsfjärden.*

Linjemätningen i bukten avslöjar särpräglade formationer i terrängmodellen i norra delen av område A (fig. 22 och 23). Två provpositioner, 10\_0077 och 10\_0078, har förlagts till området så nära formationerna som djupet tillåter. Proverna visar på postglacial lera med inslag av sand, silt och grus på ett osorterat vis. Det finns inga synliga tecken på fibrer. Det har senare uppdagats att plogsnö från land tippas just vid denna lokal vilket skulle kunna förklara den ojämna morfologin och den sorterade sanden.

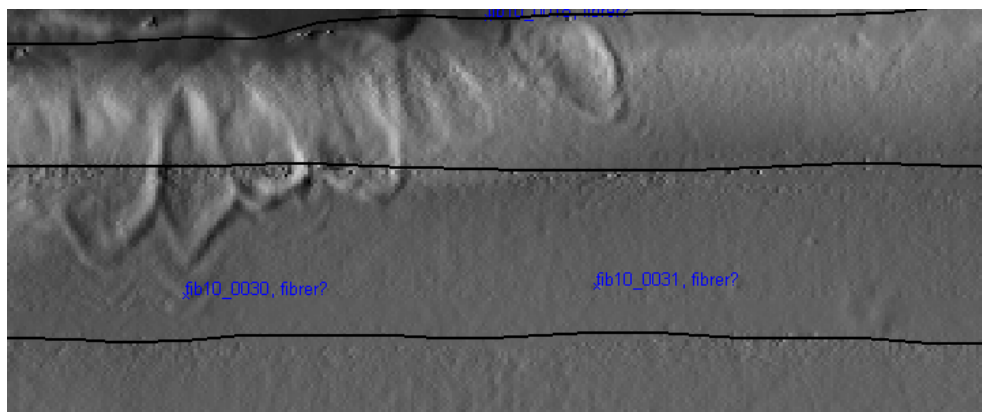
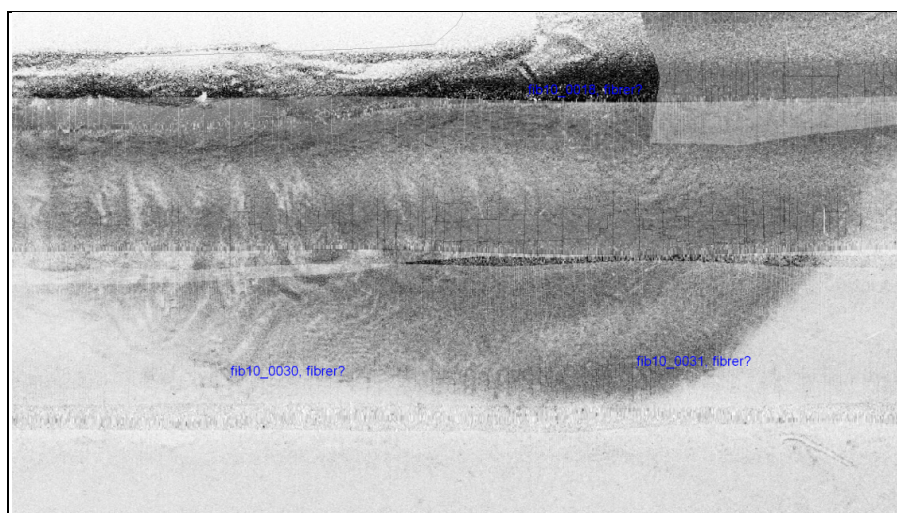
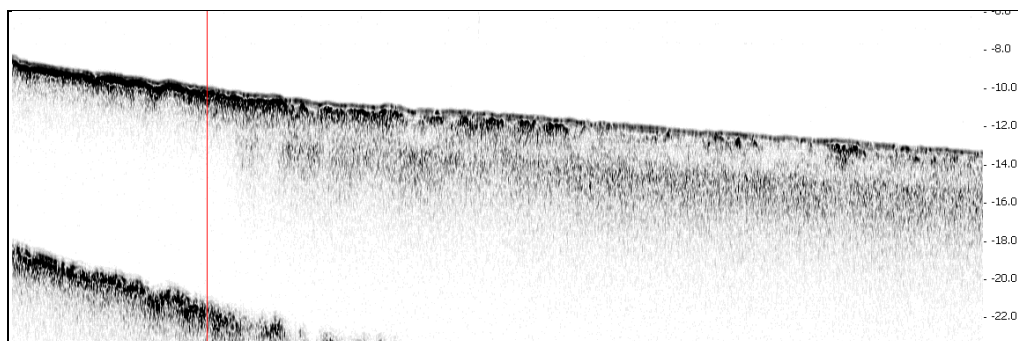


Fig. 22. Terrängmodell över snötippplats i Sundsvallsfjärden.

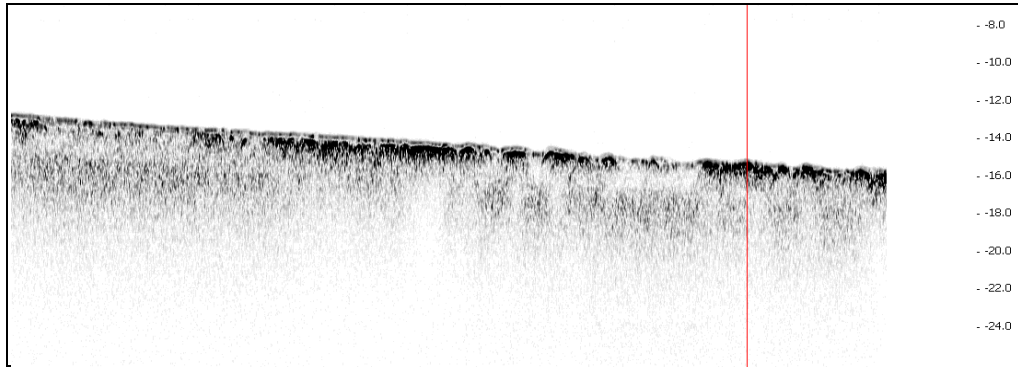


Figur 23. Sonarekogram över snötippplats i Sundsvallsfjärden.

I den södra delen har tre provlokaler valts ut på underlag från sedimentekolodsprofilen. Geologiskt sett skiljer sig inte provplatserna 10\_0073 och 10\_0074 åt (fig. 24 och fig. 25). Båda visar på gasförekomster i ytan i sedimentekolodet, men i bilden från side scan syns gasen enbart på plats 10\_0074. Båda platserna påvisar postglacial, reducerad lera med en geléartad konsistens utan synliga fibrer.

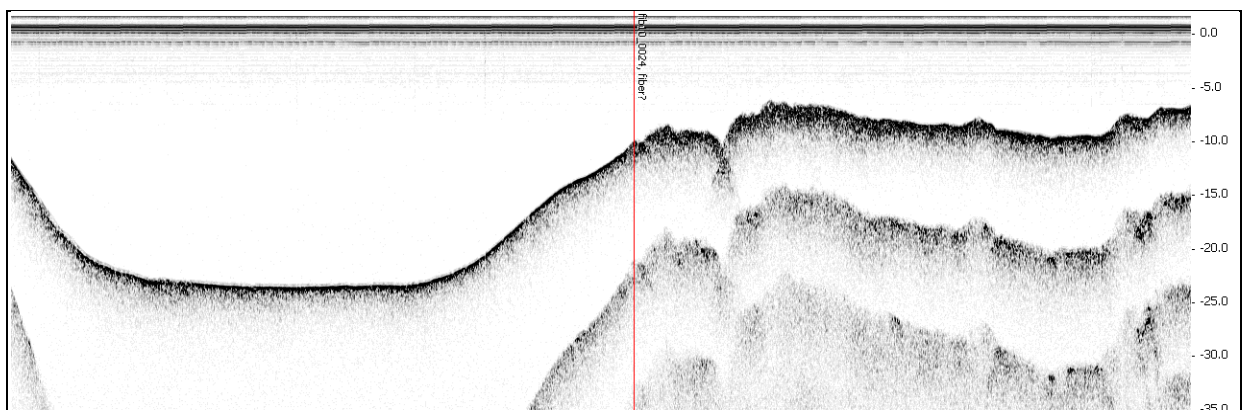


Figur 24. Sedimentekolodsprofilens utseende vid provtagning 10\_0073.



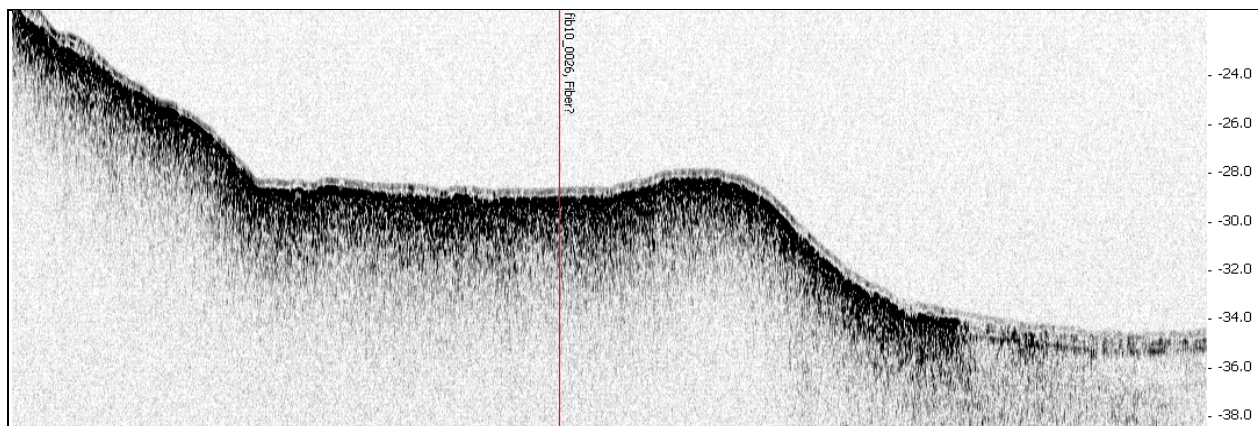
Figur 25. Sedimentekolodsprofilens utseende vid provtagning 10\_0074.

Öster om Killingholmen kan ett område med utsläckt ljudsignal och suddiga konturer detekteras i profilen från sedimentekolodet (fig 26). Detta är en känd och väl dokumenterad fiberbank. Undervattensbilderna från platsen 10\_0076 åskådliggör en mycket ljus, porös botten (bilaga 2). En stor gripskopa har använts för att provta materialet som visar sig vara pappersmassa eller cellulosa. Provtagningen har kompletterats med ett kolvlod varvid hela cellulosans mäktighet har kunnat penetreras och underliggande sediment erhållas. Provtagningen visar att cellulosan successivt blandas upp med postglacial gyttjelera nedåt i sedimentet. Platsen ligger inte långt ifrån avloppsröret från Ortvikens pappersfabrik och kan definitivt klassas som en slags fiberbank.



Figur 26. Sedimentekolodsprofilens utseende vid provtagning 10\_0076.

Öster om Tjuvholmen har bottenyta med total utsläckning av ljudsignalen detekterats (fig. 27). Provet som har tagits i punkt 10\_0072 uppvisade postglacial lergyttja som i ytan var geléartad, svart och underkonsoliderad (bilaga 2). Fibrer hittades i kärnans mitt.

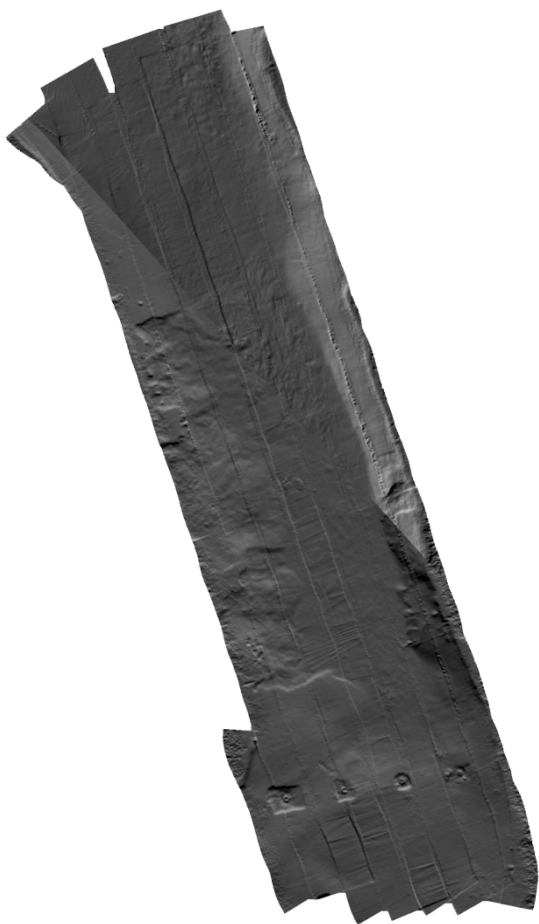


*Figur 27. Sedimentekolodsprofilens utseende vid provtagning 10\_0072.*

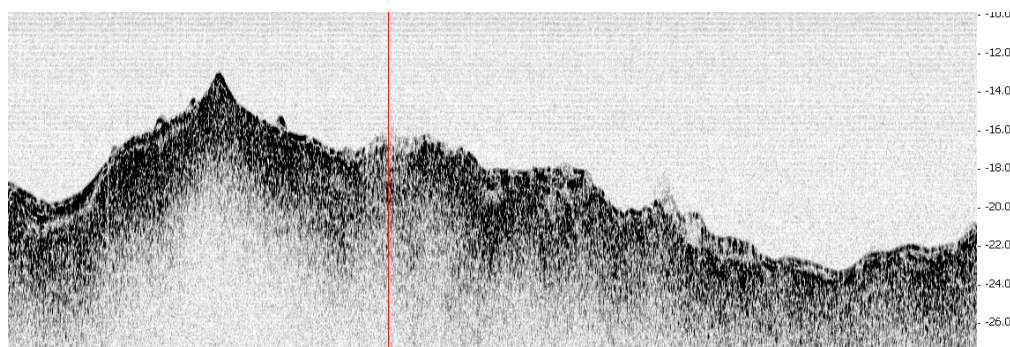
### **Område G, Alnösundet**

SGUs kartläggning tyder på att största delen av det prioriterade området i Alnösundet består av postglacial lera som i södra delen övergår i glacial lera (fig 28). Terrängmodellen avslöjar att botten längs sundet är kuperad längs strandlinjerna på båda sidor. Även i mitten av sundet ser botten ut att vara något ojämn (fig. 29).

De hydroakustiska mätningarna från område G har gett sedimentekolodsprofiler som visar på ojämna bottenytter med gas (fig. 30 och 31). Två prover har tagits på östra respektive västra sidan av sundet. Undervattensbilderna från östra sidan, på provplats 10\_0066, avslöjar bark och timmer i bottenytan (bilaga 1). Sedimentprovet som tagits visar på bark och flis uppblandat med postglacial lera eller gyttjlera ner till ett sedimentdjup av 45 cm. Platsen är att betrakta som en fiberbank.

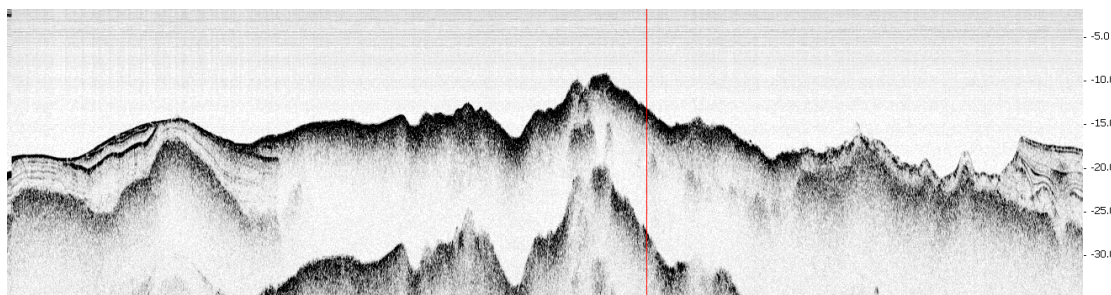


*Figur 29. Terrängmodell, framtagen från mätningar med SGUs swathsonar, över område D i Sundsvallsfjärden.*



*Figur 30. Sedimentekolodsprofilens utseende vid provtagning 10\_0066.*

Provtagningsplatsen i västra delen, 10\_0067, liknar den i den östra, bortsett från mängden bark och timmer i bottenytan. Provet åskådliggör postglacial gyttjelera med finfördelad bark och fibrer ner till ett djup av 26 cm i sedimentet. Sedimentet är gyttjehaltigt ner till 97 cm där det övergår i glacial varvig lera.

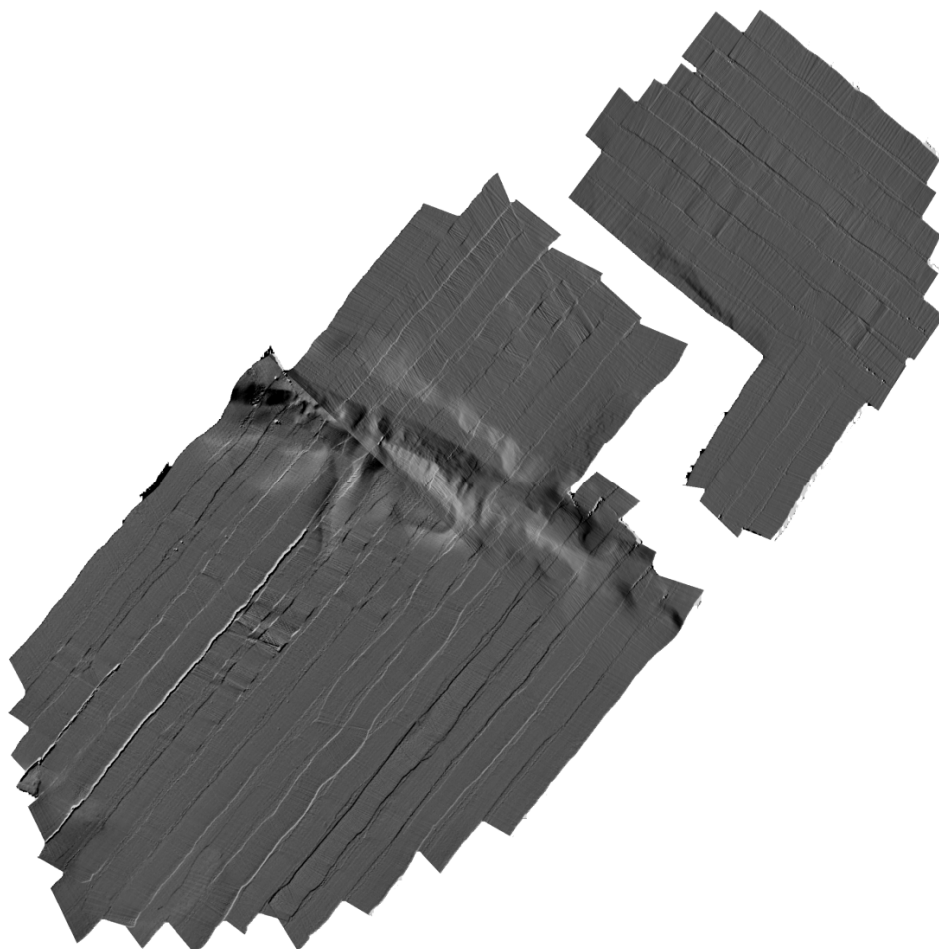


Figur 31. Sedimentekolodsprofilens utseende vid provtagning 10\_0067.

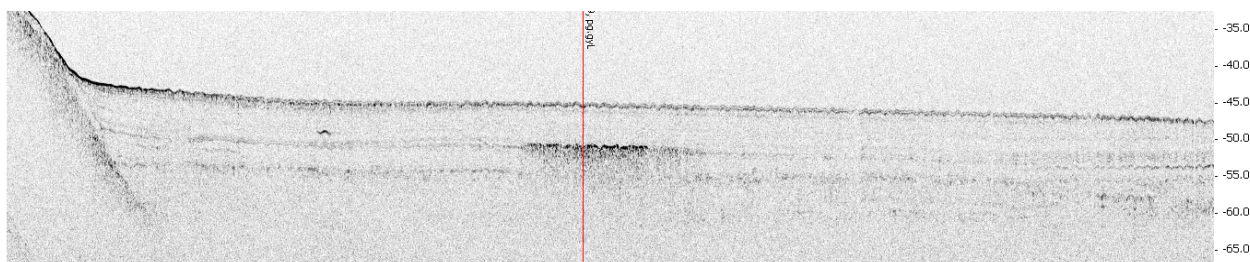
### **Område F, öster om Rödön**

Område F består, enligt maringeologiska kartan, av postglacial lera med en ås som korsar området i mitten (fig. 32). Terrängen är något ojämn och åsen kan tydligt skådas i mitten av terrängmodellen (fig. 33). Vid linjemätning av området kan ingen total utsläckning av signalen upptäckas (fig. 34). Inte heller någon morfologiskt avvikelse kan observeras i profilerna. Ett prov har tagits för att verifiera sedimentet på platsen, 10\_0071. Provtagningen bekräftar SGUs maringeologiska karta och visar på postglacial lera utan fibrer.





*Figur 33. Terrängmodell, framtagen från mätningar med SGUs swathsonar, över område F utanför Rödön. Åsen som korsar det prioriterade undersökningsområdet syns tydligt i mitten av bilden.*

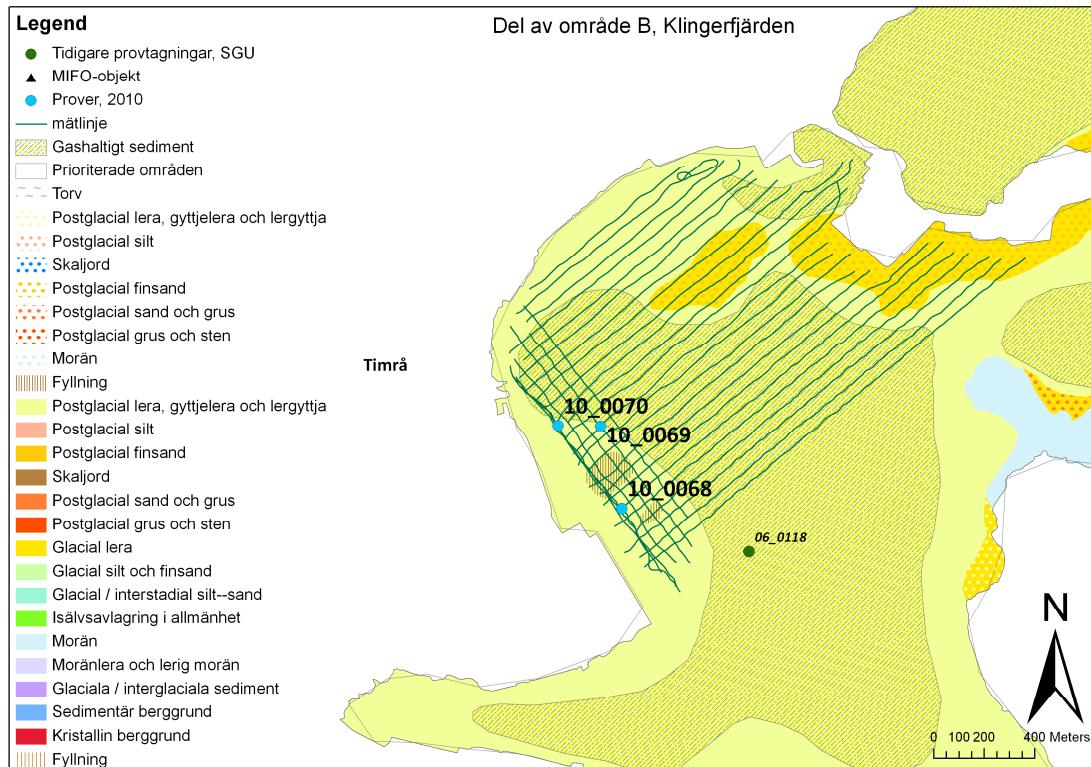


*Figur 34. Sedimentekolodsprofilens utseende vid provtagning 10\_0071.*

### **Område B, inre Klingerfjärden**

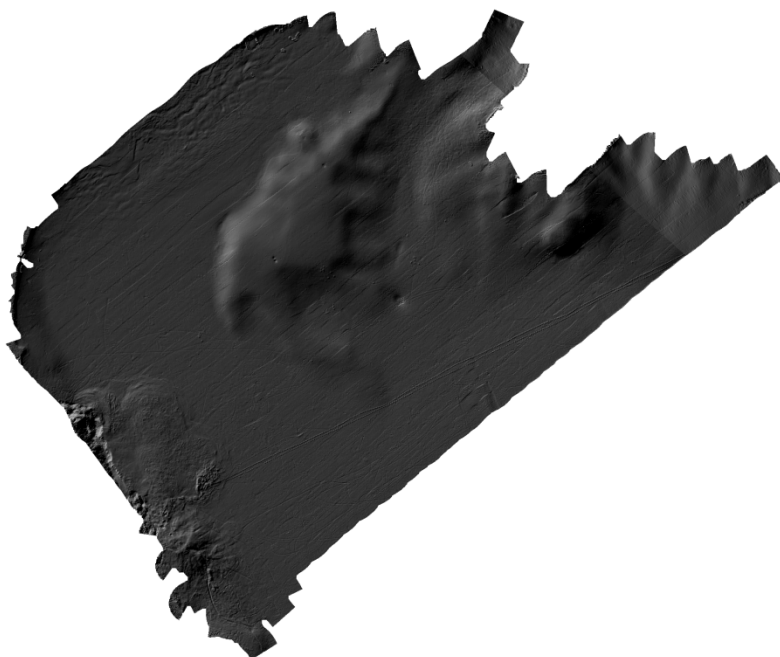
Område B är till ytan det största av alla de prioriterade områdena och enbart den innersta delen av Klingerfjärden har blivit undersökt 2010. Enligt SGUs maringeologiska karta består största delen av bottenarna i Klingerfjärden av postglaciala leror (fig. 35). I fjärdens nordvästra hörn ligger Östrands fabriker där det sedan mitten av 1900-talet har producerats sulfatmassa och kloralkali. I strandlinjen

längs Östrandskajen visar terrängmodellen på ojämn, bankliknande morfologi (fig. 36). Tre prover har satts ut, så nära kajen som djupet tillåter. Prov 10\_0068 har satts i en bankliknande formation med gas i ytan och uppvisar fibrer i ytan och ner till 1 meter i sedimentet (fig. 37). Underliggande sediment består av silt med skikt av finsand och leriga partier.



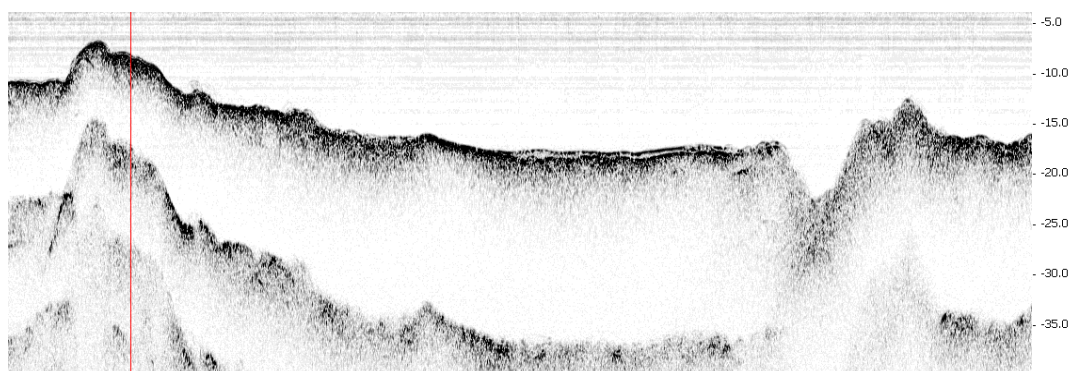
Figur 35. Den maringeologiska kartan med teman i skala 1:100 000 med de under 2010 hydroakustiskt mätta linjesträckningarna samt lokaler för SGUs hittills tagna prover i området.

Prov 10\_0069 har tagits en bit nordväst om 10\_0068 i en bankliknande formation (fig. 38). På denna plats är signalen bara delvis utsläckt och ser inte ut som de tidigare provtagningsstationerna. Sedimentet på platsen visar sig bestå av reducerad, laminerad postglacial gyttjelera utan fibrer.

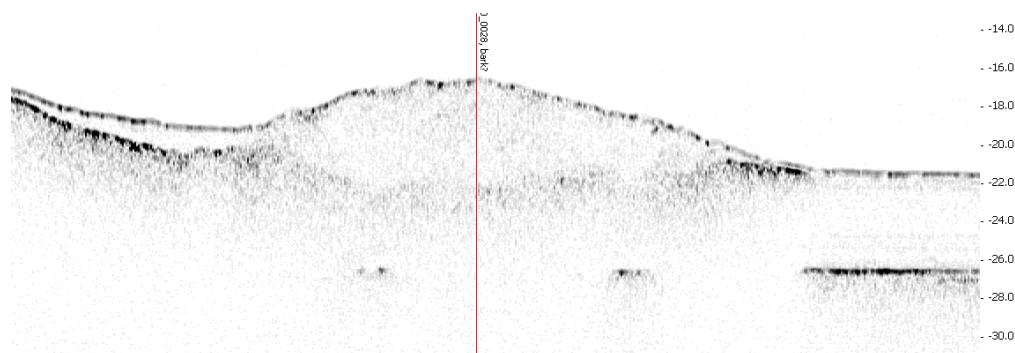


*Figur 36. Terrängmodell, framtagen från mätningar med SGUs swathsonar, över del av område B i Klingerfjärden.*

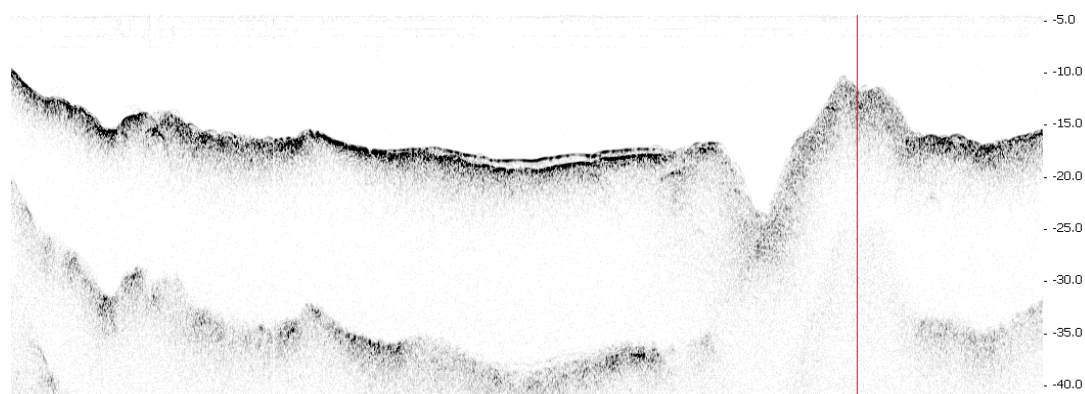
Det tredje och sista provet, 10\_0070, har tagits utanför Östrand i en på sedimentekolodet uppstickande form med suddiga konturer (fig.39). En videobesiktning gjordes och bottenytan visar sig bestå av sten och block som har använts vid utfyllning av kajen.



*Figur 37. Sedimentekolodsprofilens utseende vid provtagning 10\_0068.*



*Figur 38. Sedimentekolodsprofilens utseende vid provtagning 10\_0069. Varken provtagning eller hydroakustisk mätning indikerar på fibrer i sedimentet.*



*Figur 39. Sedimentekolodsprofilens utseende vid provtagning 10\_0070. Varken provtagning eller hydroakustisk mätning indikerar på fibrer i sedimentet.*

### ***Område K, sundet mellan Utansjö och Åbordsön***

I sundet mellan Utansjö och Åbordsön har, efter mätningar med sedimentekolod, en botten med total utsläckning av ljudsignalen upptäckts. Enligt SGUs maringeologiska kartläggning består sundet till största delen av postglacial lera som inåt bukten vid Utansjö övergår till glacial lera (fig. 40).

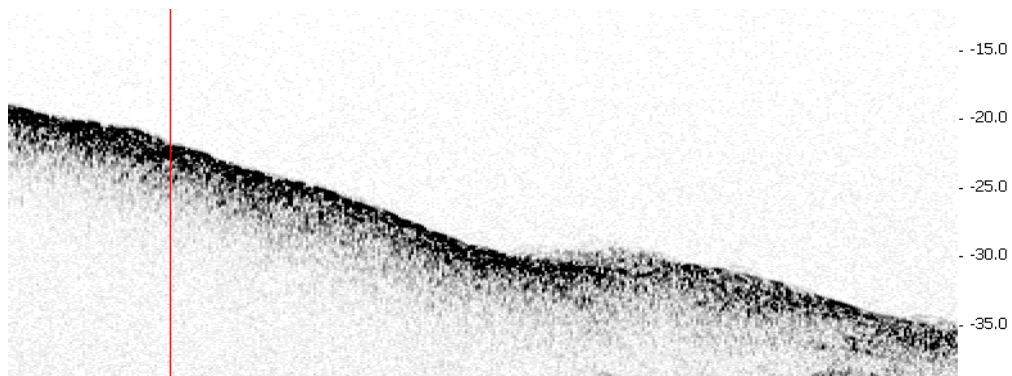


I nordöstra delen av området visar den maringeologiska kartan på tippat bottenmaterial. Detta material är förmodligen resultatet av ett skred som gått på västra kanten av sundet och inte antropogen tippmassa. Skredärr och skredmassor syns tydligt i terrängmodellen (fig. 41).



*Figur 41. Terrängmodell, framtagen från mätningar med SGUs swathsonar, över område K.*

Utansjö har haft produktion av sulfitmassa fram till 1900-talets andra hälft. I bukten intill Utansjö finns bottenar med total utsläckning av ljudsignalen (fig. 42). Prov 10\_0061, som har tagits i buktens södra del, avslöjar starkt reducerad, svart postglacial lergyttja. Provmaterialet innehåller träbitar. En koncretion av ett poröst, rostrött material, som skulle kunna vara kisaska, har upphittats i provmaterialet (fig. 43). Platsen kan inte anses vara en fiberbank.



*Figur 42. Sedimentekolodsprofilens utseende vid provtagning 10\_0061.*



*Figur 43. Konkretion av eventuell kisaska i sedimentprov 10\_0061.*

## **6 REFERENSER**

*Länsstyrelsen Västernorrland*, 2007: Regionalt program för arbete med förorenade områden i Västernorrlands län 2008, diarienummer: 577–13039–07.

*Svenska Naturvårdsverket*, 1995: Branchkartläggningen, En översiktlig kartläggning av efterbehandlingsbehovet i Sverige. Rapport nr 4393., 212 pp.

*Statens Geotekniska Institut*, 2004: Karakterisering av kisaska – kisaskförorenade områden i Sverige. Varia 550., 21 pp.

*Svenska Naturvårdsverket*, 2005: Kartläggning av källor till oavsiktligt bildade ämnen. Rapport nr 5462., 80 pp.

## BILAGA 1

Tabell visandes information om hittills tagna prover.

Prov	Provtagningsmetod	x	y	Vattendjup (m)	Lagerföljd
10_0059	Vibrohammarlod, 6 m	6974338.20	647282.50	19.89	Fiberbank
10_0060	Stor gripskopa	6973721.90	647384.80	23.93	pg.gyL
10_0061	Geminilod	6963050.30	650051.80	20.65	pg.L
10_0062	Vibrohammarlod, 6 m	6913682.30	624301.10	29.68	fibrer/pg.gyL/fibrer/pg.gyL/fibrer/pg.gyL/pg.gyL
10_0063	Stötlod, 1 m	6911778.40	623681.90	22.91	pg.si.gyL/Cellulosa
10_0064	Stötlod, 1 m	6912038.60	623829.10	13.62	pg.gyL/pg.si
10_0065	Stor gripskopa	6913909.90	623243.70	43.19	pg.gyL
10_0066	Stor gripskopa	6925194.30	623899.50	17.32	pg.gyL/fiberbank
10_0067	Stötlod, 1 m	6925280.60	623493.50	17.17	Gy(T)//pg.gy.f-L/gl.v.L
10_0068	Kullenberglod, 6 m	6929679.30	620666.00	12.52	fiber/pg.gy.Si
10_0069	Stötlod, 1 m	6930002.30	620582.20	17.27	pg.gyL
10_0070	TV-observation	6930005.50	620413.50	16.35	block och sten
10_0071	Stötlod, 1 m	6920828.10	634787.80	44.63	pg.gyL
10_0072	Geminilod	6919678.50	623362.90	28.00	pg.lGy/fiber/pg.gyL
10_0073	Geminilod	6919495.10	620755.00	10.49	pg.l.Gy/pg.gy.L
10_0074	Stötlod, 1 m	6919495.50	621481.30	15.35	pg.lGy/pg.gyL
10_0075	Stor gripskopa	6919406.00	621582.40	15.38	pg.si.lGy
10_0076	Kullenberglod, 6 m	6920071.60	622787.30	9.89	fiber/pg.Gy/pg.gyL/gl.L
10_0077	Stötlod, 1 m	6920054.60	620830.30	10.47	pg.s.lGy
10_0078	Stor gripskopa	6920061.80	620702.70	9.63	pg.gyL/pg.gy.l.g-S/pg.gyL
10_0079	Geminilod	6913913.10	622942.90	12.70	pg.l.Gy
10_0080	Geminilod	6914154.10	623123.10	17.08	Antropogen avsättning

## **BILAGA 2**

Observationsdokument

# OBSERVATIONSDOKUMENT

Fib10

Linje nr: fib10\_m\_007 Site nr: fib10\_007

Kartblad:  
Vattendjup (m) 20

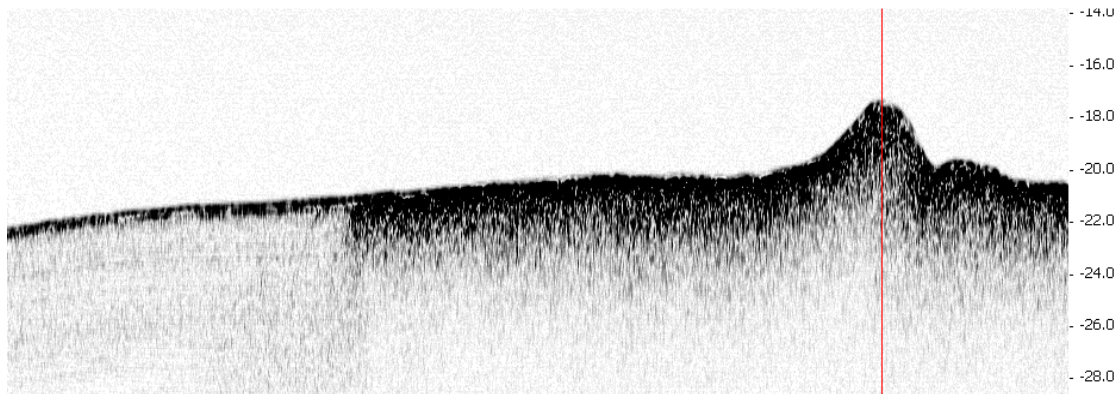
Prov nr: 10\_0059

Provtagare OPB och Vibro

Djup i cm	Lagerföljd	Anmärkning
0-1	Postglacial lergyttja	Oxiderat, tunt lager med mycket finkornigt material
1-140	Fiber, flis, barkbitar och ved	Riktig fiberansamling, starkt lukt av svavelväte och oljeprodukter. Onedbrutet trämaterial i olika storlekar och av olika träslag.
140-400	Postglacial gyttjelera (ev pg.lGy)	Mycket gasrik, geléartad till konsistensen, sulfidskikt och korn

Frågeställning: Fiberbank?

Slutsats/ Kommentar: Solklar fiberbank



Sitebilden visar, om man zoomar in, ett ojämnt och fluffigt ytskikt på bottenytan. Det kan förmodligen vara ekot från fiberbankar av detta slag.



Hög av fibermassa tagen med OPB. Stötlodet studsar mot ytan och välter.



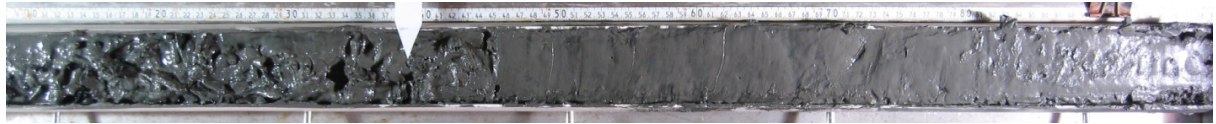
Träfibrerna har en mycket obehaglig, stark lukt av svavelväte och petrolium. Hela provet är reducerat. Materialet är inte lämpligt att ta i med bara händer.



Bottenytan är täckt med ett tunt, oxiderat lager med lergyttja.



Fiberansamlingen (0-140 cm) är delvis uppblandad med den underliggande postglaciala gyttjeleran.



Vid 140 cm övergår fiberansamlingen gradvis till postglacial gyttjelera.

# OBSERVATIONSDOKUMENT

Fib10

Linje nr: fib10\_m\_12

Site nr: fib10\_0011

Kartblad:

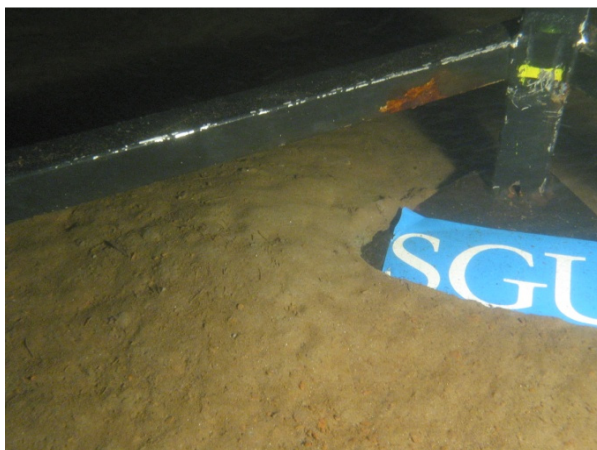
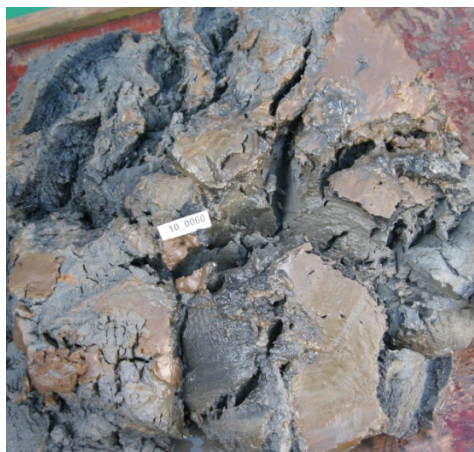
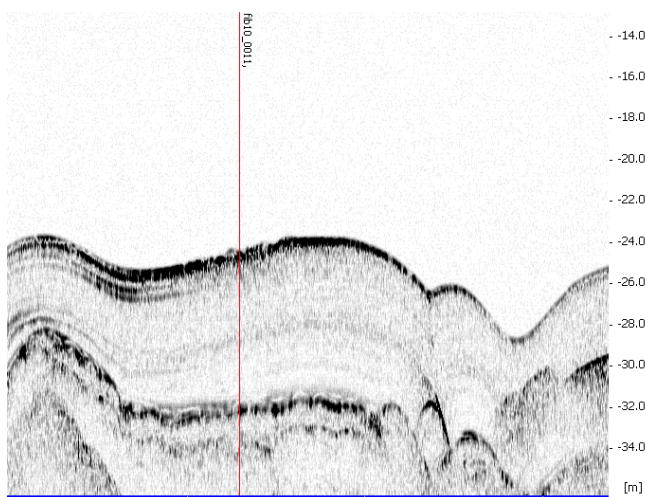
Prov nr: 10\_0060

Provtagare OPB

Vattendjup (m) 24

Djup i cm	Lagerföljd	Anmärkning
0-40	Postglacial gyttjelera	Oxiderad yta, reducerad 1-6 cm, FeS-korn i hela provet, i det reducerade delen återfanns FeS-konkretioner
Frågeställnin:	Fiberbank?	

Slutsats/ Kommentar: Nej, ingen fiberbank



Lins av kisaska?



# OBSERVATIONSDOKUMENT

Fib10

Linje nr: fib10\_k\_011 Site nr: fib10\_009

Kartblad:

Prov nr: 10\_0061

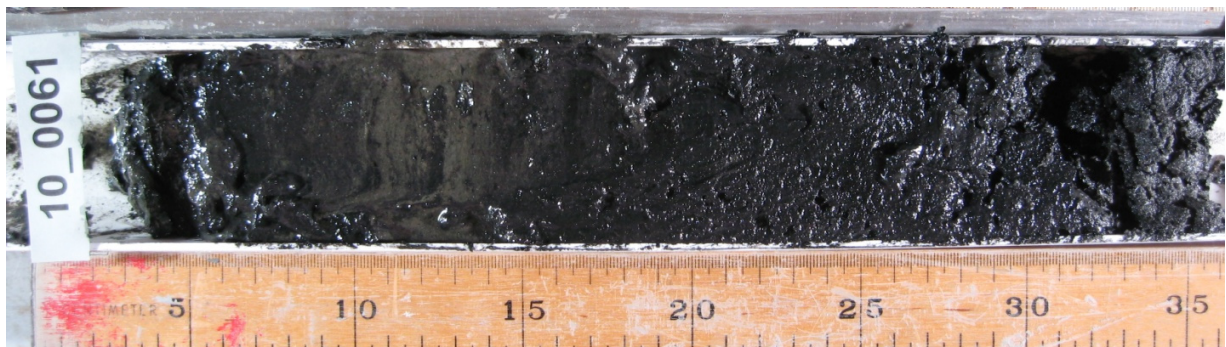
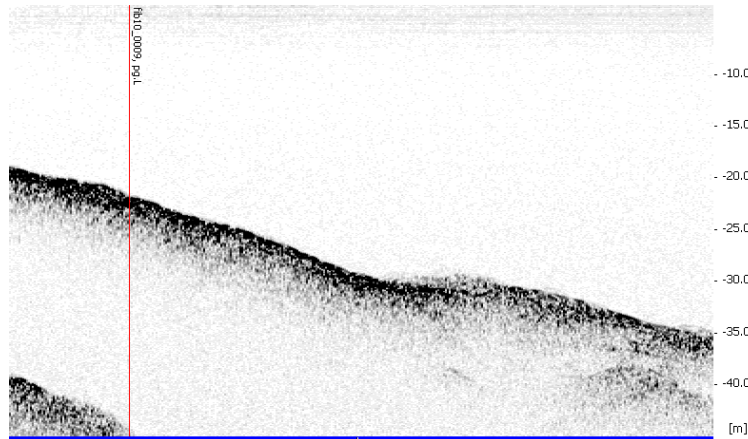
Provtagare OPB/BOX/Gemini

Vattendjup (m) 20,5

Djup i cm	Lagerföljd	Anmärkning
0-30	Postglacial lergyttja	Sapropel, svart, träbitar i provet, bit av kisaska funnen i OPBn
30-32	Postglacial gyttjig siltig finsand	Svart

Frågeställning: Fiberbank?

Slutsats/ Kommentar: Nej, ingen fiberbank



0-1 oxiderad yta, 1-30 cm reducerad svart sapropel, 30-32 gyttjig siltig finsand



Eventuellt koncretion av kisaska. Innanmätet på biten har den typiska roströda färgen från Fe.



Mystiskt föremål i vänstra bilden.

# OBSERVATIONSDOKUMENT

Fib10

Linje nr: fib10\_e035

Site nr: fib10\_0017

Kartblad:

Prov nr: 10\_0062

Provtagare

Stor gripskopa

Vattendjup (m)

29,7

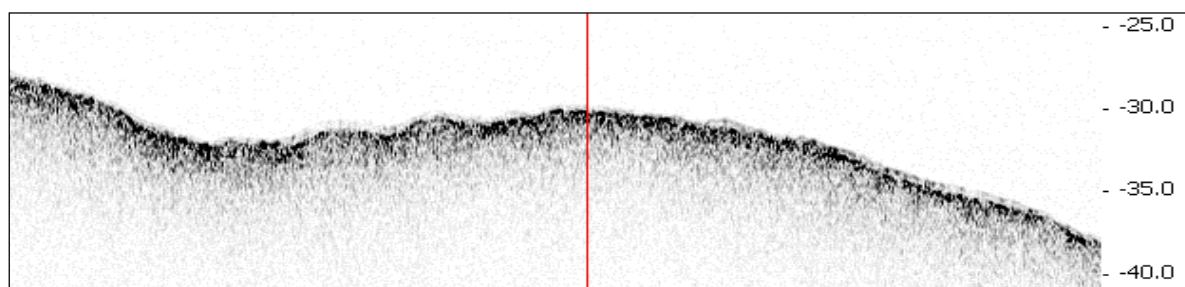
Djup i cm	Lagerföljd	Anmärkning
0-40	Träfibrer	Mycket barkbitar.
170-220	Postglacial gyttjelera	Mycket fibrer
220-470	Träfibrer	Mycket barkbitar.
470-500	Postglacial gyttjelera	Svagt laminerad längst ned.
500-512	Träfibrer	Mycket barkbitar
512-550	Postglacial gyttjelera	Hiatus på 525cm. Sporadiskt laminerad.

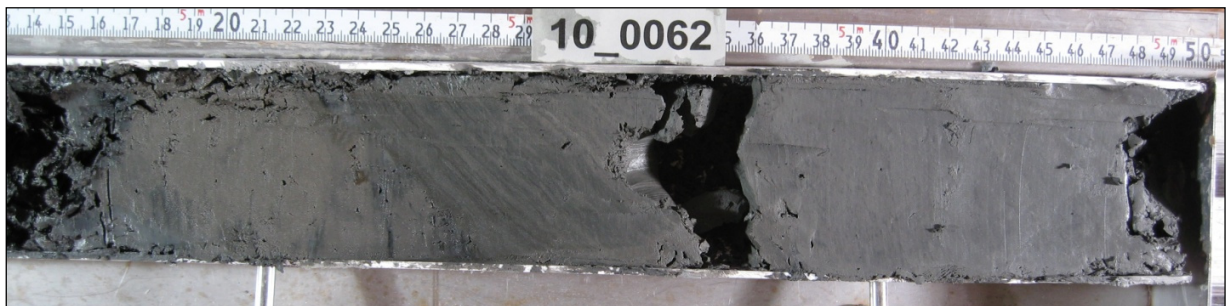
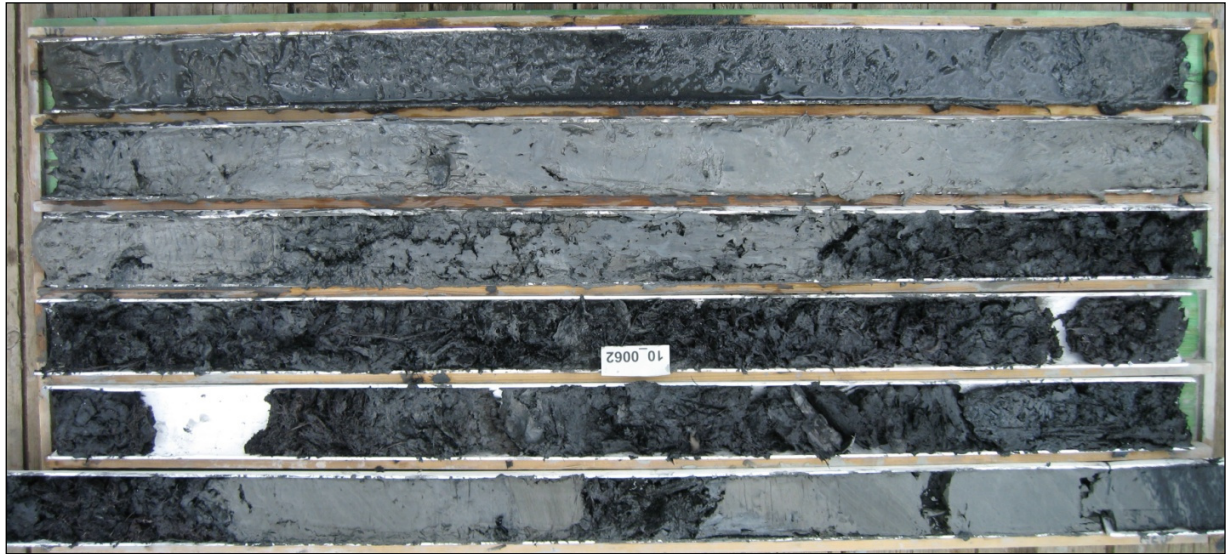
**Frågeställning:**

Fibrer?

**Slutsats/ Kommentar:**

Penetrationsdjupet var ca 450cm. Sen gick borren sönder. Då kärnan sågades upp och klövs hade vi ca 550 cm mtrl. Efter klyvning och preparering hade översta rördelen av kärnan svällt från ca 50 cm till 100 cm. Detta förklarar varför fotona visar 600 cm. Vi valde att inte beskriva de översta 50 cm i beskrivningen.





# OBSERVATIONSDOKUMENT

Fib10

Linje nr: fib10\_e051 Site nr: fib10\_0013

Kartblad:

Prov nr: 10\_0063

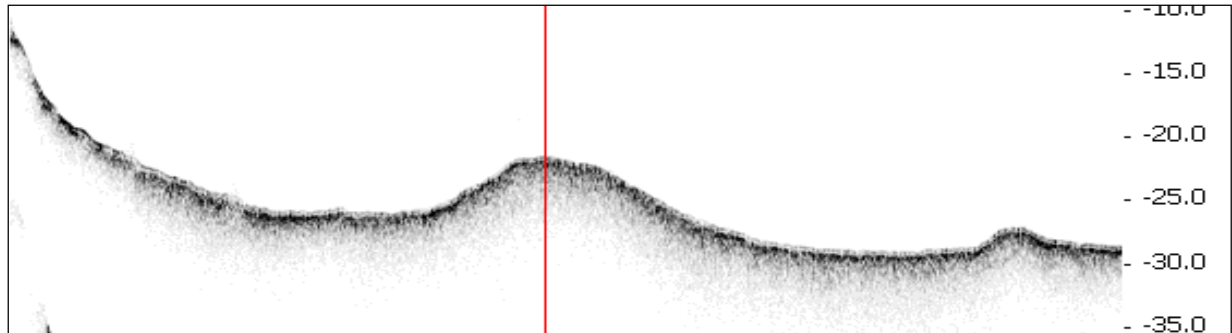
Provtagare Stötlod och stor gripskopa

Vattendjup (m) 23

Djup i cm	Lagerföljd	Anmärkning
0-20	Postglacial siltig gyttjelera	Oxiderad yta
20-60	Cellulosa	Ingen bark, bara cellulosa. Liknar pappersmassa.

Frågeställning: Fiberbank?

Slutsats/ Kommentar: Cellulosabank.





# OBSERVATIONSDOKUMENT

Fib10

Linje nr: fib10\_0054

Site nr: fib10\_0014

Kartblad:

Prov nr: 10\_0064

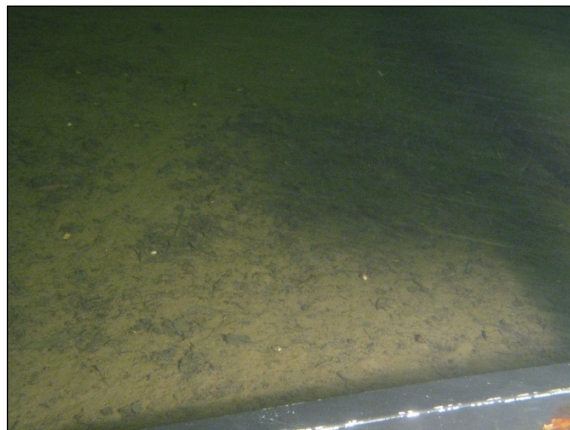
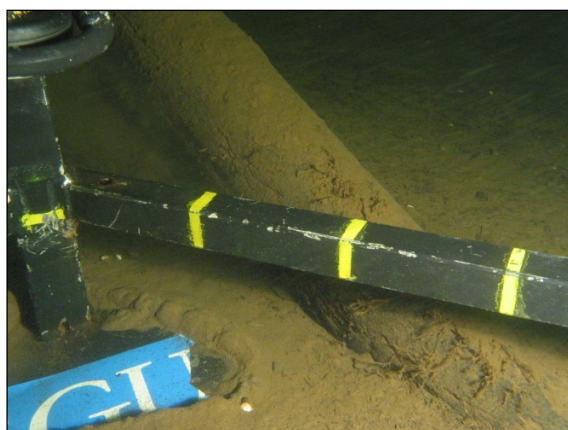
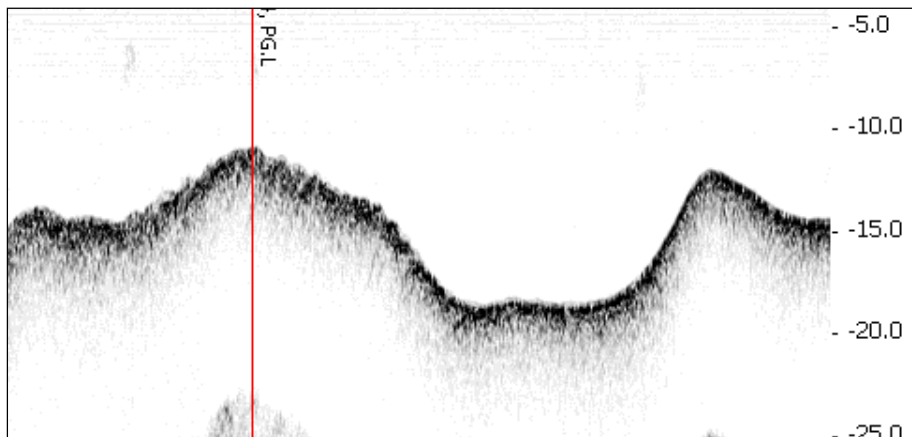
Provtagare Stötlod 100kg

Vattendjup (m) 13,6

Djup i cm	Lagerföljd	Anmärkning
0-48	Postglacial siltig gyttjelera	
48-53	Postglacial gyttjig silt	

Frågeställning:

Slutsats/ Kommentar:



# OBSERVATIONSDOKUMENT

Fib10

Linje nr: fib10\_e019

Site nr: fib10\_0015

Kartblad:

Prov nr: 10\_0065

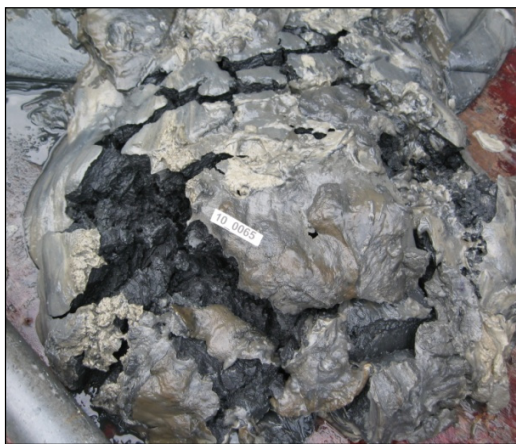
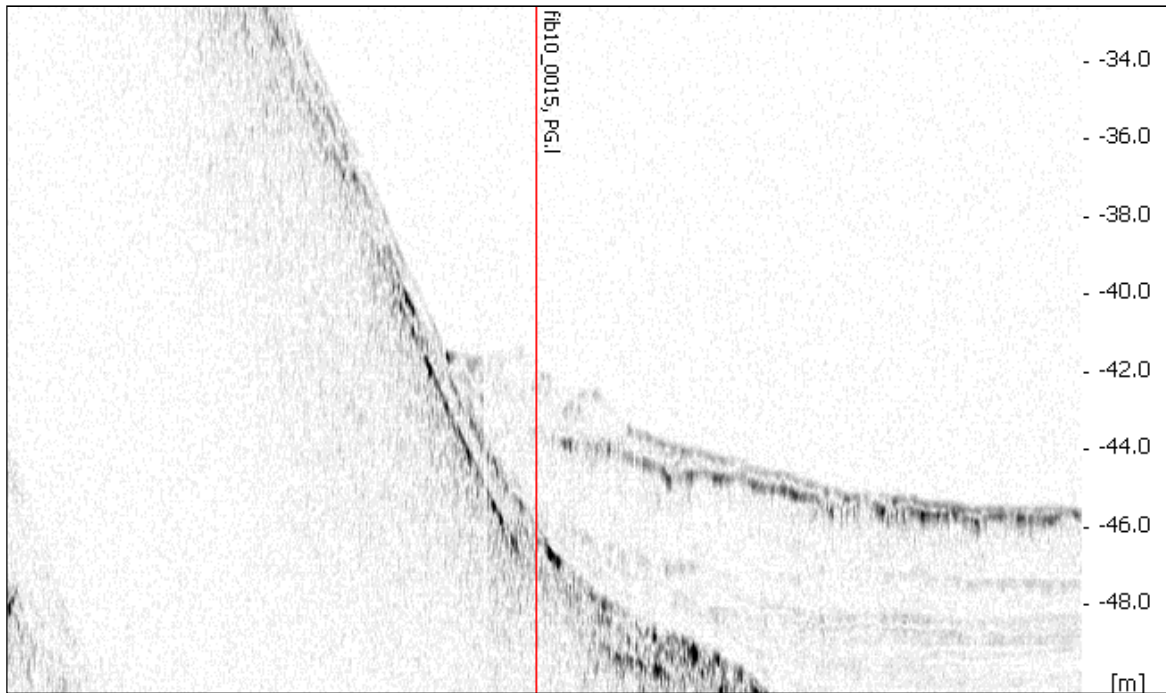
Provtagare Stor gripskopa

Vattendjup (m) 43,2

Djup i cm	Lagerföljd	Anmärkning
0-45	Postglacial gyttjelera	Verkar oerhört förorenad, oljig och giftig. Lös yta. Resten starkt överkonsoliderad.

**Frågeställning:** Fibrer eller annat antropogent? Nedrasat mtrl?

**Slutsats/ Kommentar:**



# OBSERVATIONSDOKUMENT

Fib10

Linje nr: fib10\_g007 Site nr: fib10\_022

Kartblad:

Prov nr: 10\_0066

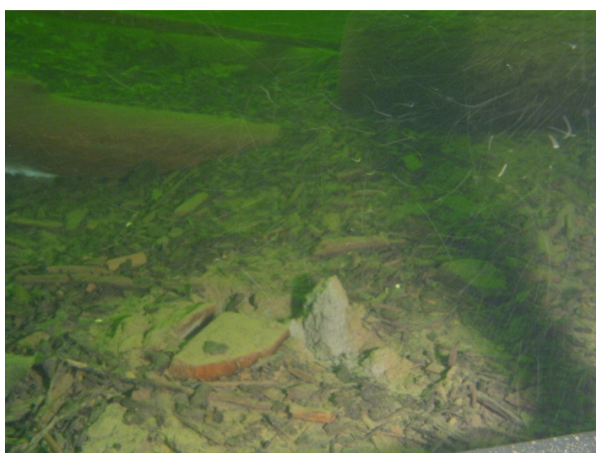
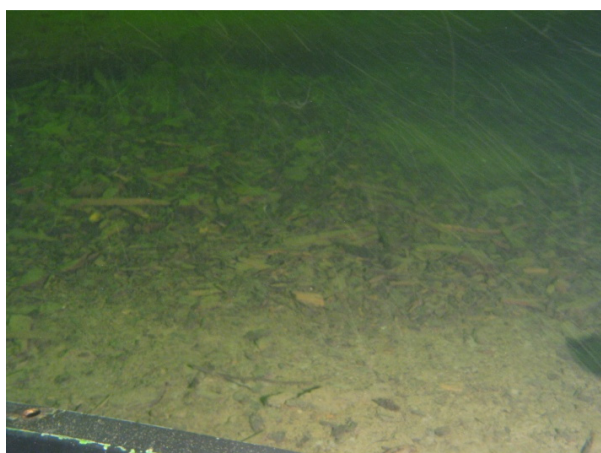
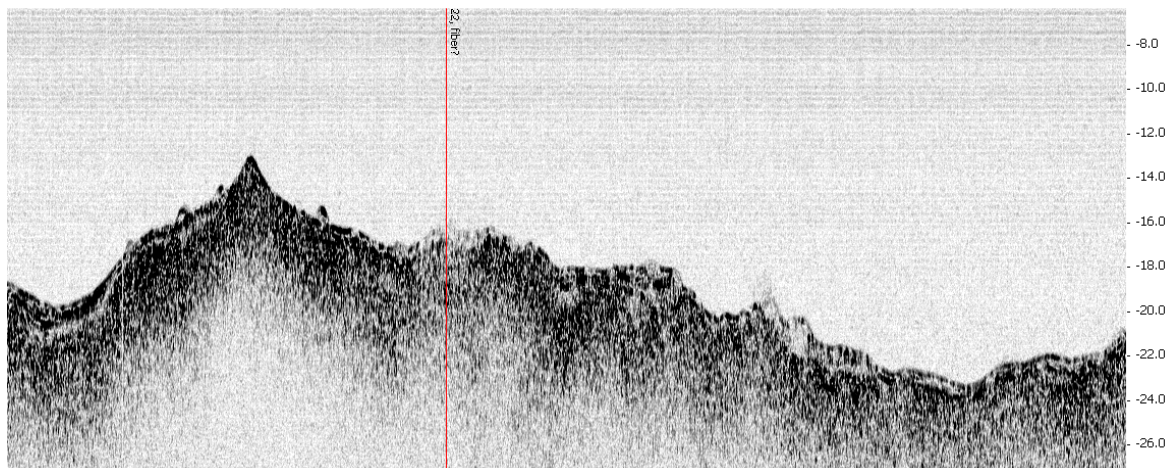
Provtagare Stor gripskopa

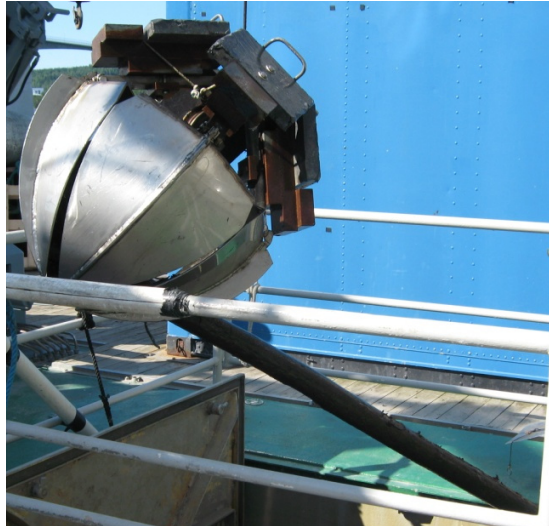
Vattendjup (m) 17,3

Djup i cm	Lagerföljd	Anmärkning
0-1	Postglacial gyttjelera	Oxiderad yta. Siltig
1-45	Postglacial gyttjelerig fiberbank	Reducerad

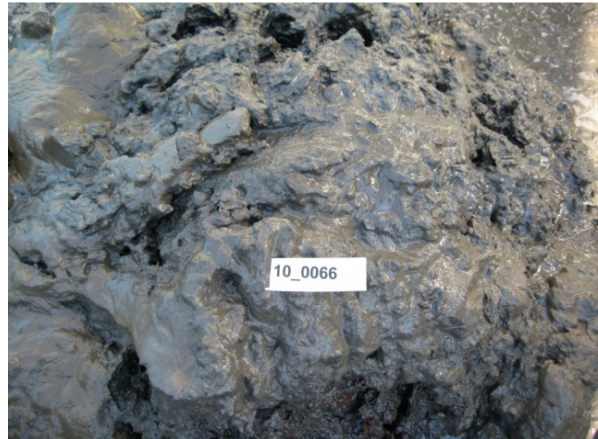
Frågeställning: Fiberbank?

Slutsats/ Kommentar: Förmodligen inte på djupet





Sjunktimmer i gripskopan



Postglacial siltig gyttjelera 0-1 cm, under bark och flis.

# OBSERVATIONSDOKUMENT

Fib10

Linje nr: fib10\_g002

Site nr: fib10\_0023

Kartblad:

Prov nr: 10\_0067

Provtagare

Stötlod samt Boxcorer

Vattendjup (m)

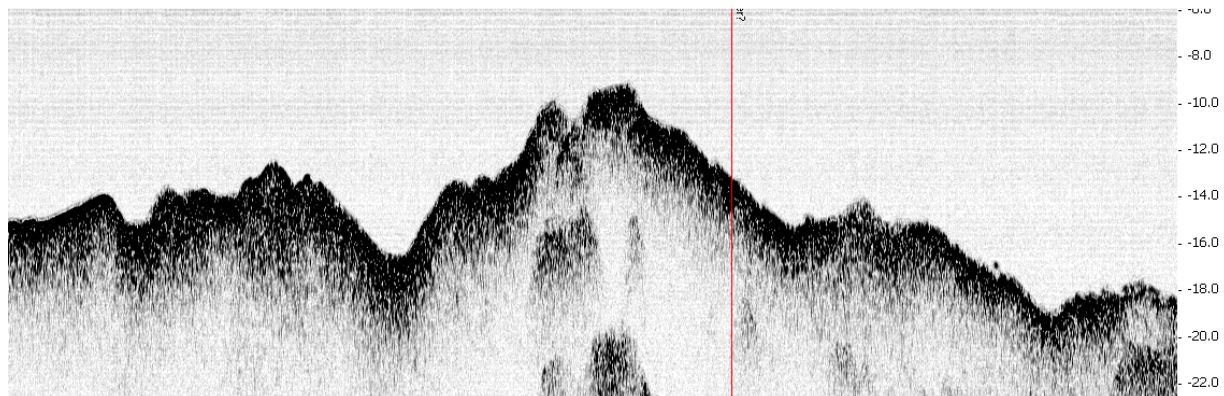
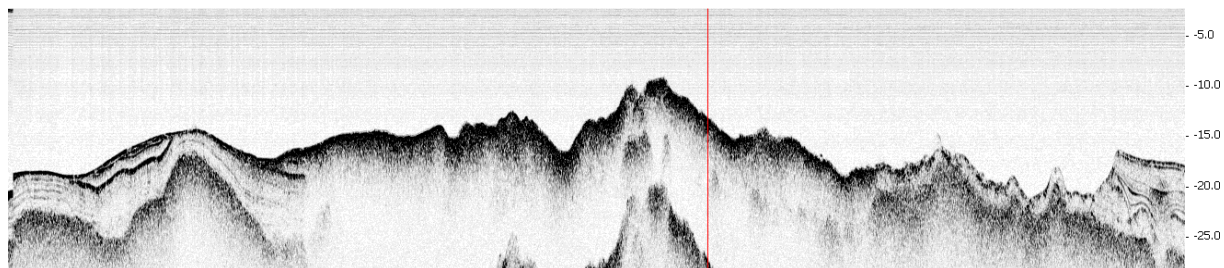
17.3

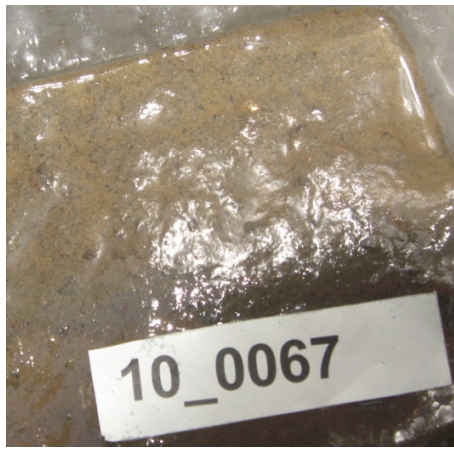
Djup i cm	Lagerföljd	Anmärkning
0-1	Postglacial gyttjelera	Oxiderad yta
1-26	Postglacial gyttja/torv	Innehåller finfördelat fiber och lite bark
26-77	Postglacial gyttjefinlera	Hiatus uppåt. Laminerad. Reducerade fläckar(två).
77-97	Glacial varvig lera	Fina tunna varv. Gradvis övergång mot postglacial lera, svårt att säga exakt var. Ökad gyttjehalt uppåt.

Frågeställning:

Fiberbank?

Slutsats/ Kommentar:





Ytan fotad i boxcoren.

# OBSERVATIONSDOKUMENT

Fib10

Linje nr: fib10\_b2027 Site nr: fib10\_0025

Kartblad:

Prov nr: 10\_0068

Provtagare Kolvlod, 6 m samt boxcorer

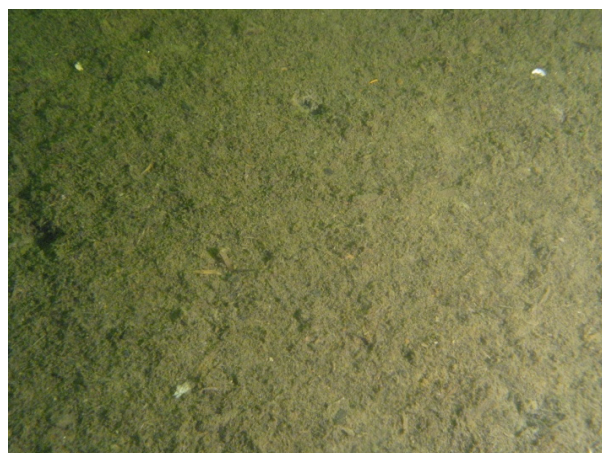
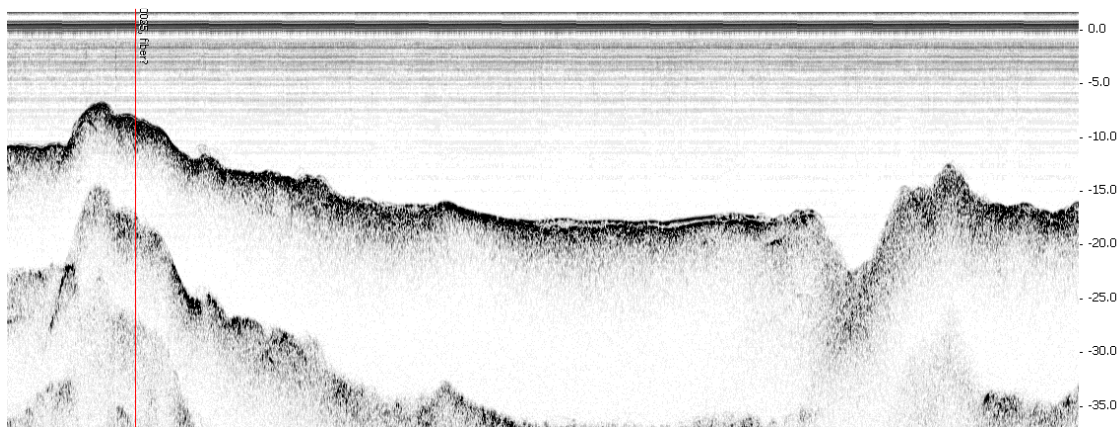
Vattendjup (m)

12.5

Djup i cm	Lagerföljd	Anmärkning
0-98	Fibrer	Bottenytan kom ej med.
98-597	Postglacial gyttjig silt	Färg: Turkos. Skikt av finsand samt leriga partier (olika ström-, sedimentationsförhållanden). Hög gyttjehalt och gas från ca 520cm till botten.

Frågeställning: Fiberbank?

Slutsats/ Kommentar:

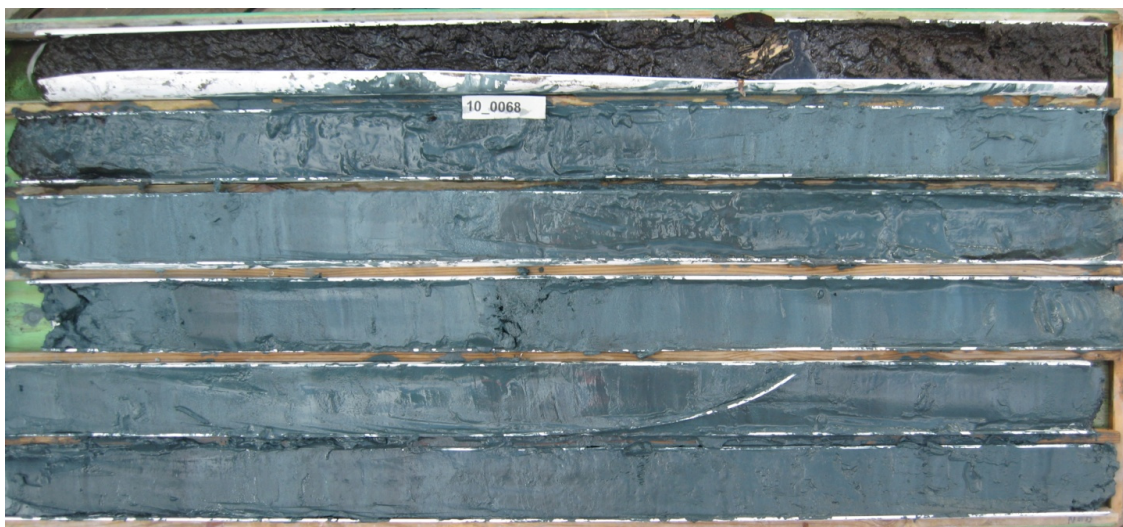




Oxiderad yta på fiberavsättningen.



Fiberna i avsättningen är fina och avlånga.



Lager av finsand finns på flera ställen i kärnan.



Under fiberbanken består kärnan till största delen av gyttjig silt.

# OBSERVATIONSDOKUMENT

Fib10

Linje nr: fib10\_b013

Site nr: fib10\_0028

Kartblad:

Prov nr: 10\_0069

Provtagare

Stor gripskopa samt stötlod

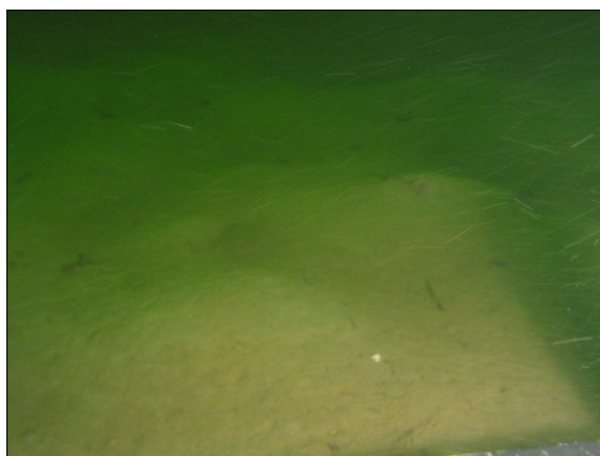
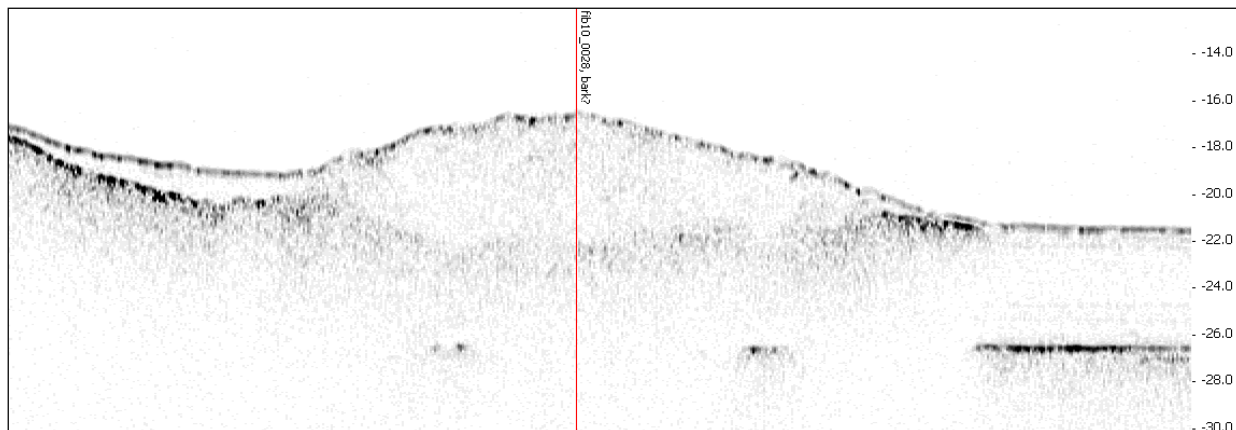
Vattendjup (m)

12.27

Djup i cm	Lagerföljd	Anmärkning
0-40	Postglacial gyttjelera	Reducerad, laminerad

Frågeställning: Barkansamling med hög vattenhalt?

Slutsats/ Kommentar: Nej, stämmer inte





Barkbit vid 7 cm.

# OBSERVATIONSDOKUMENT

Fib10

Linje nr: fib10\_b027

Site nr: fib10\_027

Kartblad:

Prov nr: 10\_0070

Provtagare UV-kamera

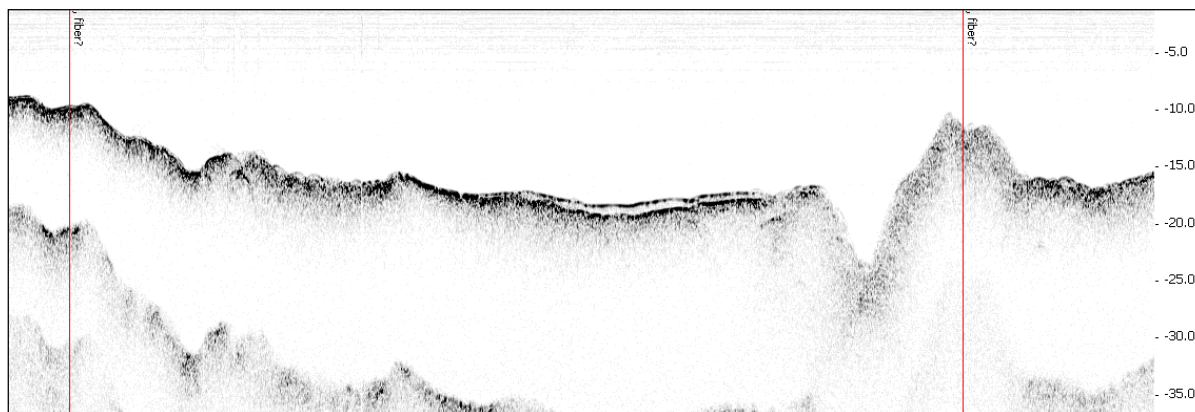
Vattendjup (m)

16.35

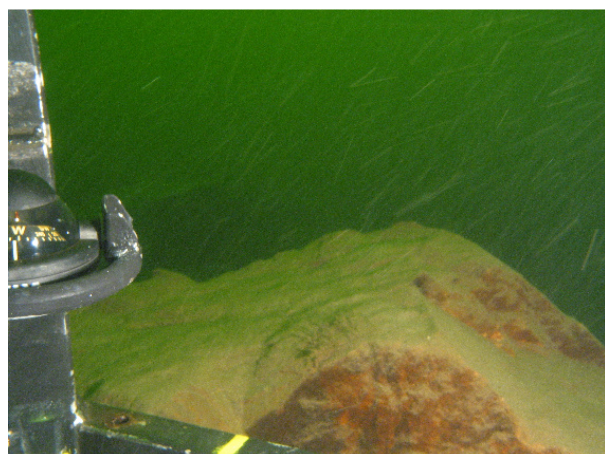
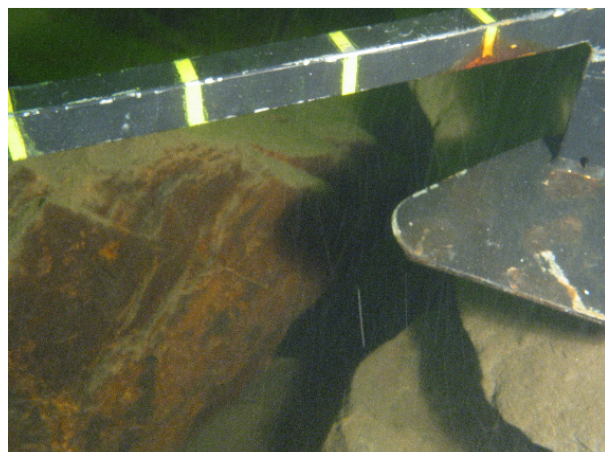
Djup i cm	Lagerföljd	Anmärkning
	Block och sten	Fyllningsmassor

Frågeställning: fiberbank?

Slutsats/ Kommentar: Dumpade sten och block



Provplatsen är siten till höger



# OBSERVATIONSDOKUMENT

Fib10

Linje nr: fib10\_f004

Site nr: fib10\_029

Kartblad:

Prov nr: 10\_0071

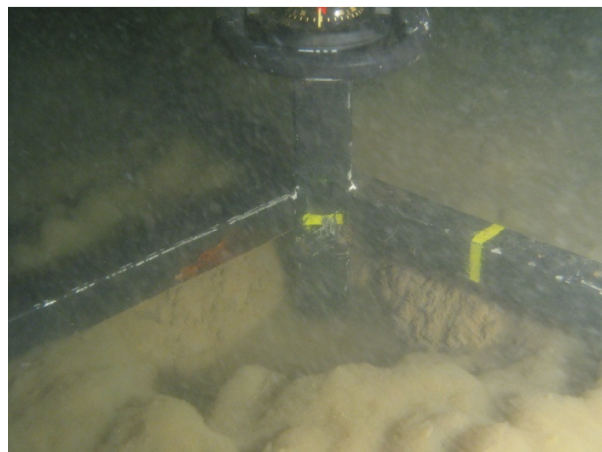
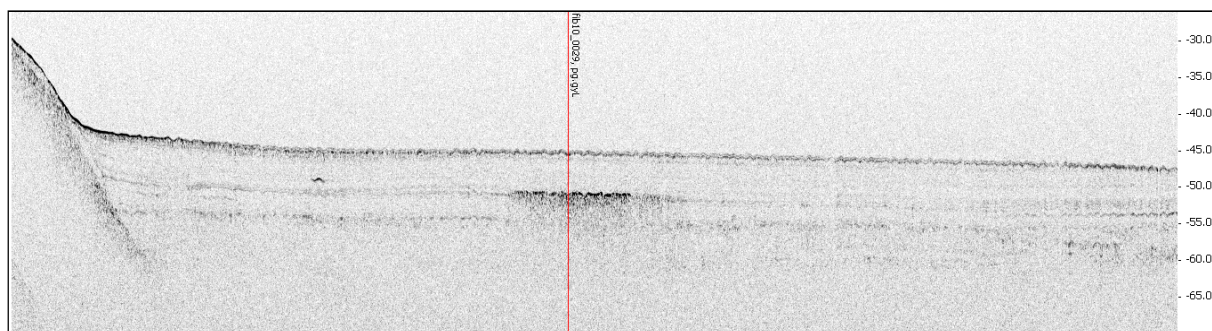
Provtagare Stötlod

Vattendjup (m) 44.5

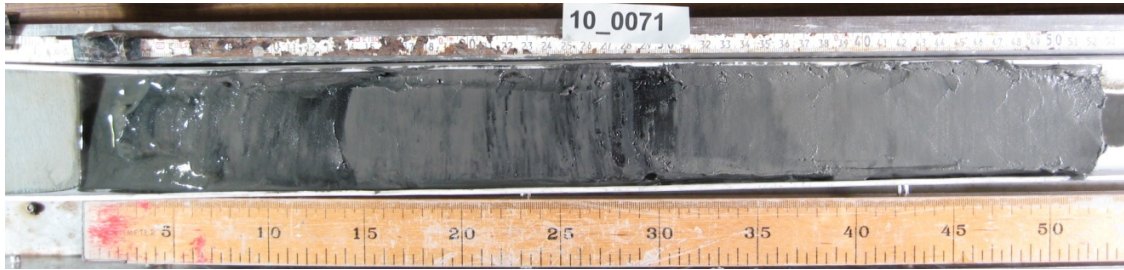
Djup i cm	Lagerföljd	Anmärkning
0-53	Postglacial gyttjelera	Reducerade band och skikt 0-36cm färg 5Y 3/1, 36-53cm 5Y 4/1

**Frågeställning:** Postglacial gyttjelera. Miljöprov?

**Slutsats/ Kommentar:** Inget miljöprov, inga fibrer



Oxiderad yta



# OBSERVATIONSDOKUMENT

## Fib10

Linje nr: fib10\_d013

Site nr: fib10\_0026

Kartblad:

Prov nr: 10\_0072

Provtagare

Gemini och stötlod

Vattendjup (m)

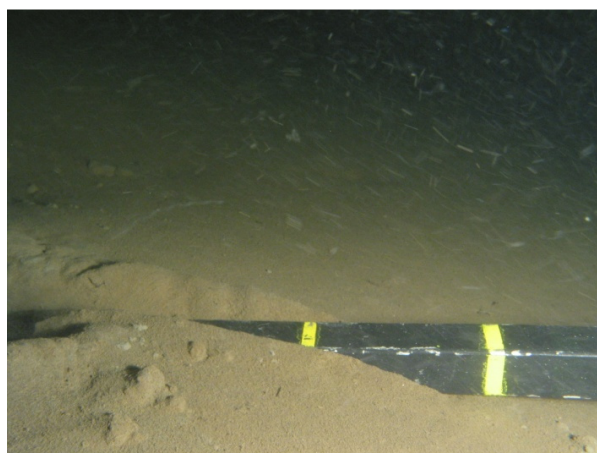
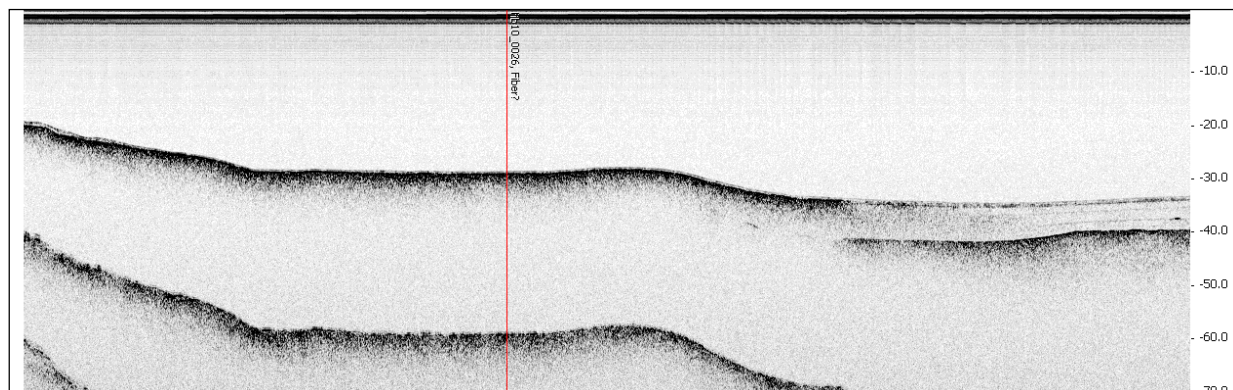
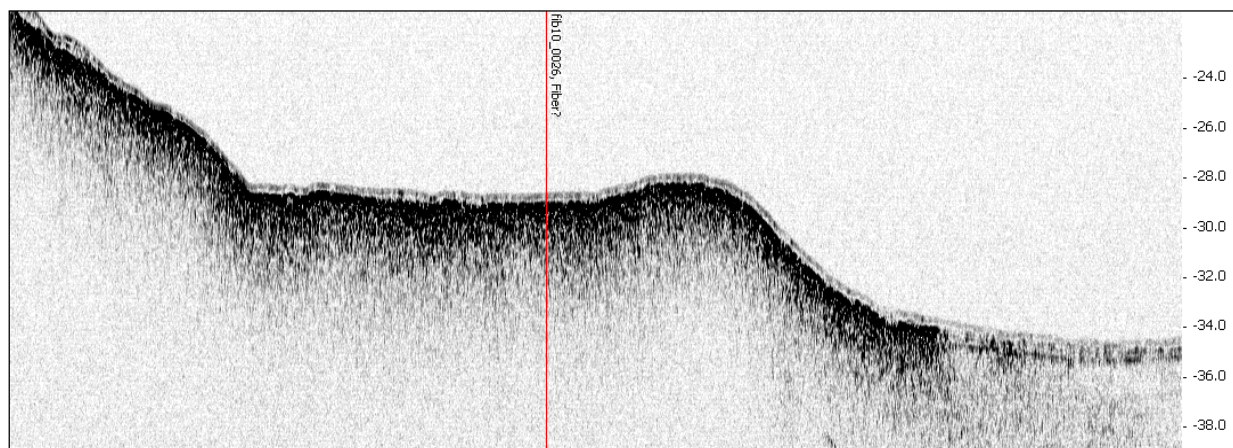
28

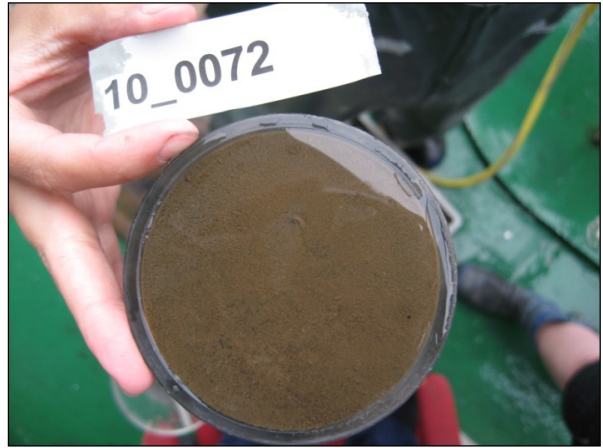
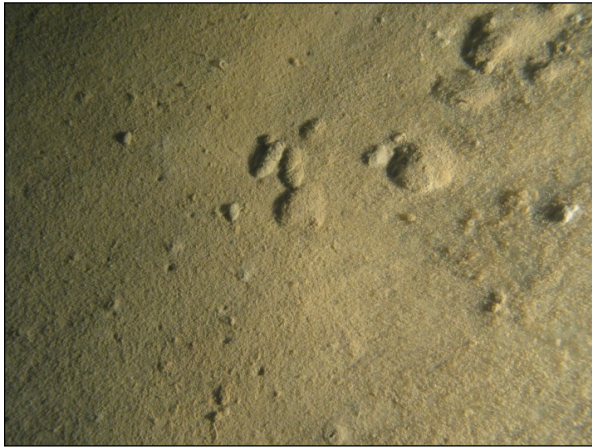
Djup i cm	Lagerföljd	Anmärkning
0-21	Postglacial lergyttja	Sapropel. Underkonsoliderad. Reducerad, svart. Oxiderad yta.
21-40	Postglacial lergyttja	Reducerade skikt. Sporadiskt inblandade fibrer.
40-49	Fiberavsättning.	Fibrer med matrix av trolig lergyttja.
49-66	Postglacial gyttjelera	Hög gyttjehalt. Osäkert om lergyttja.

Frågeställning:

Fiberbank?

Slutsats/ Kommentar:





# OBSERVATIONSDOKUMENT

Fib10

Linje nr: fib10\_a016

Site nr: fib10\_0021

Kartblad:

Prov nr: 10\_0073

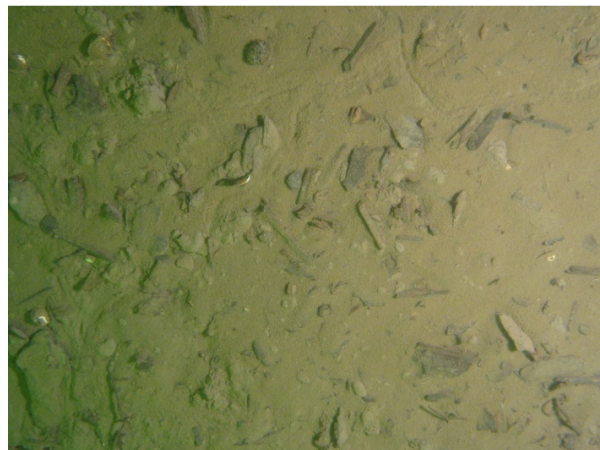
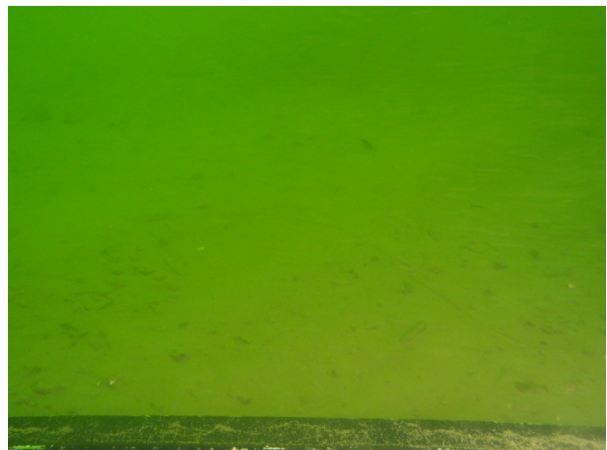
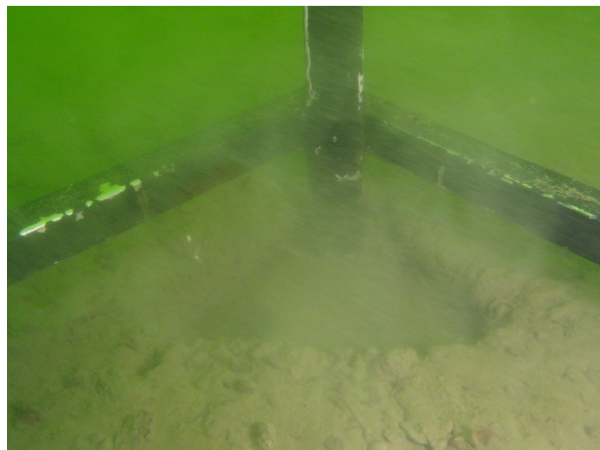
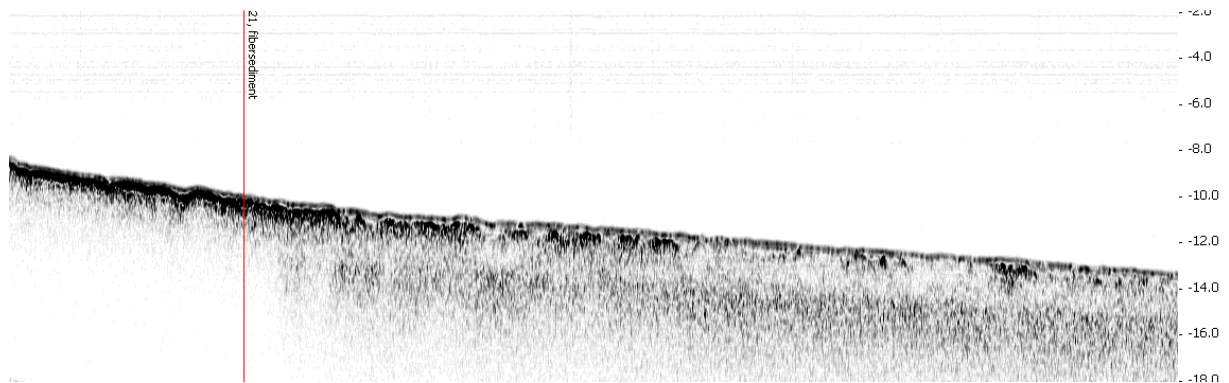
Provtagare Gemini, Stötlod, Stor gripskopa

Vattendjup (m) 10.5

Djup i cm	Lagerföljd	Anmärkning
0-32	Postglacial lergyttja	Barkbitar vid 30cm. Oxiderad yta. Reduserad och geléaktig.
32-61	Postglacial gtytjelera	Reducerade skikt och fläckar.

**Frågeställning:** fibrer, jämförelse med fib10\_0020, samma typ av botten men utan gas i ytan (i sonarbilden)

**Slutsats/ Kommentar:** LOI\_behövs





# OBSERVATIONSDOKUMENT

Fib10

Linje nr: fib10\_a016 Site nr: fib10\_020

Kartblad:

Prov nr: 10\_0074

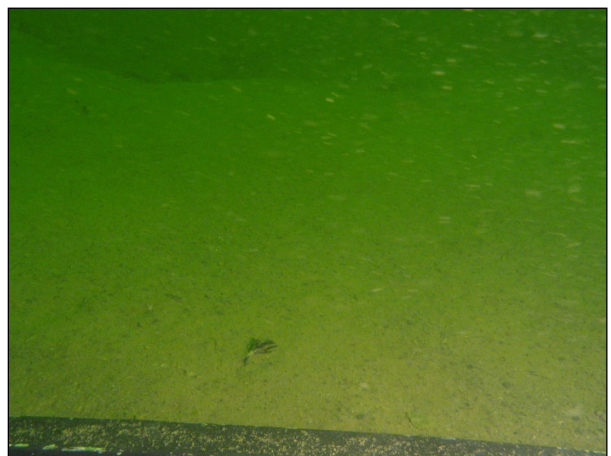
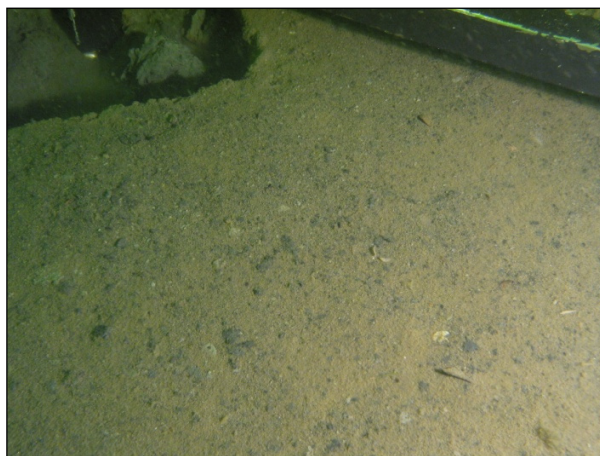
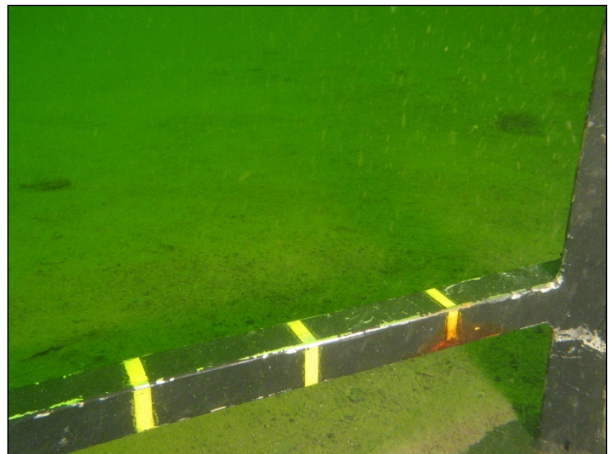
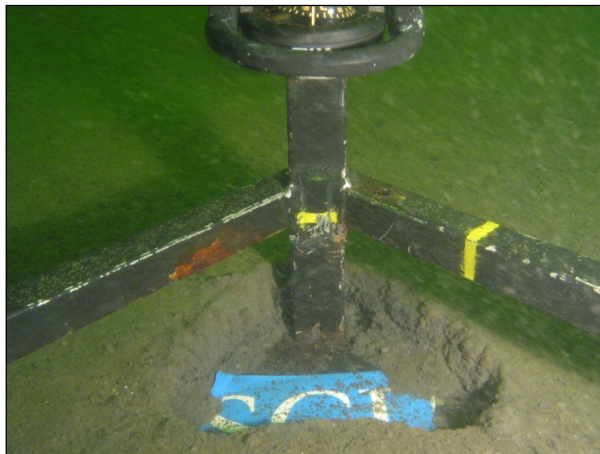
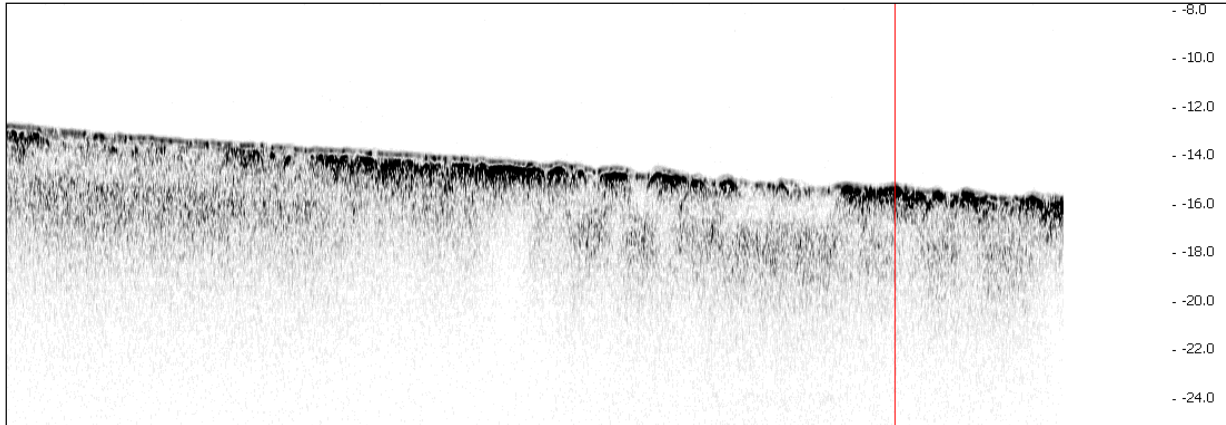
Provtagare Stötlod samt Boxcorer

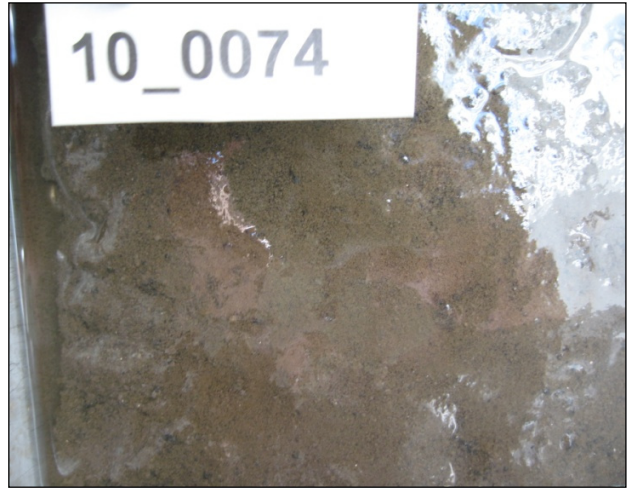
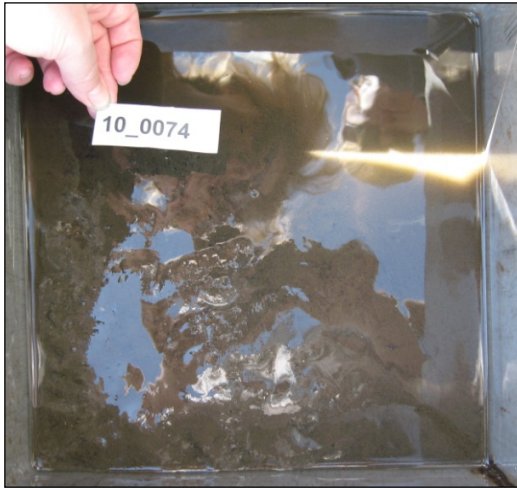
Vattendjup (m) 15.3

Djup i cm	Lagerföljd	Anmärkning
0-32	Postglacial lergyttja	Oxiderad yta. Reduserad och geléaktig.
32-68	Postglacial gyttjelera	Reducerade skikt och fläckar.

Frågeställning: Fibrer?

Slutsats/ Kommentar:





# OBSERVATIONSDOKUMENT

Fib10

Linje nr: fib10\_c005 Site nr: fib10\_019

Kartblad:

Prov nr: 10\_0075

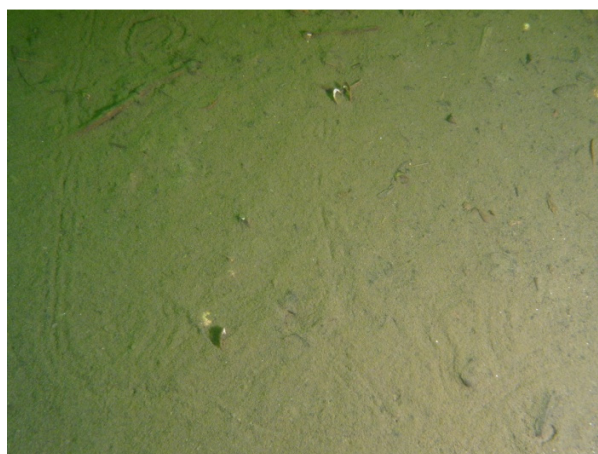
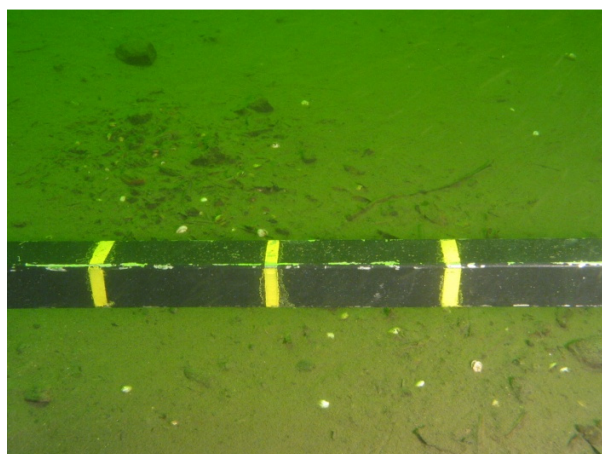
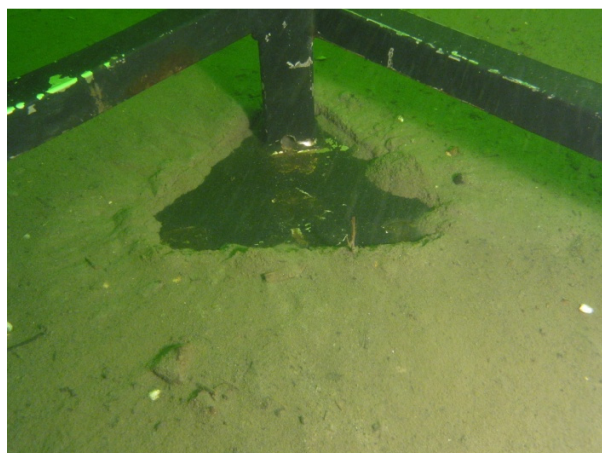
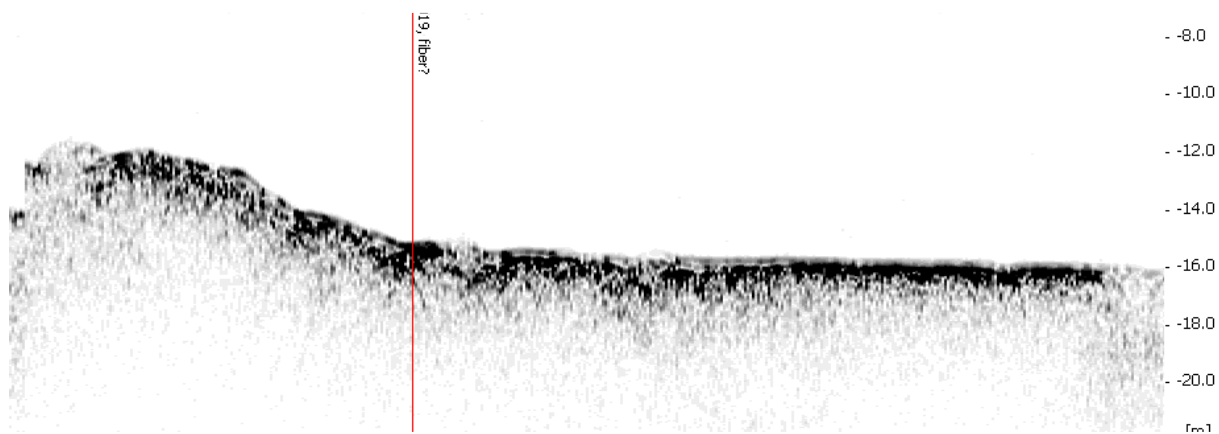
Provtagare Stor gripskopa

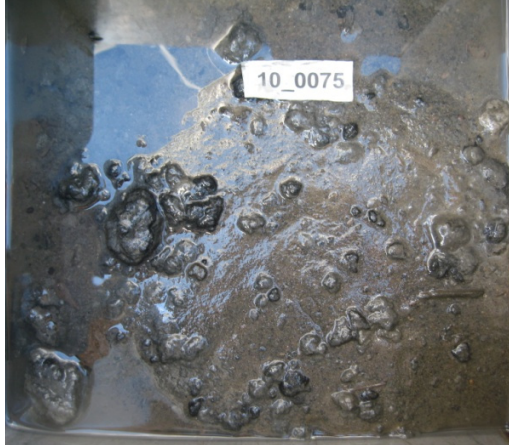
Vattendjup (m) 15,4

Djup i cm	Lagerföljd	Anmärkning
0-40	Postglacial siltig lergyttja	Oxiderad yta med tunn trolig silt. Reducerad. Laminerad. Innehåller sporadiskt sand-, smågruskorn och sten huvudsakligen ytnära samt små träflisor längre ned.

Frågeställning: Fibrer?

Slutsats/ Kommentar:





# OBSERVATIONSDOKUMENT

Fib10

Linje nr: fib10\_c029

Site nr: fib10\_0024

Kartblad:

Prov nr: 10\_0076

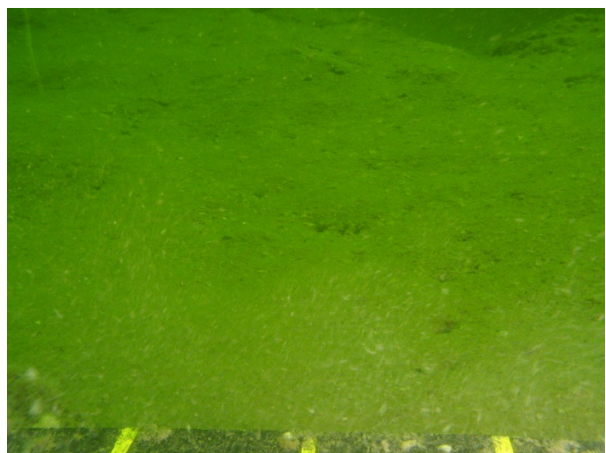
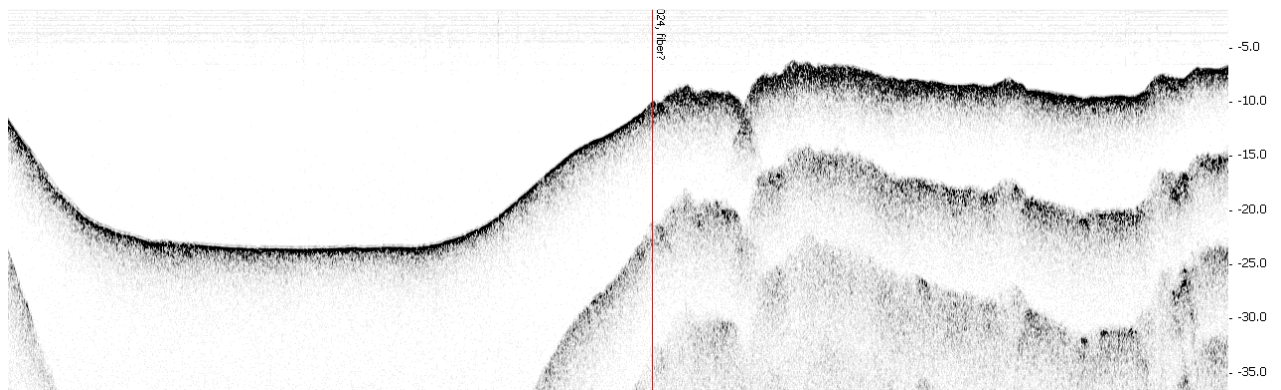
Provtagare Kolvlod

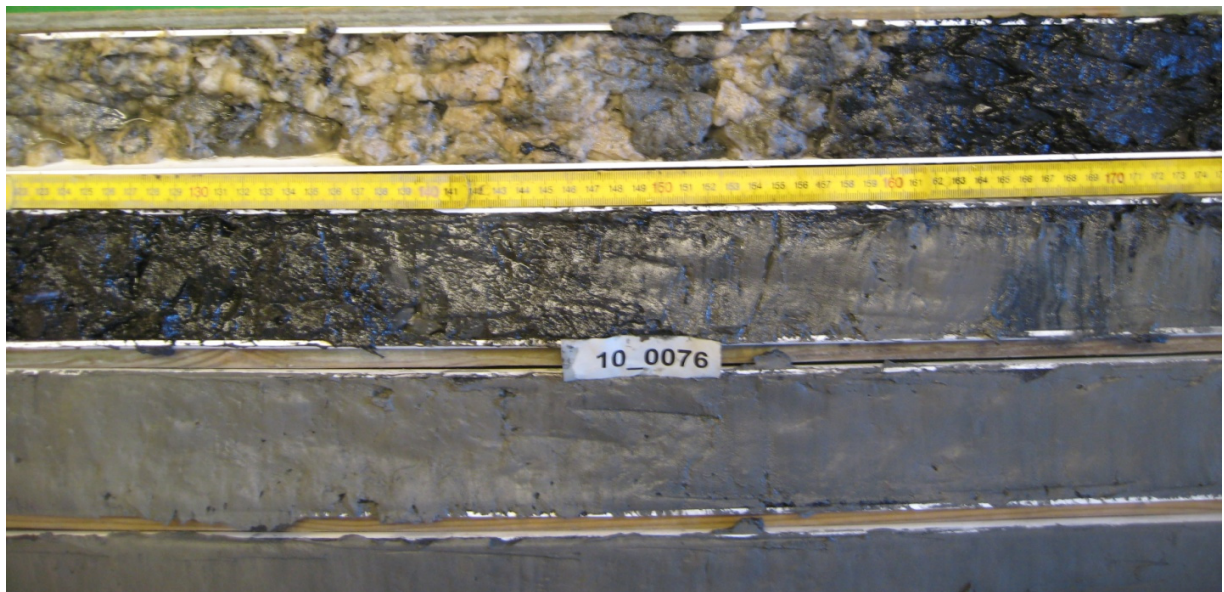
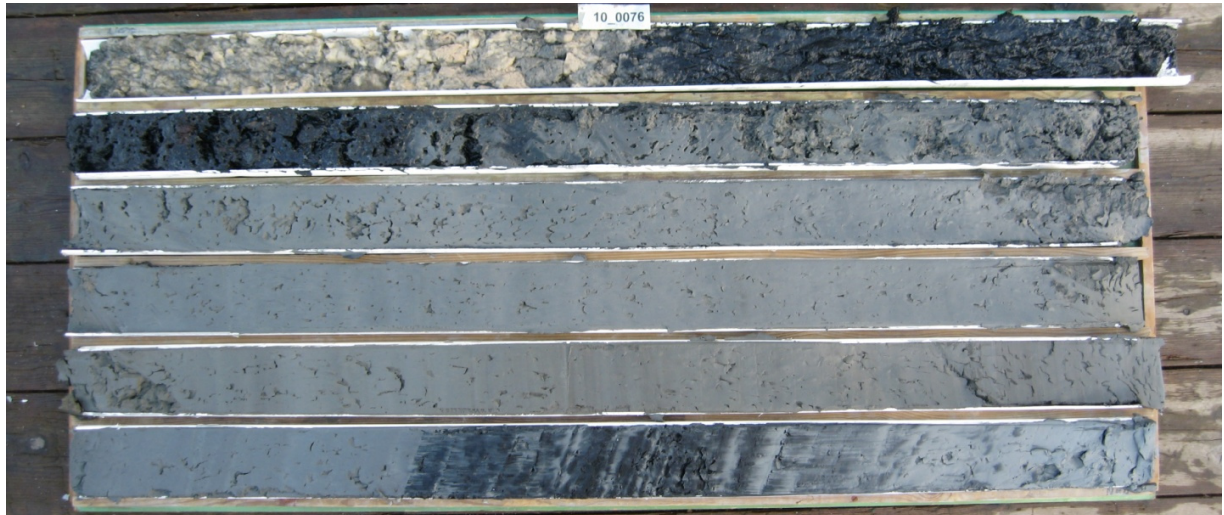
Vattendjup (m) 9,9

Djup i cm	Lagerföljd	Anmärkning
0-55	cellulosa	Vit, porös pappersmassa eller cellulosafiber
50-140	Postglacial lergyttja	svart
140-500	Postglacial lera	

Frågeställning: Fiberbank?

Slutsats/ Kommentar: Ja





# OBSERVATIONSDOKUMENT

Fib10

Linje nr: fib10\_a04

Site nr: fib10\_0031

Kartblad:

Prov nr: 10\_0077

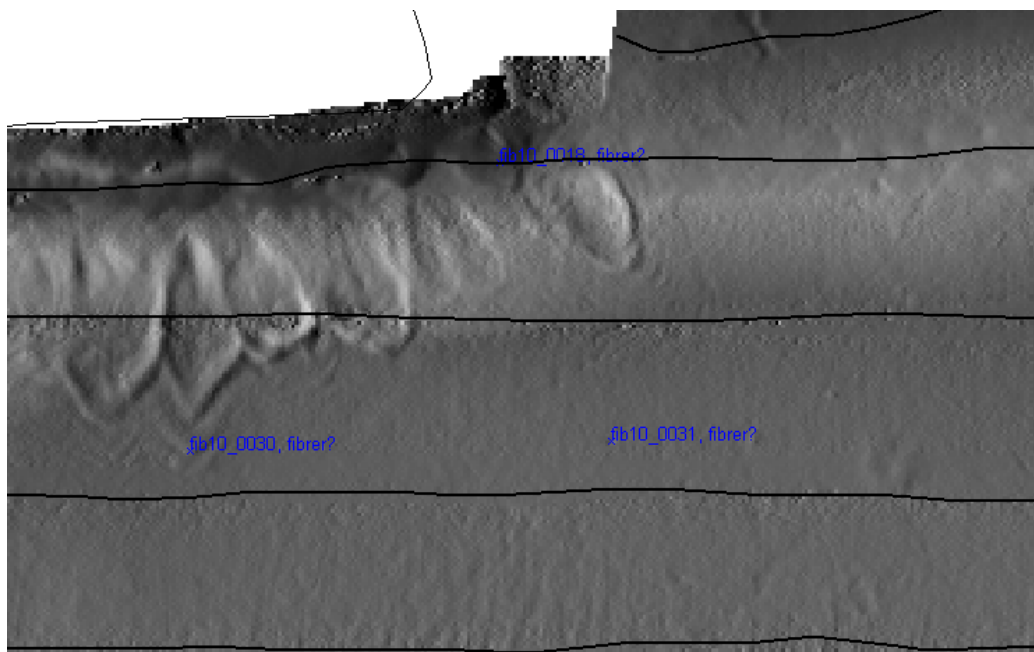
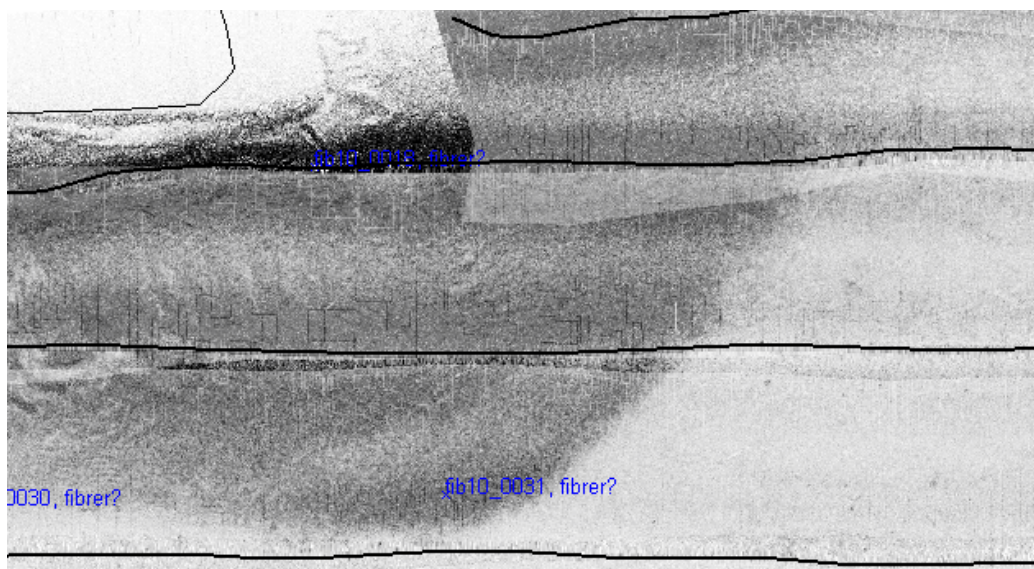
Provtagare stötlod

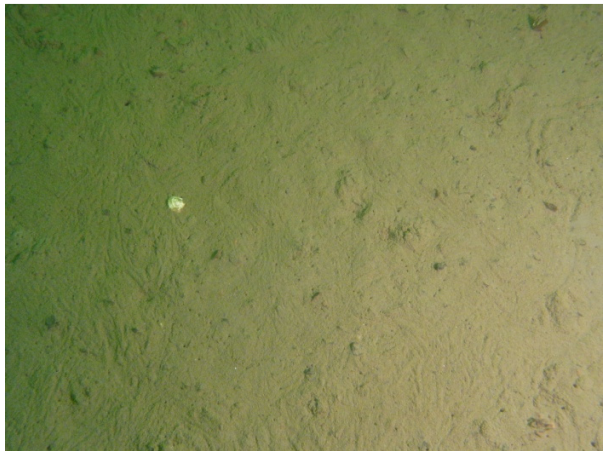
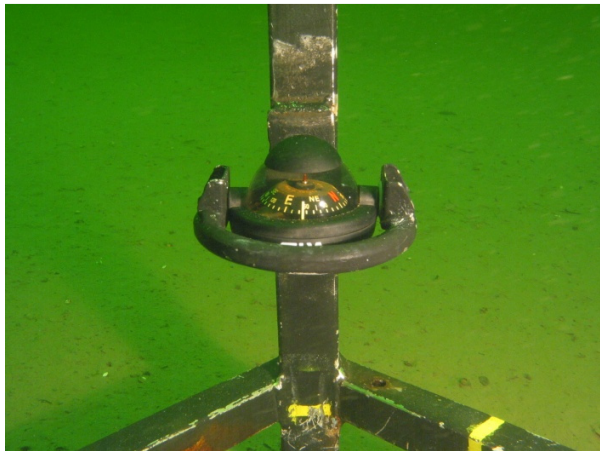
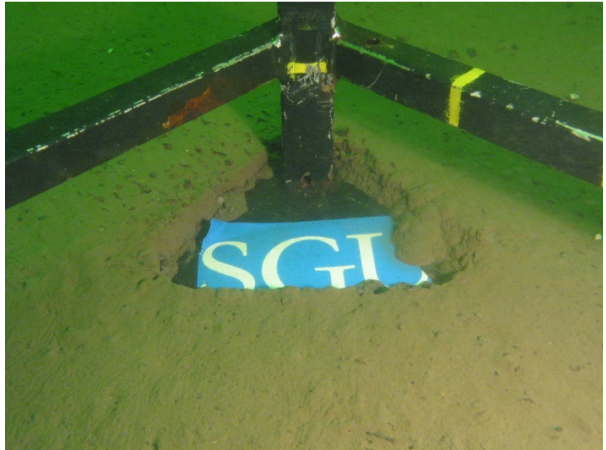
Vattendjup (m) 10,5

Djup i cm	Lagerföljd	Anmärkning
0-48	Postglacial siltig lera	Oxiderad 0-8 cm, underkonsoliderad och svart 8-25cm, innehåller sandskikt och små pinnar, grus på ytan

Frågeställning: Fiber?

Slutsats/ Kommentar: Förmodligen, LOI-analys behövs.







# OBSERVATIONSDOKUMENT

Fib10

Linje nr: fib10\_a005

Site nr: fib10\_0030

Kartblad:

Prov nr: 10\_0078

Provtagare

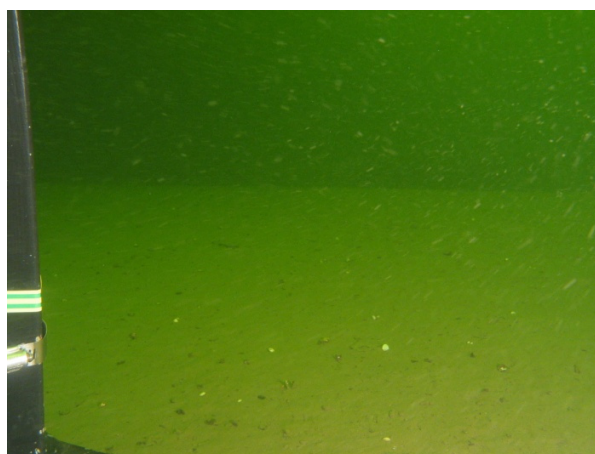
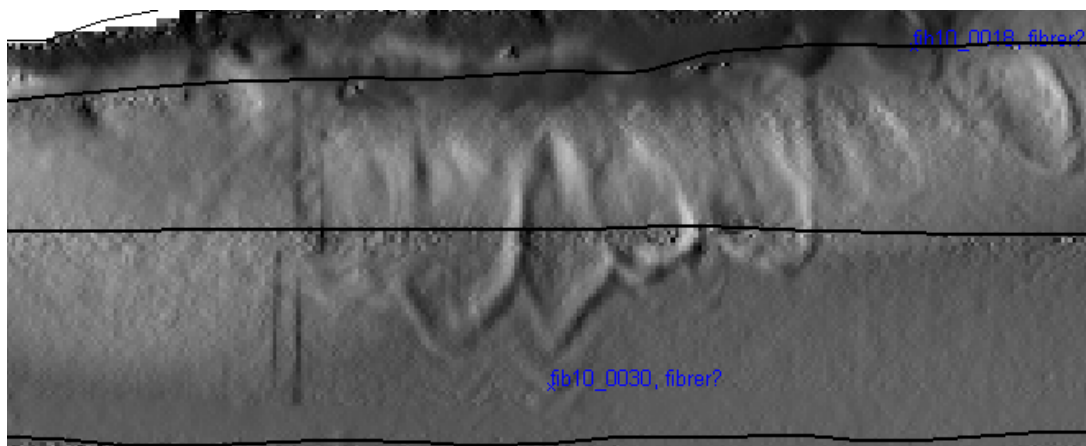
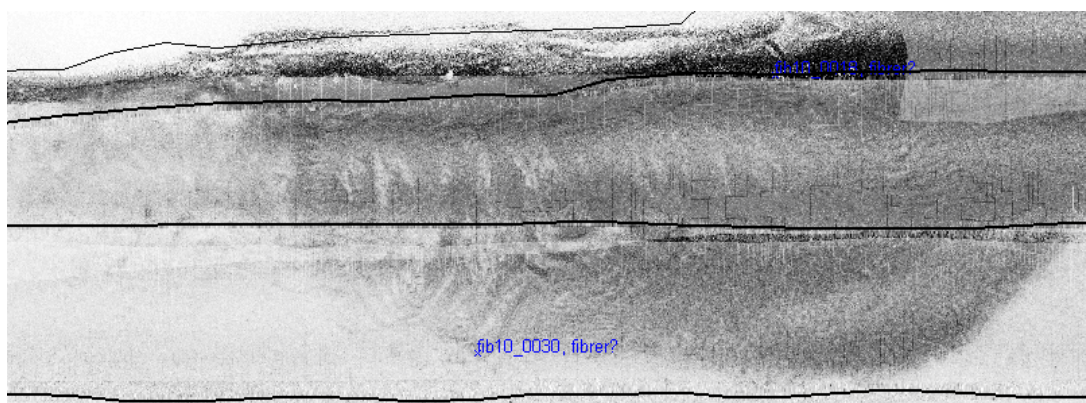
Vattendjup (m)

9.6

Djup i cm	Lagerföljd	Anmärkning
0-15	Postglacial gyttjelera	Ox. Yta 0-2cm, reducerad resten, fåtal barkbitar
15-30	Postglacial gyttjig grovsand	Reducerad och sorterad
30-40	Postglacial gyttjelera	Reducerad, sten funnen i botten

Frågeställning: Fiber?

Slutsats/ Kommentar: Inte synligt, LOI-analys behövs.





# OBSERVATIONSDOKUMENT

Fib10

Linje nr: fib10\_e055

Site nr: fib10\_0016

Kartblad:

Prov nr: 10\_0079

Provtagare

Gemini och stötlod

Vattendjup (m)

12.7

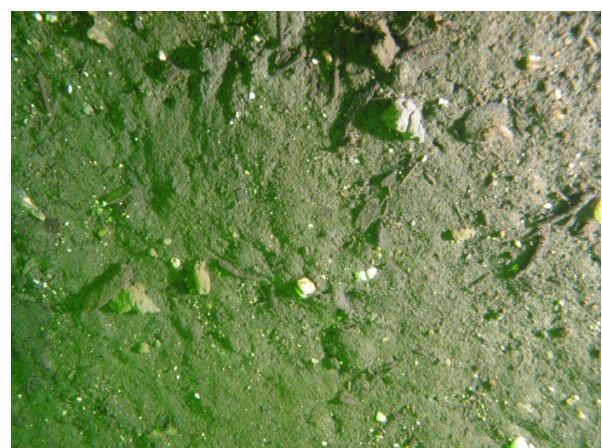
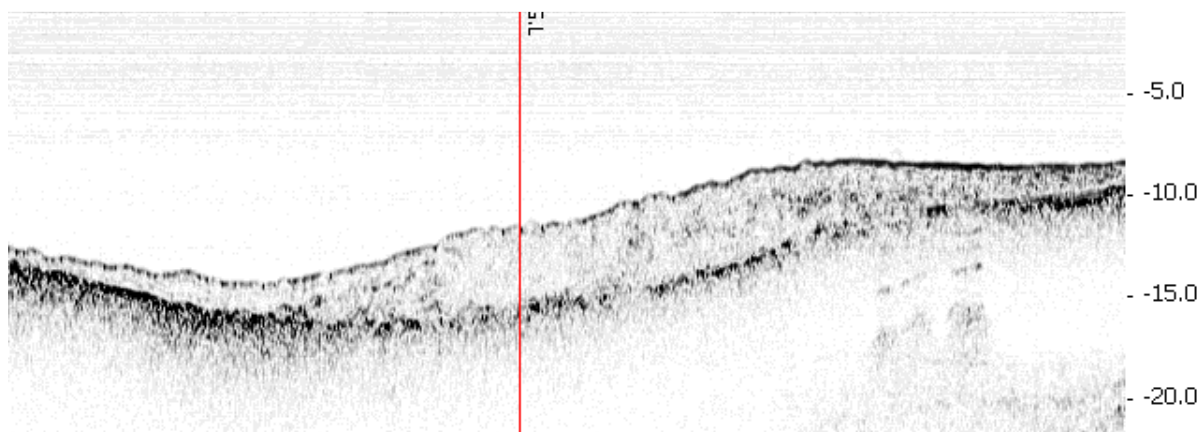
Djup i cm	Lagerföljd	Anmärkning
0-59	Postglacial lergyttja	Oxiderad yta. Reducerad. Sapropel 0-15cm. 0-33 2.5/N, 33-59 5Y 2.5/1. Vita, små kalkkorn i hela kärnan
59-63	Postglacial lergyttja	Bandad i konstiga färger. Konstig struktur. Eventuellt innehållandes cellulosa. Färg 4/N.

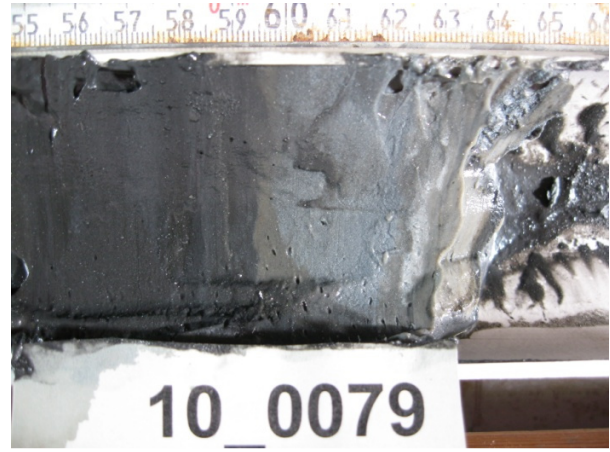
**Frågeställning:**

Fibrer eller annat antropogent?

**Slutsats/ Kommentar:**

Kolvlod bör tas för att penetrera lagerföljden





# OBSERVATIONSDOKUMENT

Fib10

Linje nr: fib10\_e016

Site nr: fib10\_0012

Kartblad:

Prov nr: 10\_0080

Provtagare

Gemini och stötlod

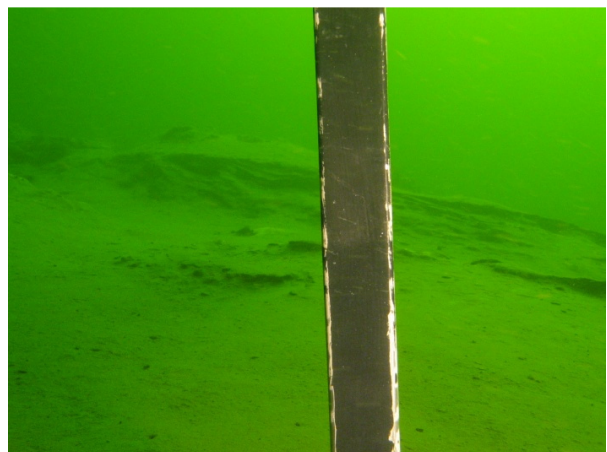
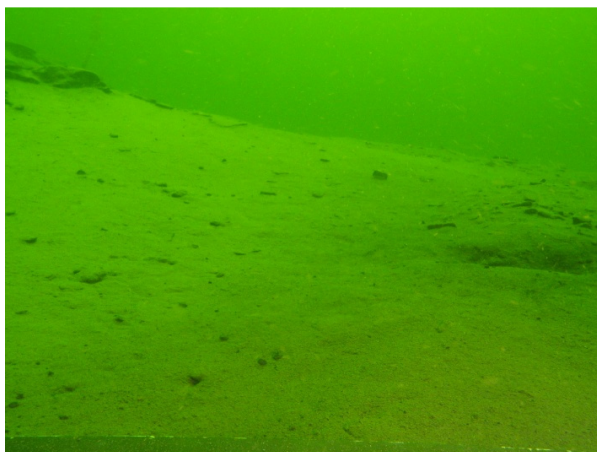
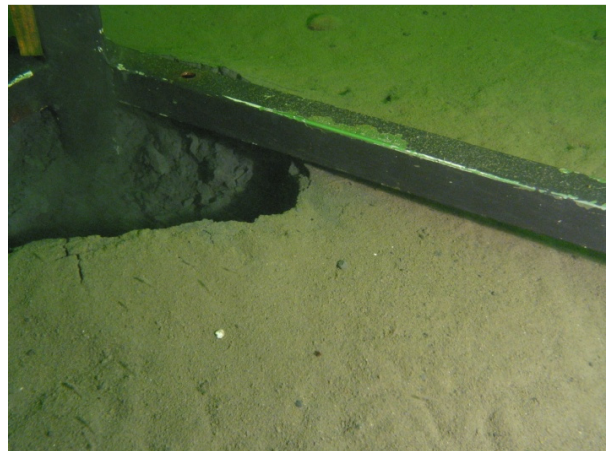
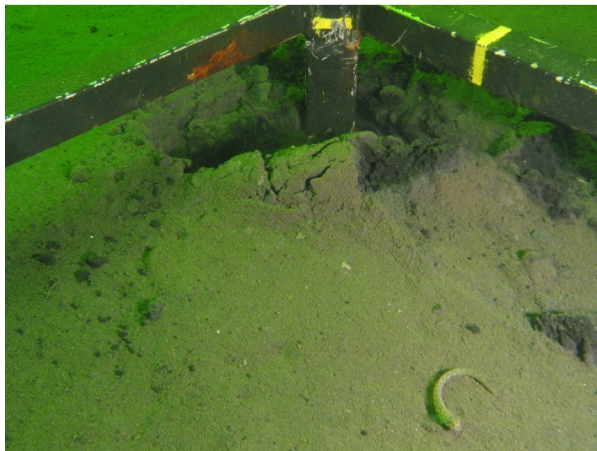
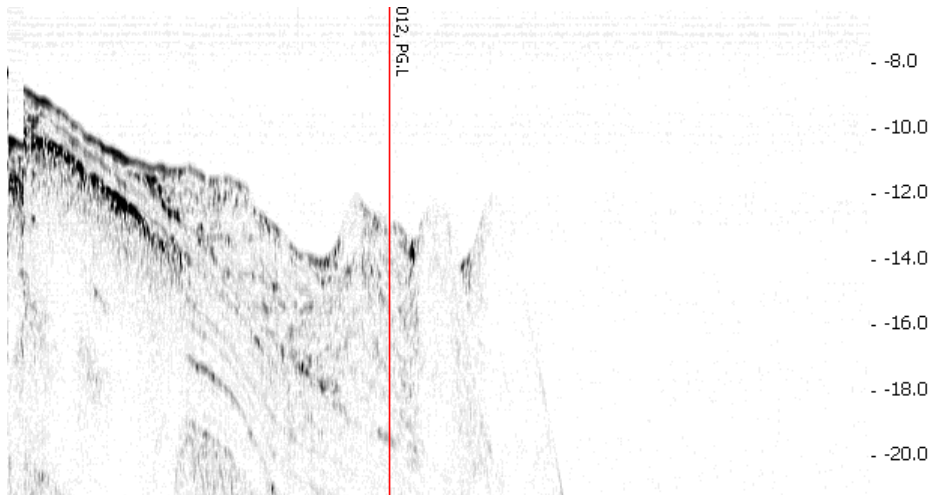
Vattendjup (m)

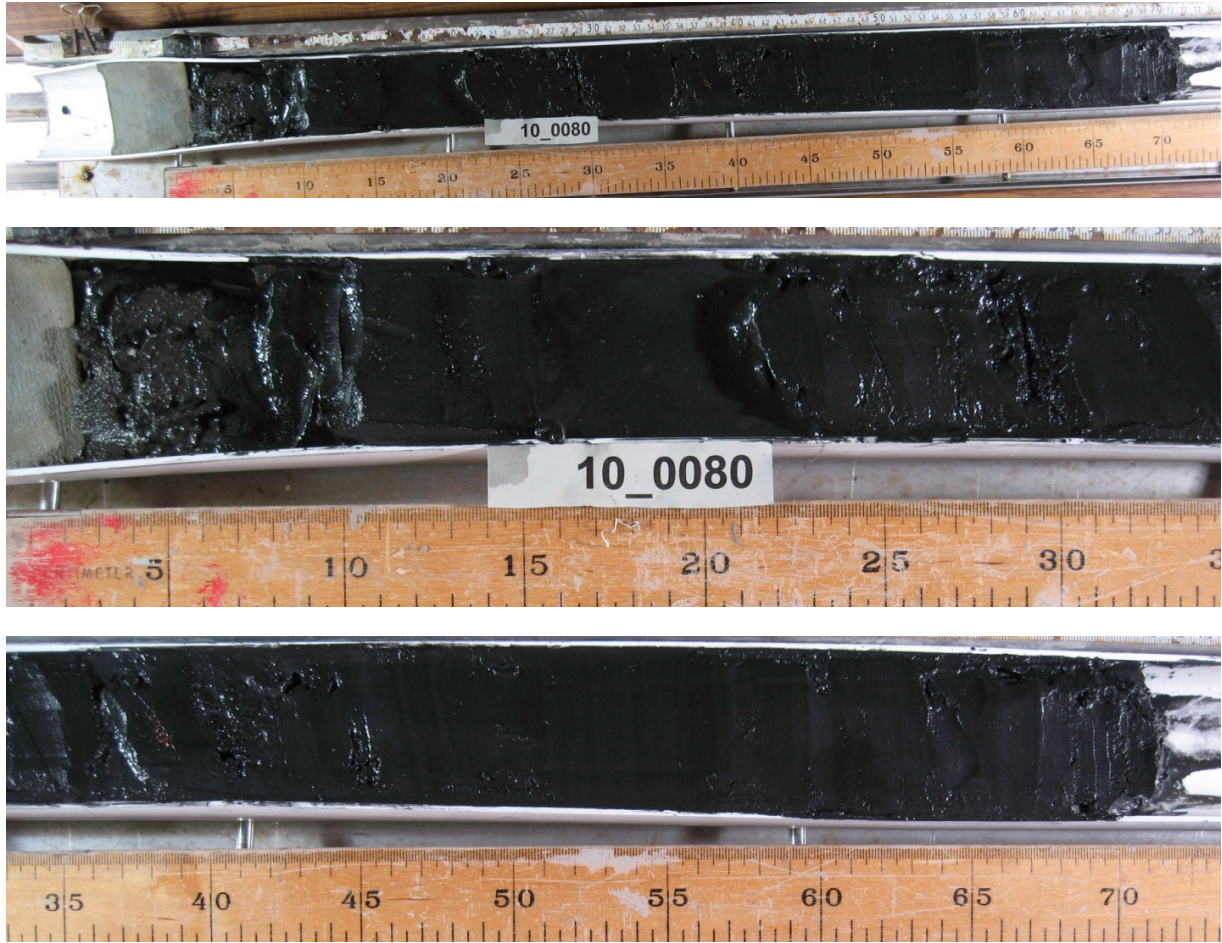
17,1

Djup i cm	Lagerföljd	Anmärkning
0-71	Antropogen avsättning	Växlande lager av under- och överkonsoliderat sediment. Färgen 2.5/N genom hela kärnan. Hög kalkhalt hela kärnan. Luktar starkt av väteperoxid (H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> ) eller ammoniak (NH <sub>4</sub> ). Inga tydliga fibrer.

**Frågeställning:** Fibrer eller annat antropogent?

**Slutsats/ Kommentar:** Antropogent, kanske utsläpp från blekningsprocesser?





*Vid sektionering av geminikärna:*

Kärndjup (cm)	Kommentar
10	Kärnans konsistens blir starkt underkonsoliderad, nästan flytande
14	Kärnans konsistens skiftar till starkt överkonsoliderad, svår att få ner i burken
17	Kärnan blir åter underkonsoliderad i konsistensen
31	Starkt överkonsoliderad igen, svår att få ner i burken
43	Underkonsoliderad och nästan flytande i konsistensen

Kärnan har en stark, frän lukt av väteperoxid (H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>) eller ammoniak (NH<sub>4</sub>). Lukten kan komma av utsläpp från Fagerviks sulfittfabrik där man bleker pappersmassa. Idag används bland annat väteperoxid vid blekning. Kärnans geologi var väldigt svår att fastställa, då den skiftade från starkt underkonsoliderad till väldigt överkonsoliderad.