



Client
Golder Associates
Project
Karlshäll, georadar (25030)
Authors
Nils Perttu

Date
2019-07-30
GeoVista No:
GVPM19016
Client Id

PM
19016

Golder Associates

**Georadar för detektion av
sjunktimmer och karakterisering
av förorenade fibersediment i
Karlshäll, Luleå**



- GVPM19016 -

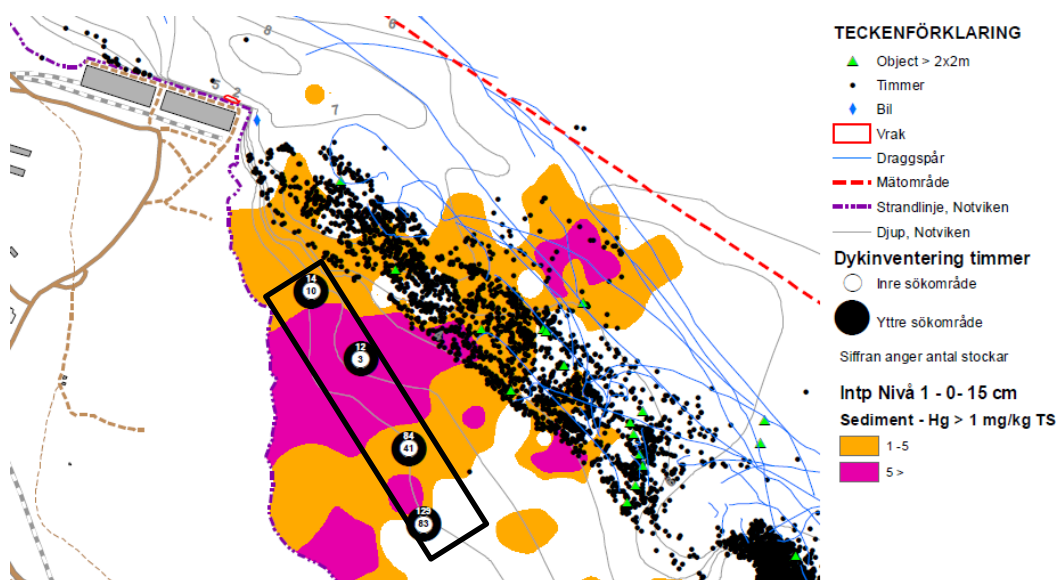
GeoVista AB
P.O. BOX 276
SE-971 08 LULEÅ
+46(0)920 603 60
info@geovista.se
www.geovista.se

Introduktion

I Karlshäll, i Luleälven nära Notviken, Luleå, bedrevs tidigare tillverkning av slipmassa. Under en period användes kvicksilver i processen för att förhindra mögelskador i massabalarna. Orenat processvatten släpptes ut och kvicksilverförorenade fibersediment samlades på delar av vikens botten, i ett område vid Notvikens södra strand (Figur 1). Dessa förorenade sediment ska muddras och Golder Associates undersöker var dessa fibersediment uppehåller sig samt omfattningen av sjunktimmer som behöver plockas upp innan muddringen kan påbörjas. Syftet med mätningarna är främst att undersöka om georadar kan användas för att särskilja och bestämma tjocklek på fibersediment med hög kvicksilverhalt (ska saneras) från fiberrika sediment (mindre kvicksilver) samt att detektera sjunktimmer. Mätningarna utfördes den 24:e juni, 2019 längs med 18 profiler på vardera 410 m med 5 m mellanrum (se svart rektangel; Figur 1). Området tangerar ett område där Dykab har utfört inventeringar av sjunktimmer (Figur 1; se vit-svarta cirklar; Jonasson, 2012), samt där det finns tydliga skillnader i koncentrationer av kvicksilver, dvs. fibersediment (lila) och fiberrika sediment (orange). Eftersom fibersedimenten och de fiberrika sedimenten skiljer sig åt i sammansättning, där de fiberrika sedimenten liknar naturliga sediment förväntas de ha olika fysikaliska egenskaper och därmed skilda radarsignaturer.

Osäkerheter

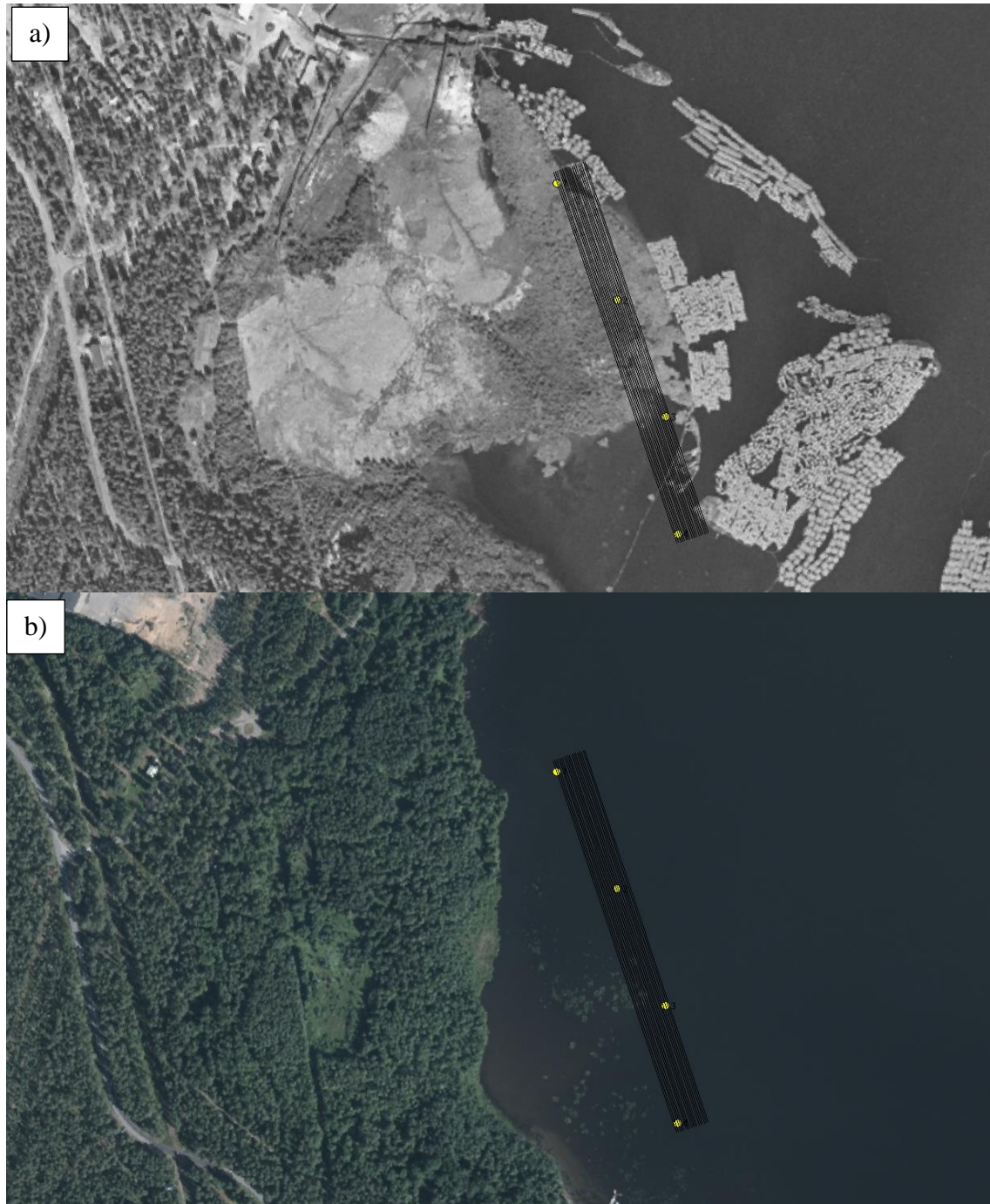
I detta PM presenteras tolkningar av bearbetade mätdata där korrektioner, kalibreringssamband och empiriska relationer har applicerats på ursprungliga mätdata. GeoVista tar inte ansvar för eventuella beslut som fattas utifrån de resultat som levererats och som presenteras i denna rapport. Det åligger därmed kunden att noga kontrollera och godkänna data och resultat som levererats och snarast meddela eventuella anmärkningar och synpunkter.



Figur 1. Mätområdet (svart rektangel) har bestämts utifrån tidigare inventeringar av sjunktimmer (svart-vita cirklar) och skillnader i koncentration av kvicksilver (orangea och lila konturer). Små svarta punkter utgör tidigare inventeringar av sjunktimmer.

Områdesbeskrivning

Mätområdet ligger i viken mellan Karlshäll och Karlsvik och tangerar områden med stora sjok av fibersediment som hålls kvar av en läns i ortofotot från 1960 (Figur 2a). Djupet varierar mellan 1,8-3,8 m i mätområdet enligt Dykabs inventering (Jonasson , 2012).

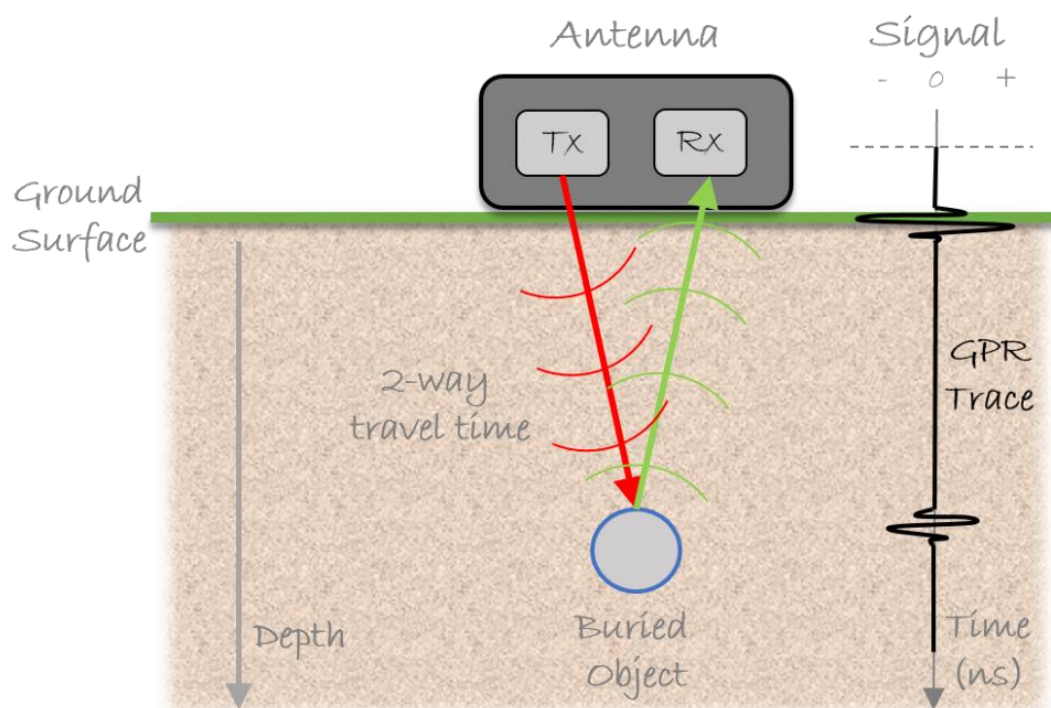


Figur 2. Ortofoto från a) 1960 och b) nutid. Svarta streck visar radarprofiler (1-18 från väster till öster) och gula prickar motsvarar Dykabs sjunktimmerinventering. Det äldre ortofotot visar flytande fibermassa innanför länsen och timmer utanför.

Metod och utförande

Georadar är en geofysisk metod som använder sig av elektromagnetiska pulser i frekvensområdet 10 till 2000 MHz för att visualisera marken ner till ett djup av några decimeter till tiotals meter beroende på markens beskaffenhet och vald antenn (eller frekvens; Figur 3 & 4). Radarvågorna reflekteras mot lager och objekt med olika dielektriska egenskaper, där enskilda mätningar bearbetas och sammanfogas till ett radargram (2D-diagram; Figur 5). Djupskalan utgörs av tiden det tar för pulsen att färdas ner till en reflektor och upp till mottagarantenn. Med kännedom om markens dielektriska egenskaper kan reflektioner från olika lager eller objekt relateras till ett direkt djup.

Enskilda mätningar triggas vanligtvis av ett mät hjul, men eftersom denna mätning har gjorts på vatten har mätningarna trigats på tid. Radarmätningar är indirekta, dvs. i radargrammen ser man enbart olika reflektorer. För att kunna koppla dessa till geologiska lager eller objekt krävs stöd från annan information, t.ex. borrhål/sedimentprover. Om stödjande data saknas blir därför radartolkningen mer osäker. Valet av antenn är en kompromiss mellan nedträngningsdjup och upplösning, där en högfrekvent antenn upplöser fler objekt, men signalen förlorar också energi snabbare än signalen från en mer lågfrekvent antenn. Radarvågor dämpas avsevärt av elektriskt ledande media som t.ex. leror/silt, metallobjekt och saltvatten. Föremål som har en storlek som motsvaras av radarvågens våglängd eller något större kan inte upplösas till sin form av radarn, utan kan anses vara "punktobjekt". Våglängden för den lägre frekvensen (se nedan) i denna undersökning är ca 0.2 m i vatten. Sådana punktobjekt avbildas som hyperblar i radargrammen. Ännu mindre objekt går normalt sett inte att upplösa i resultaten.



Figur 3. Principskiss för en enskild radarmätning (trace) som senare sammanfogas till ett radargram (se exempel Figur 5).

Radarmätningarna har utförts från båt av två personer med antennen bogserad på en flotte. Navigering har gjorts med en handhållen GPS längs med 18 förbestämda profiler (rutter) på ca 410 m med 5 m avstånd mellan profilerna. Ett ekolod har loggat djupet till botten under mätningens gång.

Vald antenn (Figur 4; MALÅ Easy Locator Pro WideRange HDR) använder sig av två frekvenser (650 och 170 MHz), en högfrekvent och en mer lågfrekvent vilket medför att både ytliga och djupa strukturer kan karteras samt att kontinuerliga (tex. bottentopografi) och punktobjekt (tex. timmerstockar) identifieras. Radarsystemet har modifierats av tillverkaren för att kunna triggas på tid och mäta djupare (ca 6 m i vatten istället för 3 m). Data från den här undersökningen har bearbetats och visualiserats med programmet ReflexW, där radargrammen har filtrerats från brus, signalen har förstärkts mot djupet och första reflektionen har flyttats till tiden "0". Radargrammet har visualiserats med en djupskala som baseras på en uppskattad dielektrisk konstant (ϵ) på 81, vilket motsvarar färskvatten.



Figur 4. Foto över radarutrustningen MALÅ EL Pro WideRange HDR, samt ekolodsutrustning.

Resultat

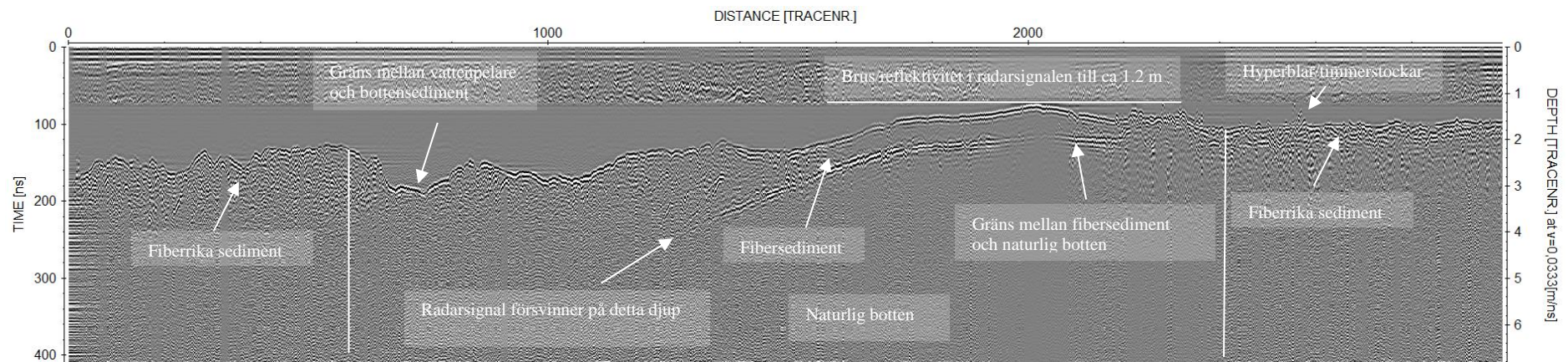
Sammanlagt har 18 profiler mätts vid Karlshäll (Figur 2) på sammanlagt ca 7500 m (Appendix A). Radardata är av god kvalitet, vilket visas genom god nedträngningsförmåga och tydlig reflektivitet. På ett djup av ca 2 m, försvagas signalen avsevärt i den högre antennfrekvensen. Detta innebär att den lägre frekvensen (med bättre djupkänning) får större betydelse i denna undersökning, då djupet till botten är större än 1,7 m i mer eller mindre hela området. Nedan redovisas ett exempel från mätningarna (Figur 5). Hyperblar motsvarar punktobjekt, dvs. möjliga sjunktimmer. Dessa återfinns både ovan och i bottensedimenten. Ett tydligt brus återfinns i de första 80 ns (1.2 m) av radargrammet. Denna störning är inte lika tydlig i den högre frekvensen. I den lägre frekvensen återfinns även en kontinuerlig reflektor inom vattenpelaren (Appendix A, se Profil 1-5). Denna

reflektor är inte synlig i den högre frekvensen och är därför mest troligt skapad av båten eller antennen själv.

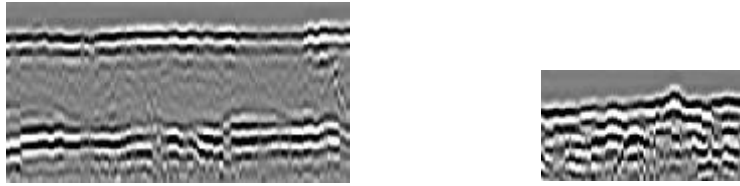
Särskiljning av fibersediment från fiberrika sediment.

Fibersedimenten har ett högre gasinnehåll och radaramplituden bör därmed särskilja sig från de fiberrika sedimenten. Det visade sig vara svårt att analysera amplituden eftersom radarsignalen påverkas mer av djupet till de olika sedimenten än själva gasinnehållet. Fibersedimenten är dock en homogen substans med liten eller ingen reflektivitet inom själva lagret, medan fiberrika sediment har egenskaper som liknar normala sediment, med en tydlig lagring (se Figur 5 och 6). Gränsen mellan dessa olika typer av sediment är mer flytande och bedömningen blir därför något subjektiv. Det är också en förhållandevis svag anpassning till halten kvicksilver (lila kontur; Figur 7), där både den norra och södra gränsen (tolkade från radarmätningarna) ser ut att vara förskjuten söderut. Fibersedimenten sammanfaller dock med en tydlig sänka inom mätområdet. Fibersedimenten har också en tydlig bottenreflex, medan radarsignalen från de fiberrika (mer naturliga) sedimenten försvagas och till sist försvinner mot djupet, vilket troligtvis beror på större inblandning av lermineral.

Djupet till botten har digitaliserats och interpolerats till en karta över bottenpogografen i undersökningsområdet (Figur 8). Detta kan också göras för djupet till gränsskiktet fibersediment och naturlig botten alternativt tjockleken på sedimenten. För detta krävs provpunkter för kalibrering av hastigheten i dessa sediment, vilket inte har gjorts i denna testmätning. De mätta djupen till botten med georadar och ekolod stämmer väl överens med varandra, där radarmätningen genomgående har en 0,1-0,2 m större djupangivelse (Figur 9). Detta kan bero på flera omständigheter men eftersom felet/avvikelsen är förhållandevis konstant kan den enkelt korrigeras för.



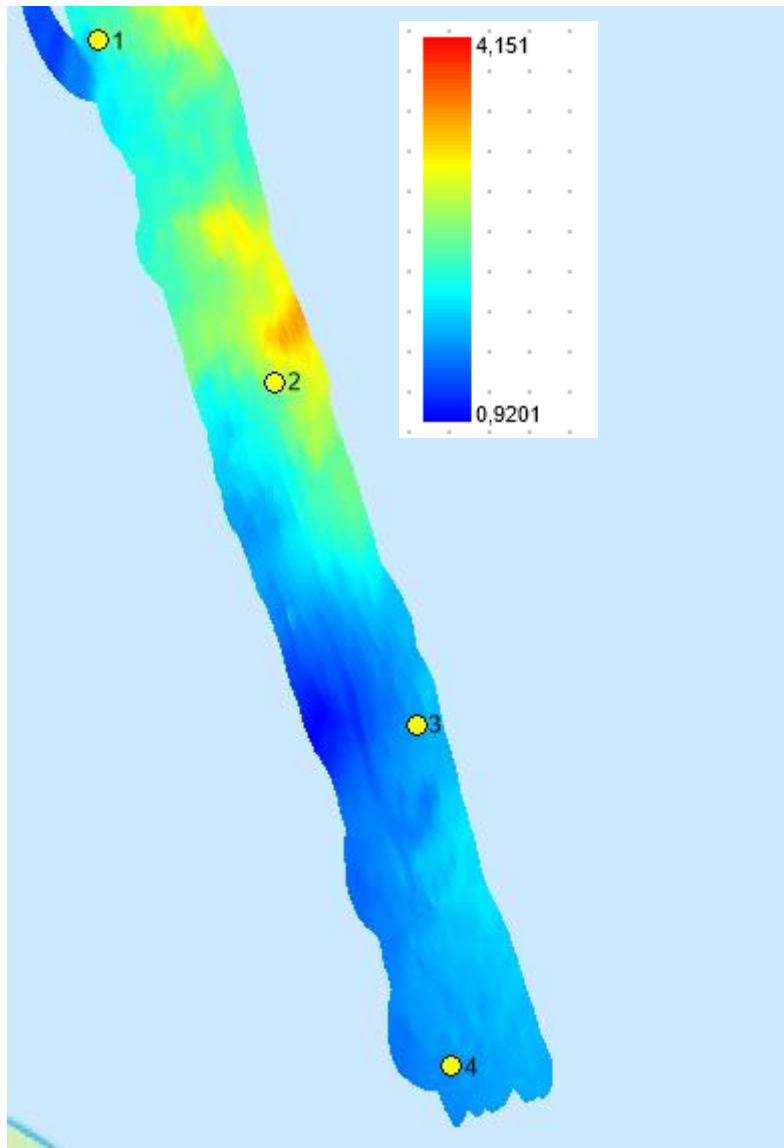
Figur 5. Exempel på radargram från Profil 11(N-S; Fil 150) med tolkning. De vita vertikala strecken utgör tolkad gräns för fibersediment (mellan strecken) och fiberrika (utanför strecken). Den vänstra y-axeln visar tvåvägstiden i nano-sekunder och den högra djupet baserat på hastigheten i vatten. Dvs. sedimenttjockleken är inte korrekt återgiven i detta radargram. X-axeln utgörs av antalet mätningar (trace) och ska inte förväxlas med avstånd i meter.



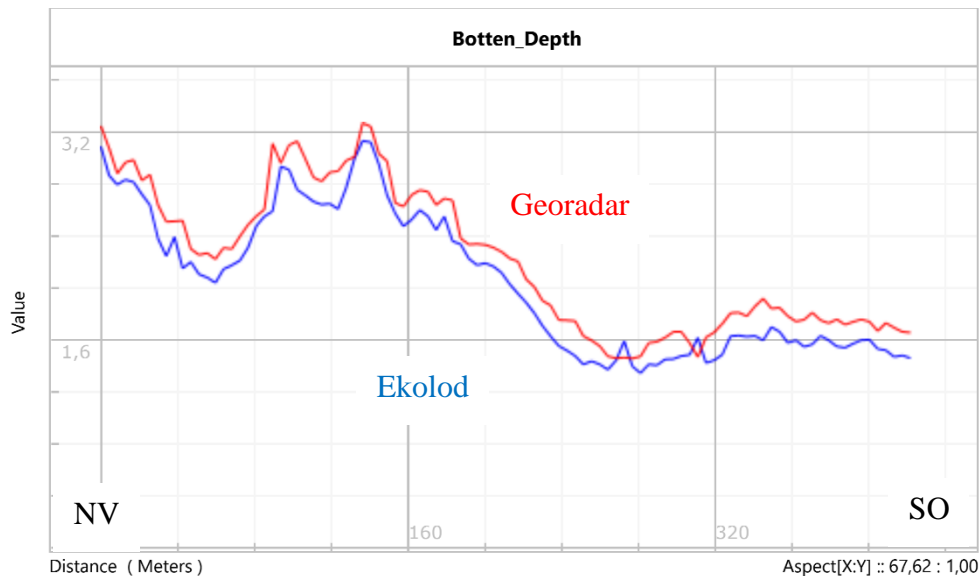
Figur 6. Till vänster: fibersediment och till höger fiberrika sediment. Fibersedimenten har liten eller ingen reflektivitet inom själva lagret medan de fiberrika sedimenten har en tydlig lagringsstruktur.



Figur 7. Svarta punkter sammanlänkade med gula linjer visar gränsen för fiber och fiberrika sediment i de olika profilerna enligt antagandet att lagret med fibersediment är mer homogent och därmed har mindre reflektivitet.



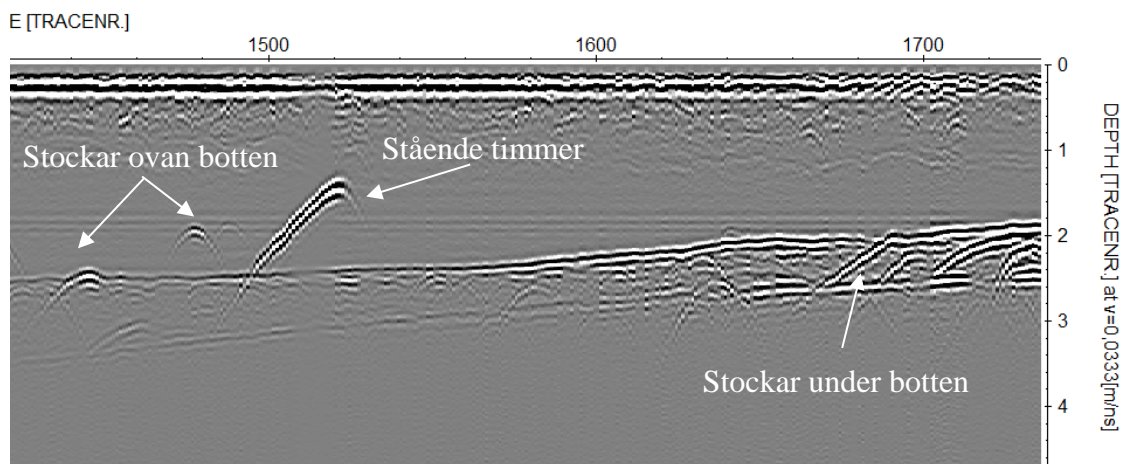
Figur 8. Interpolerat djup från digitaliserad botten stämmer bra med ekolodsmätningar (se Figur 9). Motsvarande kartor kan göras för sedimenttjocklek.



Figur 9. Jämförelse mellan mätt djup till botten (y-axeln) med georadar (rött) och ekolod (blått) längs med samma profil.

Identifiering av timmer

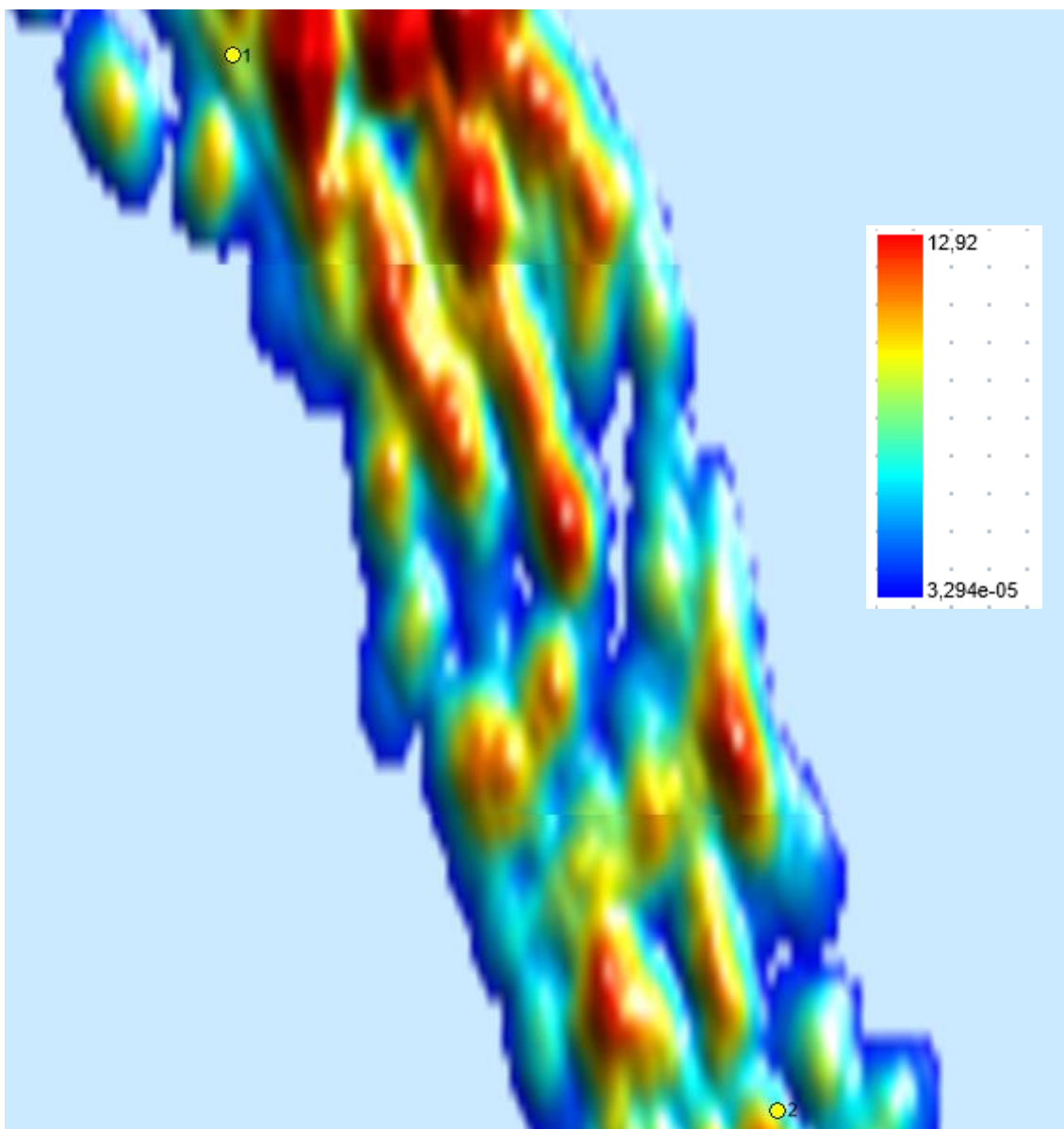
Tolkningen har fokuserats på att urskilja punktobjekt i radargrammen, dessa återges som hyperblar om profilen korsar timmerstockarna. Om timmerstockarna ligger parallellt eller med liten vinkel mot profilen får stockarna ett mer linjärt respektive kurvformat utseende. Radarmätningarna kan urskilja stockar som står upp och som ligger på botten samt om de ligger ovanpå eller under botten.



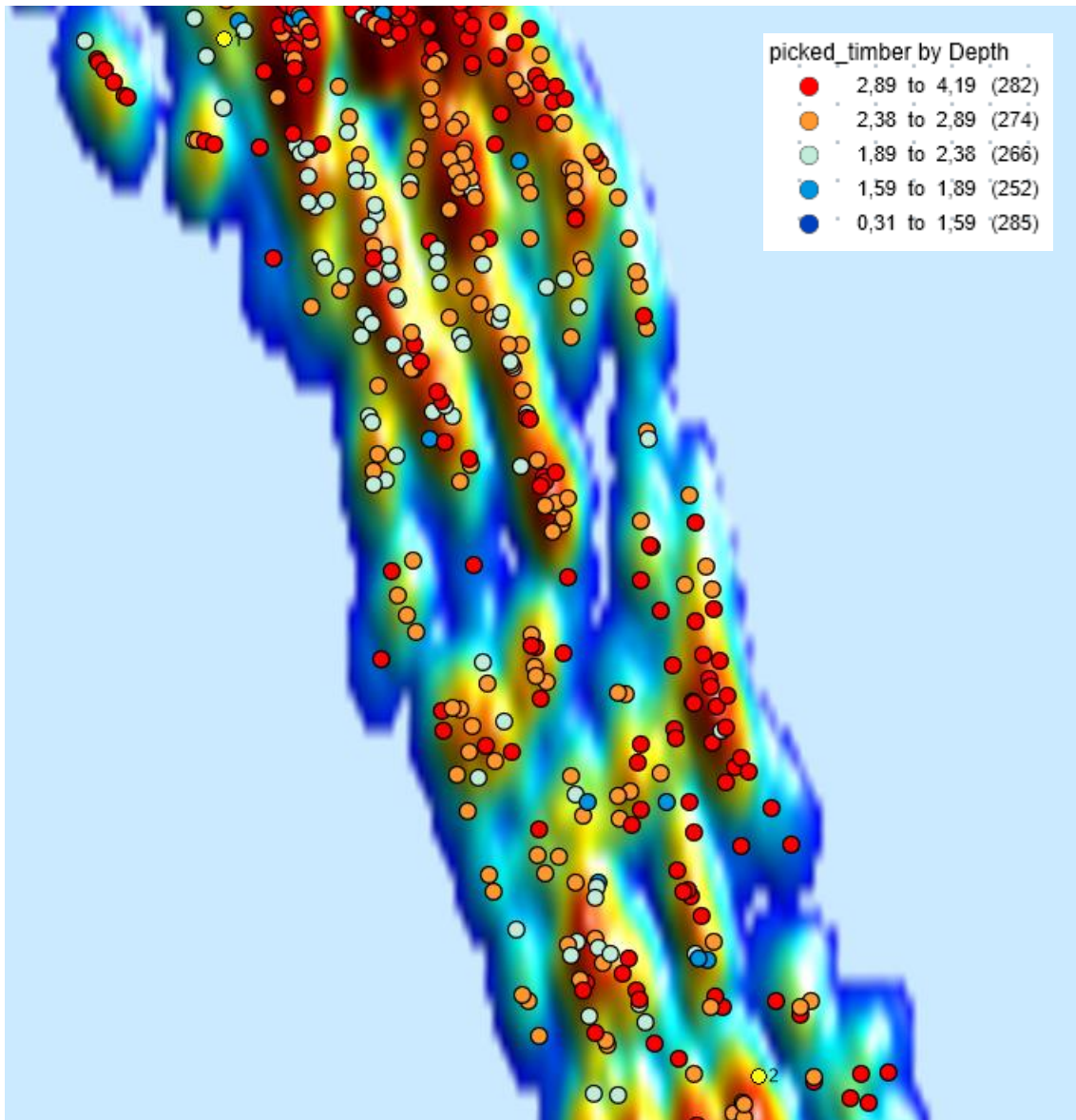
Figur 10. Radargram som visar identifierade timmerstockar som kan skönjas både ovanför och under bottensedimenten. OBS! Längdskalan utgörs av en tidskala och är inte i meter.

Mängden stockar inom ett område kan uppskattas med "Hotspot Density-metoden". Griddingmetoden används för att beräkna tätheten av objekt inom ett område. Den producerar, vid varje rastercell, en uppskattning av objektfrekvensen (eller objektens densitet) för i det här fallet timmerstockar inom en elliptisk radie från varje cell

(Figur 11). Radarmätningarna i 2D kan inte särskilja stockar från större stenar eller andra punktojekt. För att kunna göra detta krävs mätningar i ett väldigt tätt 3D rutnät (ca 1 m mellan profilerna). Mängden stockar har även digitaliserats och plottats som en tematisk karta grupperat på vilket djup varje digitaliserad stock befinner sig (Figur 12). Stockarna kan även grupperas utifrån om de ligger ovan eller under botten.



Figur 11. Hotspot density metoden visar observationstätheten på sjunktimmer inom mätområdet där rött kännetecknas av många observationer och blått av inga alls.



Figur 12. Identifierade timmer med djupangivelse för varje stock, där rött motsvarar observationer på stora djup och blått mer yligt.

Diskussion och slutsatser

Sammanlagt har 18 profiler om ca 7500 m mätts vid Karlshäll. Radardata är av god kvalitet, vilket visas genom god nedträngningsförmåga och tydlig reflektivitet. På ett djup av ca 2 m, försvagas signalen avsevärt i den högre antennfrekvensen. Detta medför att den lägre frekvensen (med bättre djupkänning) har fått större betydelse i denna testmätning, eftersom signalen från större delen av undersökningen utförs på djup större än 1,7 m. Vid eventuellt fortsatta mätningar, skulle den högre frekvensen få större betydelse på grundare vatten närmare stranden. Signalen från den lägre frekvensen försvinner vid ca 4 m djup i fibersedimenten. En ännu mer lågfrekvent antenn skulle kunna se djupare och därmed potentiellt kunna karakterisera hela lagret av fibersediment.

Radarmätningarna kan differentiera fibersedimenten från de fiberrika sedimenten. Fibersedimenten är en homogen substans med liten eller ingen reflektivitet inom själva lagret, medan fiberrika sediment har egenskaper som liknar normala sediment, med en tydlig lagring. Gränsen mellan dessa olika typer av sediment är mer flytande och bedömningen blir därför mer subjektiv. Gränserna (norra och södra) från radarundersökningen är dock förskjutna söderut ca 50 m jämfört med gränser bestämda från sedimentprovtagning.

Djupet till botten har digitaliserats och interpolerats till en karta över bottenpografien i undersökningsområdet. Detta kan också göras för djupet till gränsen mellan fibersediment och naturlig botten alternativt tjockleken på sedimenten. De mätta djupen till botten med georadar och ekolod stämmer också väl överens med varandra.

Radarmätningarna har med framgång kunnat identifiera timmerstockar i radargrammen, dessa återges som hyperblar om profilen korsar timmerstockarna. Radarmätningarna kan urskilja stockar som står upp och som ligger på botten samt om de ligger ovanpå eller under botten. Radarmätningarna i 2D kan dock inte särskilja stockar från större stenar eller andra punktojekt. För att kunna göra detta krävs mätningar i ett väldigt tätt 3D rutnät (ca 1 m mellan profilerna). Mängden stockar inom ett område har istället uppskattas med "Hotspot Density-metoden". Griddingmetoden används för att beräkna tätheten av objekt inom ett område. På detta vis får man ett kvalitativt mått på mängden stockar inom ett område.

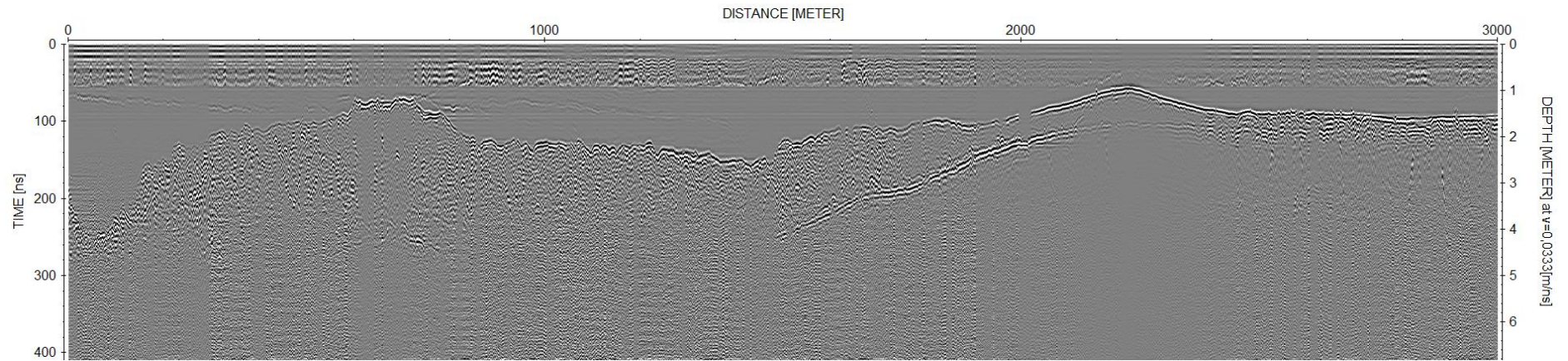
Leverans

- ✓ Detta PM i PDF-format.
- ✓ GIS/CAD-lager från tolkning samt radardata kan tillhandahållas om kunden önskar

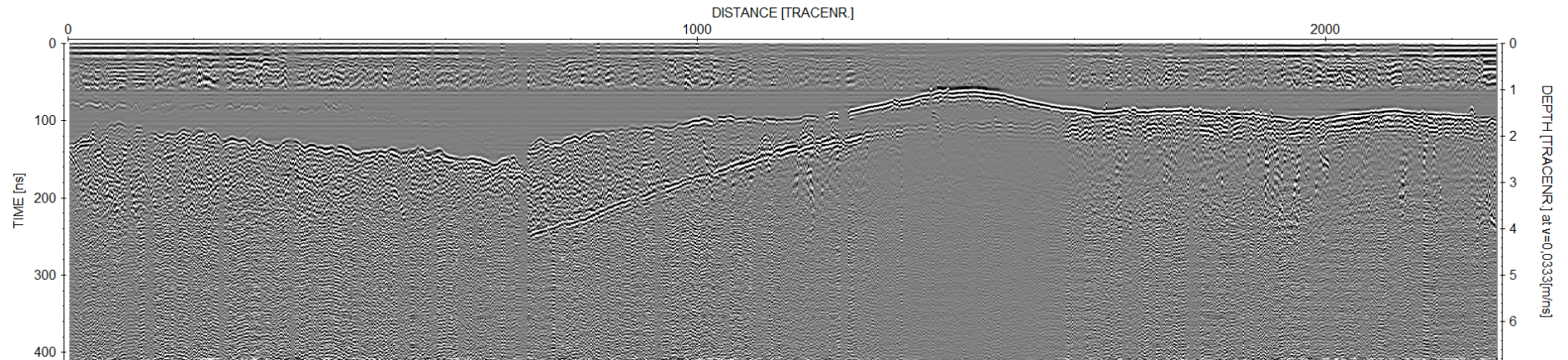
Referenser

Christin Jonasson., 2012. Tekniskt PM: DYKINVENTERING AV TIMMER I NOTVIKEN, MILJÖPROJEKT KARLSHÄLL. Uppdragsnummer:1170570.

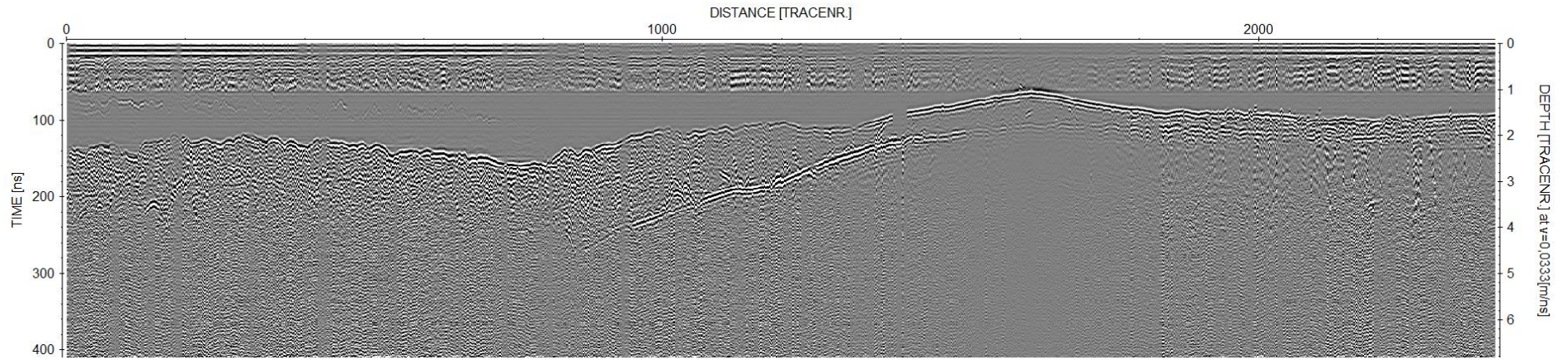
Bilaga A. Profil 1-18



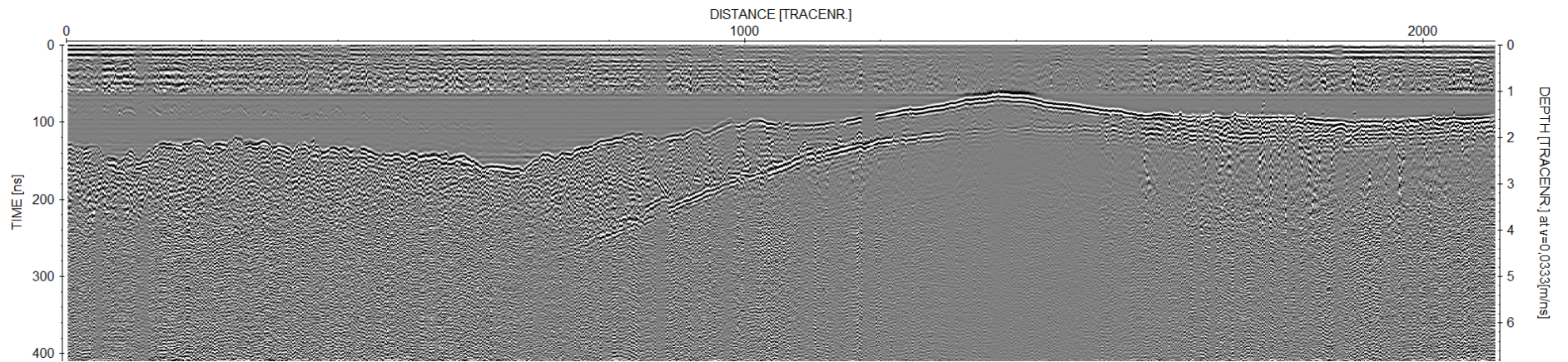
Profil 1, Fil 138. N-S



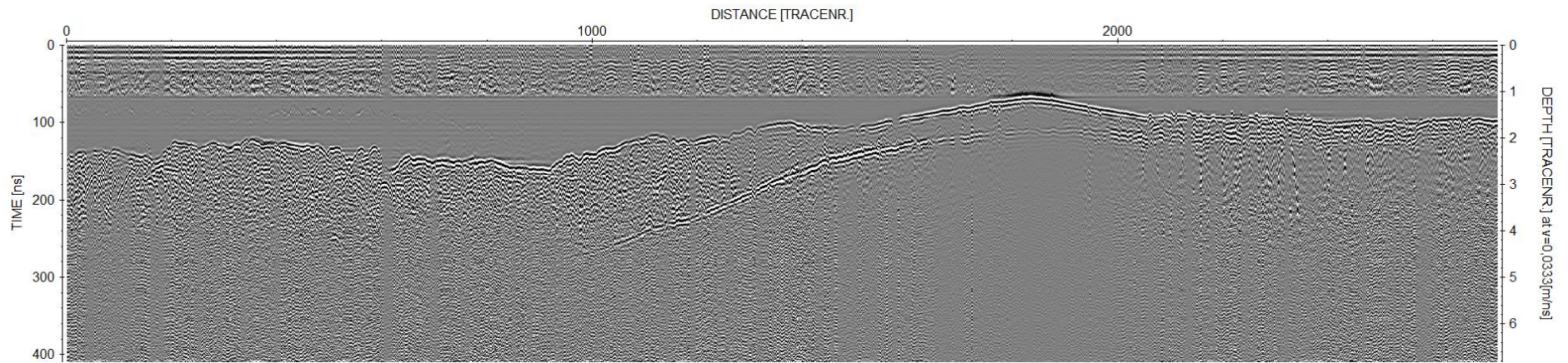
Profil 2, Fil 139. N-S



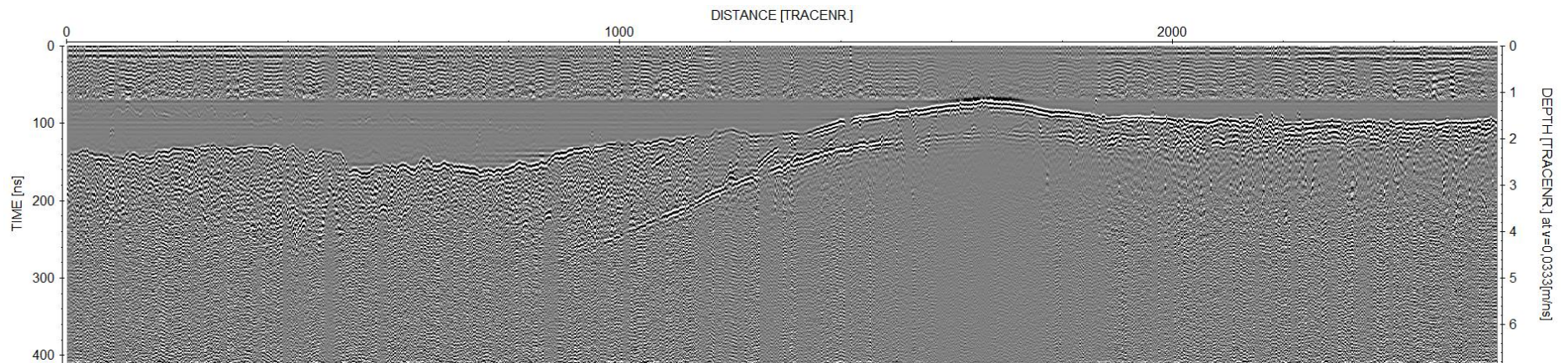
Profil 3, Fil 140. N-S



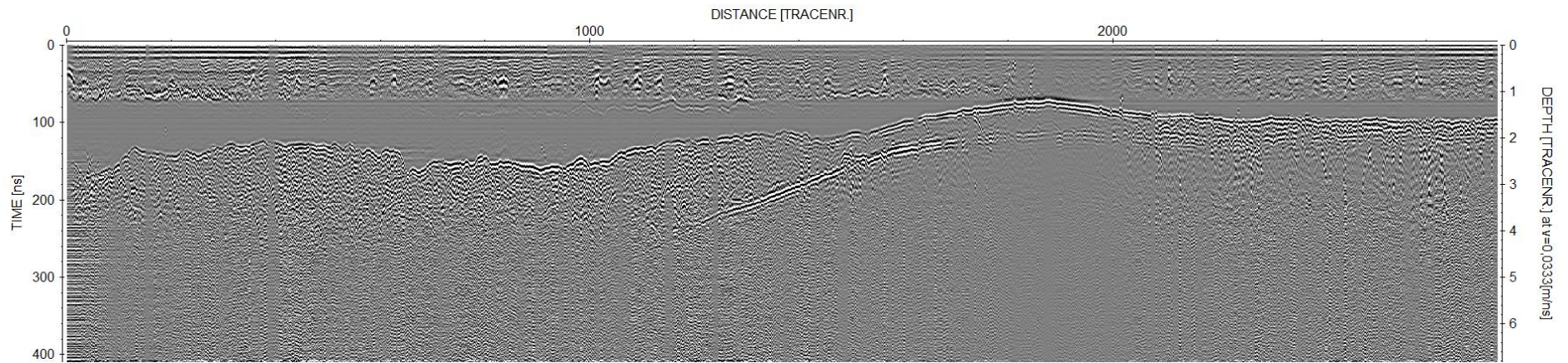
Profil 4, Fil 141. N-S



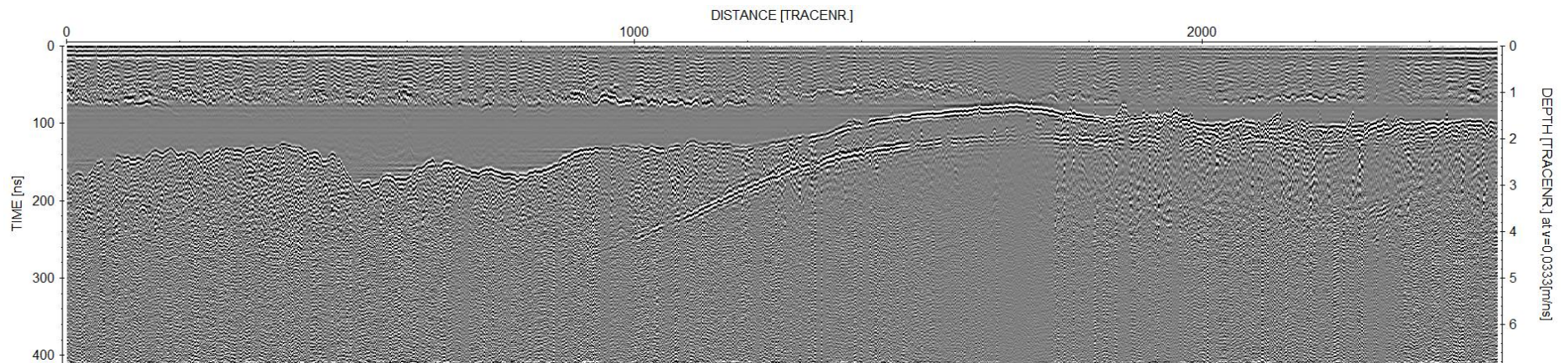
Profil 5, Fil 142. N-S



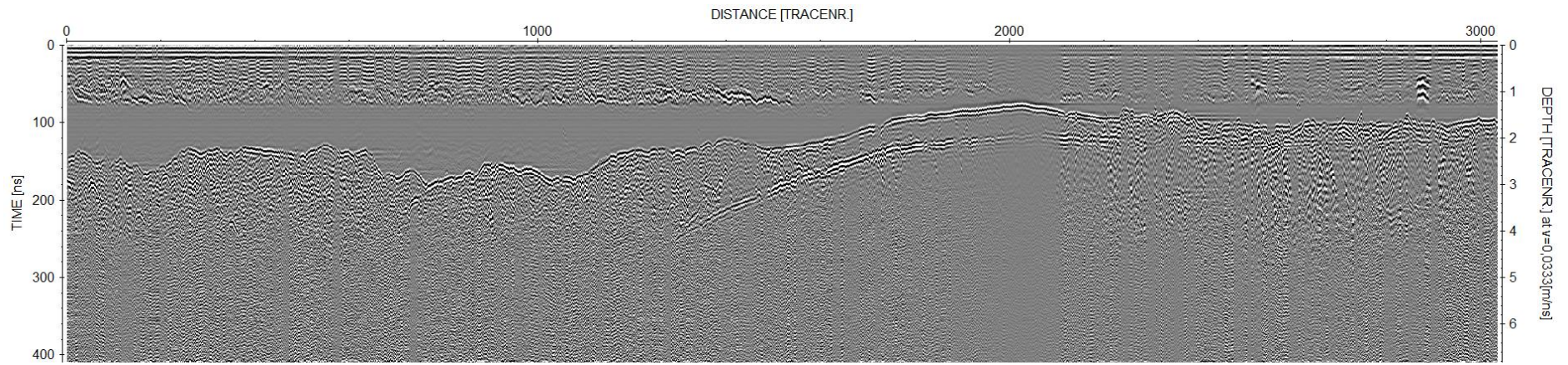
Profil 6, Fil 144. N-S



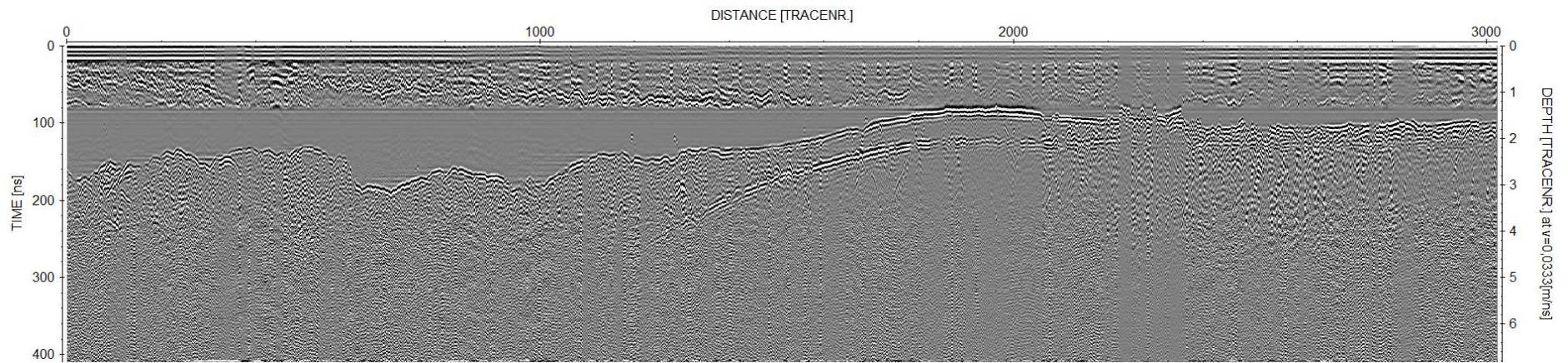
Profil 7, Fil 145. N-S



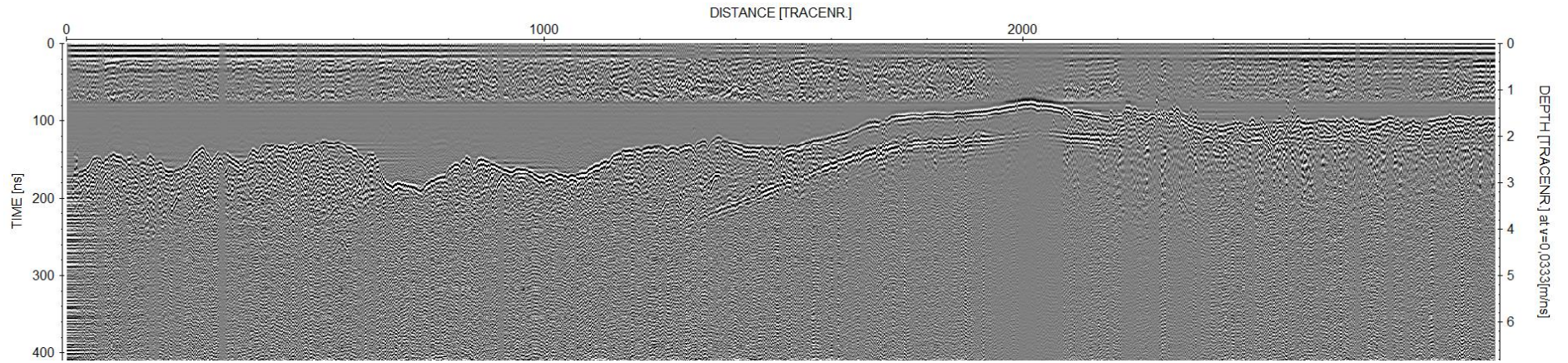
Profil 8, Fil 146. N-S



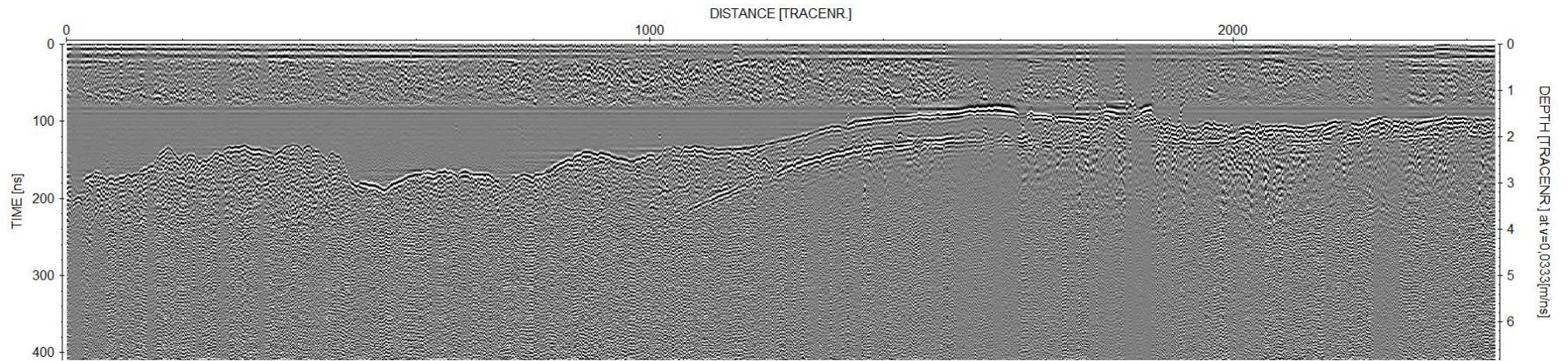
Profil 9, Fil 147. N-S



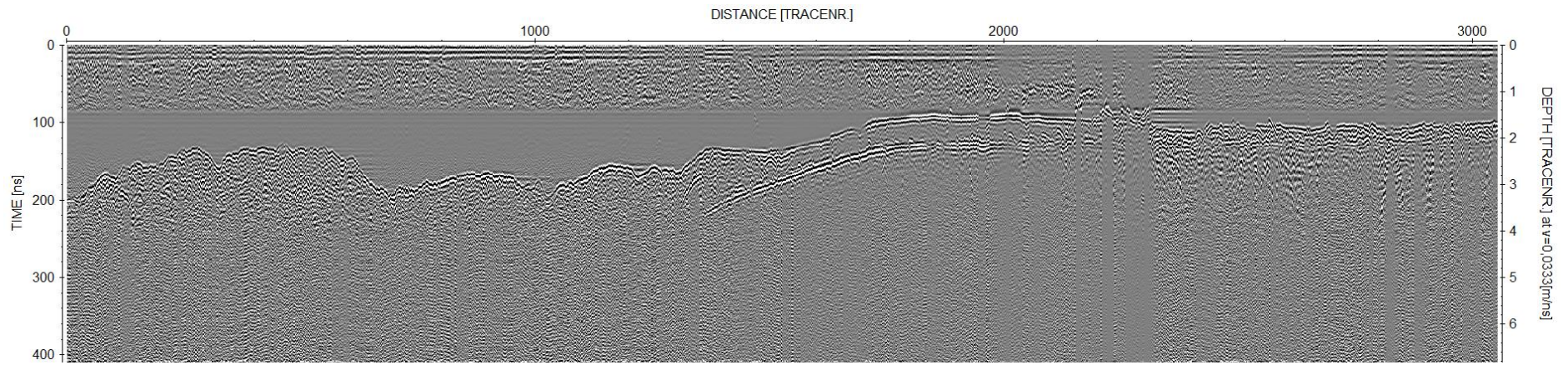
Profil 10, Fil 148. N-S



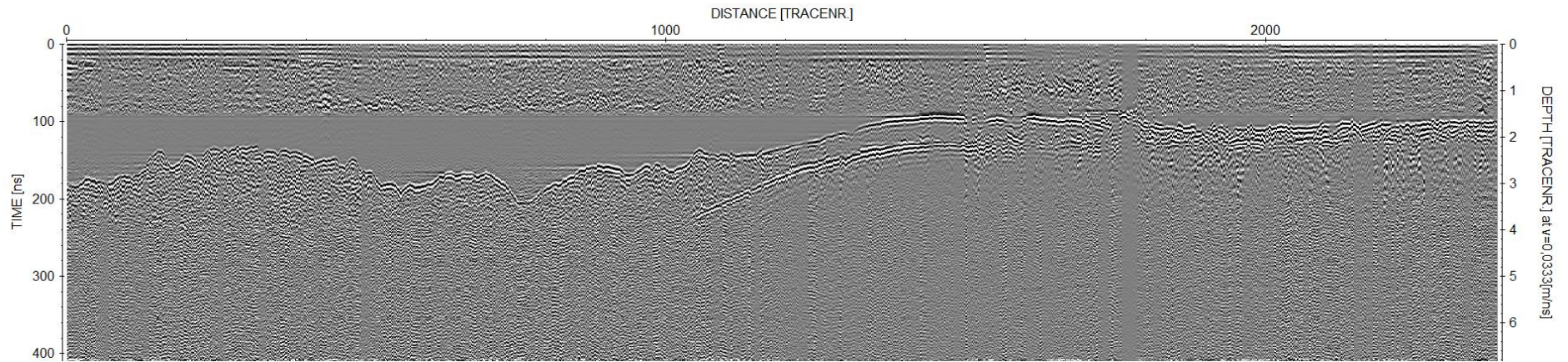
Profil 11, Fil 150. N-S



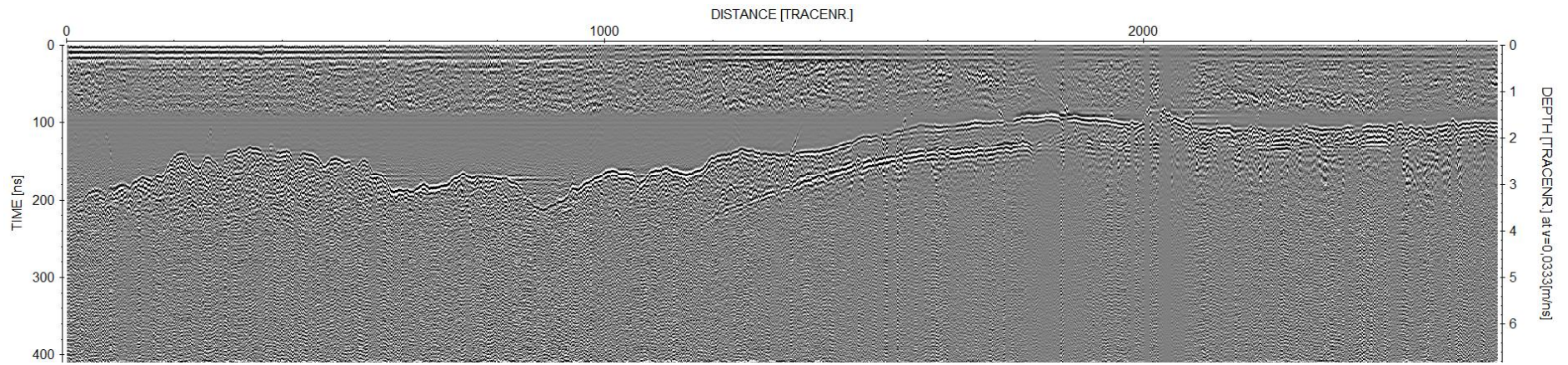
Profil 12, Fil 151. N-S



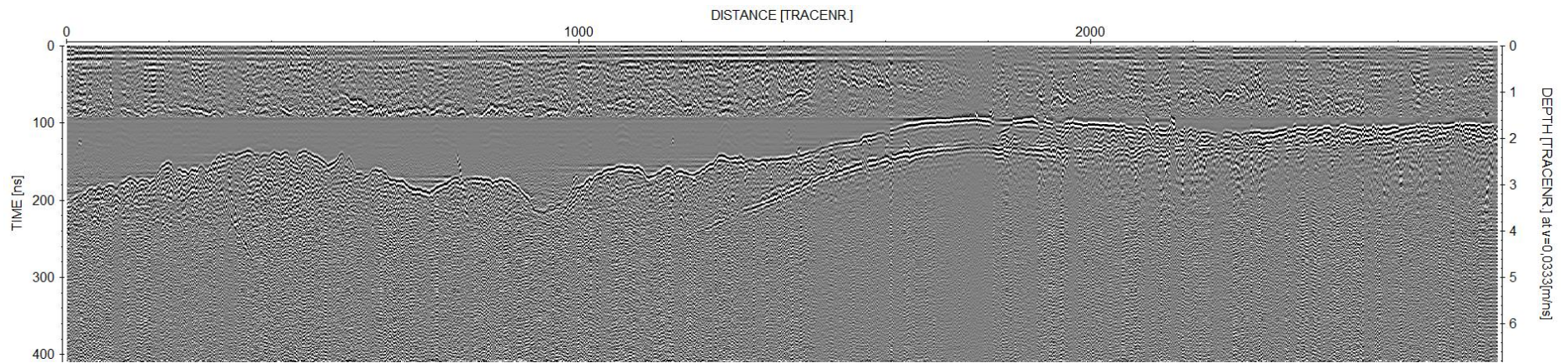
Profil 13, Fil 152. N-S



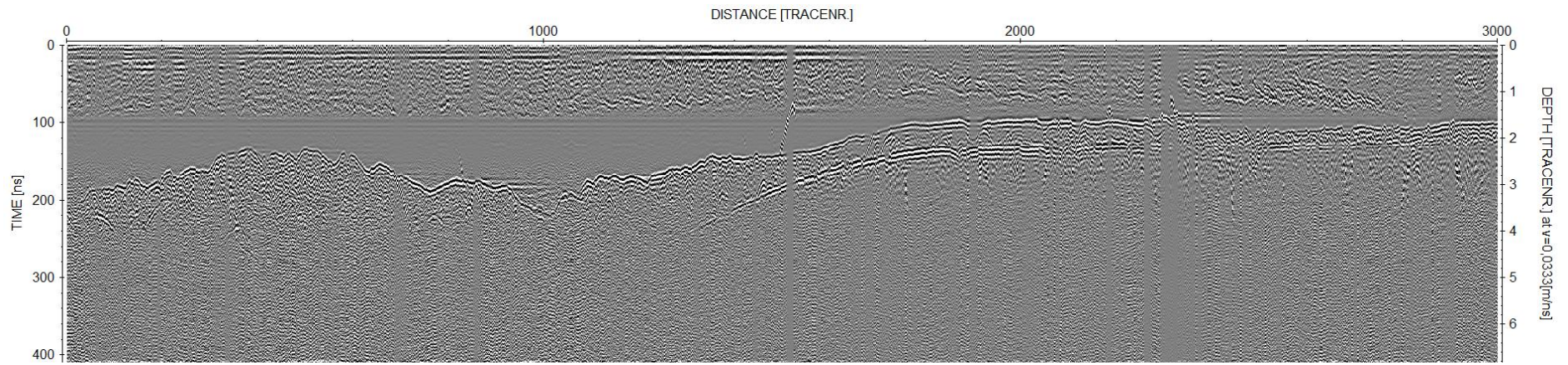
Profil 14, Fil 153. N-S



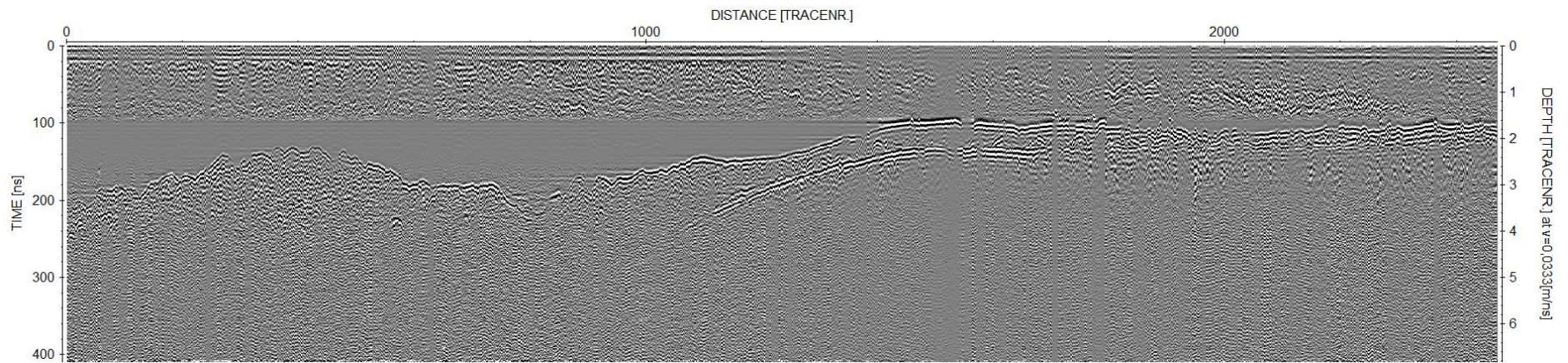
Profil 15, Fil 154. N-S



Profil 16, Fil 155. N-S



Profil 17, Fil 156. N-S



Profil 18, Fil 157. N-S