

Grundvattenundersökningar i Skåne

Transient Elektromagnetisk Sondering

Philip Nilsson

Teknisk Geologi
Lunds Tekniska Högskola
Lunds Universitet

2013



Grundvattenundersökningar i Skåne

Transient Elektromagnetisk Sondering

Groundwater investigations in Skåne, Southern Sweden

Transient Electromagnetical Sounding

Philip Nilsson

Teknisk Geologi/Engineering Geology
Lunds Tekniska Högskola/Faculty of Engineering
Lunds Universitet/Lund University

Lund 2013

ISRN: LUTVDG/TVTIG 5132/1-88/2013

Handledare/Supervisors

Torleif Dahlin, Teknisk Geologi
Per-Gunnar Alm, Teknisk Geologi
Peter Dahlqvist, SGU

Examinator/Examiner:

Peter Ulriksen, Teknisk Geologi

Sammanfattning

Transient elektromagnetisk sondering (TEM) har i detta projekt använts med syfte att kartlägga akviferer i begravnadalar, svaghetszoner i berg samt karstområden. Projektet har även haft som mål att för Sveriges Geologiska Undersökningars, SGU, räkning undersöka metodens tillämpbarhet vid undersökningar i Skåne.

Totalt genomfördes nio profiler innefattande 66 individuella sonderingar med ett instrument av typ ABEM WalkTEM. De utförda profilerna har haft en längd varierande mellan 1 000-2 100 meter. Fem profiler genomfördes i Skånes inland mellan urbergshorstarna Romeleåsen och Linderödsåsen. Fyra profiler genomfördes vid kusten omkring Åhus.

För bearbetningen av data har Hydrogeophysics Group:s programvaror använts, mer specifikt SiTEM, Semdi samt Aarhus Workbench.

Sonderingarna utförda mellan urbergshorstarna har visat på goda resultat både gällande datakvalité och förväntningar på geologi. Det finns indikationer på att flera akviferer i berggrunden upptäckts. Genomgående för resultaten är att ett eller flera grövre material utgjort jordlagren, såsom isälvsediment eller sandig morän, och att berggrunden visat på en låg konsolidering och/eller hög grad av vittring i vissa zoner.

Vid kusten i området kring Åhus var resultaten inte lika tydliga. De data som erhöles visade på stora standardavvikelser vid den inversa numeriska modelleringen som genomfördes. Resultaten visar en relativt hög resistivitet i berggrunden vilket metoden är dålig på att upplösa, därför blir datasäkerheten lägre. Detta kan bero på en mer eller mindre homogen sedimentär berggrund. Det kan också bero på en lägre grad av vittring eller högre konsolidering. Dock kan risken för saltvatteninträning med ledning av resultaten anses liten.

Metodiken fungerar bra på vissa platser i Skåne, då den ger tolkningsbara resultat med hög datasäkerhet. Detta främst i områden där den sedimentära berggrunden kan förväntas uppvisa en högre halt av lerpartiklar. Alternativt där vittringsprocesserna är mer långt gångna och en större mängd lermaterial finns närvarande i sprickzonerna. Metoden kan även anses passande att använda för att undersöka förekomsten av saltvatteninträning i berggrunden

Metoden bör i vissa fall kompletteras med andra geofysiska metoder såsom galvanisk resistivitetsmätning (ERT, CVES) för att kunna erhålla information om de övre jordlagrens sammansättning. I de utförda sonderingarna saknas detaljerad information gällande de översta 40 metrarna. Att det saknas information i dessa lager beror främst av att de undersökta lokalerna huvudsakligen utgörs av sand och grus som har naturligt hög resistivitet. Om det hade existerat ett konduktivt lager bestående av lera hade det givit respons. Med hjälp av dessa resultat kan de undersökta lokalerna i inlandet sannolikt utgöra goda grundvattenakviferer i jordlagren men vidare undersökningar behöver utföras för att utesluta siltrika jordar.

Nyckelord: Geofysik, resistivitet, TEM, grundvatten, akvifer, sedimentärt berg, saltvatteninträning, Skåne, WalkTEM, SiTEM, Semdi, Aarhus Workbench.

Abstract

This project, which is a collaboration between Swedish Geological Survey and Lund University, aims to widen the knowledge of deep aquifers in the bedrock and in the deep earth-layers. The information in this project is obtained with geophysics and more specifically ground-based Transient electromagnetic soundings. The aim is also to make a small evaluation of how well the method works in Skåne, southern Sweden.

The project finished nine profiles with a total of 66 individual soundings, using an instrument from ABEM Instrument AB called WalkTEM. The profiles had a variation in length within 1 000-2 100 meter. Five of the profiles were conducted in the middle of Skåne and the other four were set at the coast close to the town Åhus.

For data processing a suite from Hydrogeophysics Group, Aarhus, was used. It contained the programs: SiTEM, Semdi and Aarhus Workbench.

The soundings made in the inland, between the two horsts Romeleåsen and Linderödsåsen showed good results regarding data quality and expectations of the geology. There are several indications that some aquifers in the bedrock were found and that coarser sediments e.g. sand, gravel and till are the main contributors to the earth layers.

The soundings made around the coastline close to the town of Åhus didn't give as clear results. They showed high resistivity bedrock which is hard to resolve for the method. These could be mainly from a more or less homogenous sedimentary bedrock that doesn't show strong signs of weathering or low consolidation. The conclusion from the results is that no salt water intrusion seems to be present close to the coast line.

The results show that the method works well in some parts of Skåne where the bedrock could be considered more fractured and maybe have a higher clay concentration. It can also be considered a good method to detect if salt water intrusion is present or not.

The method could in some cases be complemented with another geophysical method (CVES, ERT) to resolve the uppermost earth layers. In the results obtained by this project the top 40 meters often lack information regarding the stratigraphy. This is mostly due to the high resistivity soils consisting of sand and gravel. The conclusion is that the sites in the inland showing high resistivity at the surface could be good groundwater aquifers but further investigations are needed to verify this and exclude silty soils.

Keywords: Geophysics, TEM, resistivity groundwater, aquifers, sedimentary rock, salt water intrusion, Skåne, Southern Sweden, WalkTEM, SiTEM, Semdi, Aarhus Workbench.

Förord

Denna rapport är genomförd som ett examensarbete på avdelningen Teknisk Geologi vid Lunds Tekniska Högskola och utförd i ett samarbete med Sveriges Geologiska Undersökningar, SGU. Examensarbetet har genomförts under 2013 som en avslutande del i civilingenjörsutbildningen för Väg- och Vattenbyggnad och motsvarar 30 ECTS.

Jag vill rikta ett stort tack till handledare och professor Torleif Dahlin på Teknisk Geologi för stöd och vägledning vid framställande av detta arbete. Även ett stort tack till biträdande handledare universitetsadjunkt Per-Gunnar Alm, Teknisk Geologi och Peter Dahlqvist, SGU. Utan deras hjälp hade detta examensarbete ej varit genomförbart.

Tack till fältassistent Felix Dahlin som hjälpt till med att utföra 57 av 66 sonderingar.

Även ett stort tack till övriga anställda på Teknisk Geologi för väldigt givande diskussioner och allmänt stöd. Tackar även de inblandade från ABEM Instrument AB för snabb support vid de problem som uppstått under projektets gång. Ett stort tack riktas till de på SkyTEM ApS samt de berörda vid Hydrogeophysics Group, Århus Universitet, som hjälpt till med instrument och databearbetning. Tackar för de ovärderliga diskussionerna gällande teori och funktion avseende instrument och metod. Detta har givit mig en grundligare förståelse för det mättekniska.

Till sist vill jag tacka familj och vänner för allt stöd under projektets gång.

Lund december 2013

Philip Nilsson

Innehållsförteckning

| | | |
|----------|--------------------------------------|-----------|
| 1 | INLEDNING | 5 |
| 1.1 | Bakgrund | 5 |
| 1.2 | Syfte | 5 |
| 2 | TEORI | 6 |
| 2.1 | Transient Elektromagnetisk Sondering | 6 |
| 2.1.1 | Princip | 6 |
| 2.1.2 | Magnetfältets utbredning i marken | 7 |
| 2.1.3 | Skenbar resistivitet | 9 |
| 2.1.4 | Mätteknik | 10 |
| 2.1.5 | Penetrationsdjup | 12 |
| 2.1.6 | Datakurvor | 13 |
| 2.1.7 | Kopplingar | 16 |
| 2.2 | Mätutrustning ABEM WalkTEM | 18 |
| 3 | METODIK | 20 |
| 3.1 | Förstudie | 20 |
| 3.1.1 | Utvärdering/rekognoscering | 20 |
| 3.1.2 | Förväntningsmodeller | 20 |
| 3.1.3 | Inför fältkampanj | 21 |
| 3.2 | Fältmetodik | 21 |
| 3.2.1 | Utrustning | 21 |
| 3.2.2 | Etablering | 22 |
| 3.2.3 | Fältmätning | 23 |
| 3.3 | Databearbetning | 24 |
| 3.3.1 | Konvertering | 24 |
| 3.3.2 | SITEM | 24 |
| 3.3.3 | Semdi | 24 |
| 3.3.4 | Aarhus Workbench | 25 |

| | | |
|------------|------------------------------------------------------|-----------|
| 4 | RESULTAT OCH ANALYS | 26 |
| | Grafisk presentation, tolkning | 27 |
| 4.1 | Vombslätten | 28 |
| 4.1.1 | Regional geologi | 28 |
| 4.1.2 | Profil A - Silvåkra | 30 |
| 4.1.3 | Profil B - Vomb | 38 |
| 4.2 | Ystadslätten | 43 |
| 4.2.1 | Regional geologi | 43 |
| 4.2.2 | Profil C - Sövedsjön | 45 |
| 4.2.3 | Profil D - Fyledalen | 50 |
| 4.2.4 | Profil E - Högestad | 57 |
| 4.3 | Kristianstadsslätten | 62 |
| 4.3.1 | Regional geologi | 62 |
| 4.3.2 | Profil F - Rinkaby | 64 |
| 4.3.3 | Profil G - Horna | 68 |
| 4.3.4 | Profil H - Olseröd | 74 |
| 4.3.5 | Profil I - Friseboda | 78 |
| 5 | DISKUSSION | 83 |
| 5.1 | Diskussion gällande resultat | 83 |
| 5.2 | Diskussion gällande projektet | 85 |
| 6 | SLUTSATSER | 86 |
| 6.1 | Förslag på framtida studier | 87 |
| 7 | REFERENSER | 88 |
| 8 | BILAGOR | |
| | Bilaga 1 - Hemställan | |
| | Bilaga 2 – Exempel Mätprotokoll – Profil H - Olseröd | |
| | Bilaga 3 - Scriptfil för mjukvara | |
| | Bilaga 4 - Scriptfil för hårdvara | |
| | Bilaga 5 - Konverteringsparametrar | |
| | Bilaga 6 – Inversionsresultat alla sonderingar | |
| | Bilaga 7 - Penetrationsdjup | |
| | Bilaga 8 – Koordinater sonderingspunkter | |
| | Bilaga 9 - Borrhållssonderingar | |

Figurförteckning

| | |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Figur 1 Centrerad loop konfiguration, där Tx är sändarspolen samt Rx är mottagspolen. Pilarna i figuren visar på signalens riktning. Sändarloopen kan variera kraftigt i storlek. Beroende på önskat penetrationsdjup kontra upplösning vid ytan väljs en större eller mindre variant. Vanligaste konfigurationen idag vid grundvattenundersökningar är 40x40 meter på Tx-loopen. | 6 |
| Figur 2 Skiss visandes hur strömmens maximum rör sig nedåt och utåt efter det att strömmen stängts av i sändarspolen. Området antas vara homogent och mörkare färg indikerar högre strömdensitet. De olika tidsprofilerna är även normaliserade så att de visar samma maximivärde. Resultatet skulle annars ha visat en avsevärt högre densitet vid 100 μ s än vid 1000 μ s. (Christiansen, et al., 2009) | 7 |
| Figur 3 Skiss visandes hur strömmens maximum rör sig nedåt och utåt efter det att strömmen stängts av i sändarspolen. Området antas utgöra en tre-lagers modell med ett mellanliggande konduktivt lager. Mörkare färg indikerar högre strömdensitet. Här ses tydligt att strömdensiteten är avsevärt högre i konduktiva lager än i resistiva. De olika tidsprofilerna är även normaliserade så att de visar samma maximivärde. Resultatet skulle annars ha visat en avsevärt högre densitet vid 100 μ s än vid 1000 μ s. (Christiansen, et al., 2009) | 8 |
| Figur 4 Log-log diagram som visar vart det tidiga och sena stadiet återfinns för den transienta avklingningen. Modifierad figur från (McNeill, 1994). | 9 |
| Figur 5 Teoretisk bild över hur signalerna fungerar. a) Visar hur amplituden i sändarspolen varierar och att det tar en viss tid för den att nå önskad strömstyrka samt att det existerar en avklingningstid. b) Visar den elektromotoriska kraften som induceras i marken. c) Visar det nya magnetfältets avklingning och hur mätningen sker i mottagspolen med allt längre gates.(Christiansen, et al., 2009) | 10 |
| Figur 6 Figuren beskriver skillnaden mellan att använda ett fåtal eller ett flertal transientsvar (Christiansen, et al., 2009). | 11 |
| Figur 7 dB/dt-kurva för profil A sondering 6 visandes de två olika momentens registrering i de två olika mottagspolarna RC-5 och RC-200. | 13 |
| Figur 8 Normaliserade moment och medelvärdesbildning av flera mätcykler för profil A sondering 6. | 14 |
| Figur 9 Skenbar resistivitet för profil A sondering 6. | 15 |
| Figur 10 Galvanisk koppling där den inducerade signalen blir förstärkt av en närliggande elektrisk ledare (Christiansen, et al., 2009). | 16 |
| Figur 11 Kapacitiv koppling, där omkringliggande objekts jordning till marken skapar oscillation i signalen (Christiansen, et al., 2009). | 17 |
| Figur 12 Ingående artiklar i en fullständig mätutrustning, (ABEM Instrument AB, 2012a) | 18 |
| Figur 13 Linjering av måttband mellan hörnen av den mindre mottagspolen. (Foto: Sara Johansson) | 22 |
| Figur 14 Blåa markeringar visar de profiler som genomförts i projektet. Röda markeringar är de profiler som inte blev genomförda. En profil blev flyttad från sitt ursprungliga läge, därav markerad som både röd och blå, se kapitel 4.3.5 | 26 |
| Figur 15 Exempel över grafiken i resistivitetsmodellerna samt förklaring till färger gällande brunnborrningar | 27 |
| Figur 16 Regional översikt över undersökningsområde Vombslätten innehållande Profil A och Profil B, kartunderlag är jordartskartan (SGU Ba 55, 2000) samt terrängkarta © Lantmäteriet [i2012/927] | 28 |
| Figur 17 Förväntningsmodell Profil A | 31 |
| Figur 18 Sonderingspunkter Profil A, gula markeringar indikerar användbara resultat (Kartmaterial: Google Maps) | 32 |
| Figur 19 Normaliserad dB/dt Profil A sondering 3, med sannolik galvanisk koppling. | 33 |
| Figur 20 Normaliserad dB/dt Profil A sondering 6 | 34 |
| Figur 21 Normaliserad dB/dt Profil A sondering 8 | 34 |
| Figur 22 Modell för slutgiltig inversion, Profil A sondering 8 | 35 |
| Figur 23 Modell för slutgiltig inversion, Profil A sondering 6 | 35 |
| Figur 24 Resistivitetsmodell Profil A, se Figur 15 för förklaringar gällande figuren. | 37 |
| Figur 25 Förväntningsmodell Profil B | 39 |
| Figur 26 Sonderingspunkter Profil B (Kartmaterial: Google Maps) | 40 |
| Figur 27 Resistivitetsmodell Profil B, se Figur 15 för förklaringar gällande figuren. | 42 |

| | |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Figur 28 Regional översikt över undersökningsområde Ystadslätten innehållande Profil C, D, E samt Profil J. De rödmarkerade profilerna är omarbetade profiler från det ursprungliga förslaget. Profil J genomfördes aldrig i projektet. Kartunderlag är jordartskartan (SGU Ba 55, 2000) samt terrängkarta © Lantmäteriet [i2012/927] | 43 |
| Figur 29 Förväntningsmodell Profil C | 46 |
| Figur 30 Utförda sonderingar längs med Profil C (Kartmaterial: Google Maps) | 47 |
| Figur 31 Mätning Profil C sondering 2 (Foto: Philip Nilsson) | 47 |
| Figur 32 Modell för slutgiltig inversion, Profil C sondering 1 | 48 |
| Figur 33 Modell för slutgiltig inversion, Profil C sondering 2 | 48 |
| Figur 34 Förväntningsmodell Profil D | 51 |
| Figur 35 Sonderingar utförda längs med Profil D, röda markeringar indikerar ej användbara resultat. (Kartmaterial: Google Maps) | 52 |
| Figur 36 Normaliserad dB/dt för Profil D sondering 3 visandes de kapacitiva kopplingarna som mest troligt uppkommit från det närliggande elstängslet. | 53 |
| Figur 37 Skenbar resistivitet Profil D sondering 2 | 54 |
| Figur 38 Modellpassning för Profil D sondering 2 | 54 |
| Figur 39 Resistivitetsmodell Profil D, avsaknaden av sonderingar mellan 1 000 och 1 400 meter skapar det hålrum som ses. Se Figur 15 för förklaringar gällande figuren. | 56 |
| Figur 40 Förväntningsmodell Profil E | 58 |
| Figur 41 Sonderingar utförda längs med Profil E, röda markeringar indikerar ej användbara resultat. Blå kryss markerar positioner för vindkraftverk. (Kartmaterial: Google Maps) | 59 |
| Figur 42 Närhet till vindkraftverk Profil E sondering 8 (Foto: Philip Nilsson) | 59 |
| Figur 43 Resistivitetsmodell Profil E, se Figur 15 för förklaringar gällande figuren. | 61 |
| Figur 44 Regional översikt över undersökningsområde Kristianslätten innehållande Profil F, G, H, I samt Profil K. De rödmarkerade linjerna är omarbetade profildragningar från det ursprungliga förslaget, se Profil I som exempel. Profil K genomfördes aldrig i projektet. Kartunderlag är jordartskartan (SGU Ba 55, 2000) samt terrängkarta © Lantmäteriet [i2012/927]. | 62 |
| Figur 45 Förväntningsmodell Profil F | 65 |
| Figur 46 Sonderingspunkter längs med Profil F sonderingen skedde från norr till söder. Röda markeringar indikerar ej använda resultat på grund av kopplingar. (Kartmaterial: Google Maps) | 66 |
| Figur 47 Resistivitetsmodell Profil F, se Figur 15 för förklaringar gällande figuren. | 67 |
| Figur 48 Förväntningsmodell Profil G | 69 |
| Figur 49 Sonderingspunkter längs med Profil G, sonderingen utfördes från vänster till höger. (Kartmaterial: Google Maps) | 70 |
| Figur 50 Skenbar resistivitet Profil G sondering 1 | 71 |
| Figur 51 Skenbar resistivitet Profil G sondering 5 | 71 |
| Figur 52 Normaliserad dB/dt Profil G sondering nr 1 | 72 |
| Figur 53 Normaliserad dB/dt Profil G sondering nr 5 | 72 |
| Figur 54 Förväntningsmodell Profil H | 75 |
| Figur 55 Sonderingspunkter längs med Profil H, sonderingen utfördes från söder till norr, röda markeringar indikerar defekta resultat.(Kartmaterial: Google Maps) | 76 |
| Figur 56 Resistivitetsmodell Profil H, se Figur 15 för förklaringar gällande figuren. | 77 |
| Figur 57 Förväntningsmodell Profil I | 79 |
| Figur 58 Utförda sonderingar längs med Profil I, gul indikerar använda sonderingar samt röd indikerar oanvändbara resultat (Kartmaterial: Google Maps). | 80 |
| Figur 59 Skenbar resistivitet visandes kapacitiva kopplingar i hela sonderingen, Profil I sondering 8 | 81 |
| Figur 60 Resistivitetsmodell Profil I, se Figur 15 för förklaringar gällande figuren. | 82 |

Tabellförteckning

| | |
|------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Tabell 1 Produktblad för ABEM WalkTEM som använts i detta projekt. (ABEM Instrument AB, 2012b) | 19 |
| Tabell 2 Modellvärden för sondering 6 samt 8, Profil A | 35 |
| Tabell 3 Modellvärden Profil C | 48 |

1 Inledning

1.1 Bakgrund

I Sverige finns det många och stora grundvattentillgångar, dessa är värdefulla och därför skyddsvärda ur ett samhällsekonomiskt perspektiv. Dessutom har Europeiska Unionen, EU, sedan 2000 ett gemensamt ramdirektiv för att bevara vatten och grundvatten av god kvalitet (Europaparlamentets och rådets direktiv 2000/60/EG, EUT L 327, 22.12.2000, ss. 1-72).

I Sverige har fem länsstyrelser utsetts till vattenmyndigheter, dessa myndigheter skall se till att EU:s ramdirektiv följs. Länsstyrelsen i Kalmar län är den vattenmyndighet som ansvarar för området Södra Östersjön där Skåne är inkluderat (Vattenmyndigheten Södra Östersjön, 2010).

Ramdirektiven från EU går i korthet ut på att säkra en god vattenstatus i alla EU-länder, detta genom en sammanhållen lagstiftning, ett långsiktigt arbete att mildra effekter av miljöpåverkan samt att säkerställa en god tillgång till vatten för alla medlemmar. Det är i detta sammanhang som Sveriges Geologiska Undersökningar kommer in som expertmyndighet i grundvattenfrågor. SGU har ett övergripande ansvar att bistå vattenmyndigheterna med information och underlag angående grundvattenförekomster och vattentäkter. Denna information samlas i det nationella vattentäcksarkivet.

Som ett led i detta har SGU initierat en större kartläggning av Skånes grundvattenförhållanden. Denna kartläggning är tänkt att utföras med hjälp av geofysik och metoden Transient Elektromagnetisk Sondering, TEM.

1.2 Syfte

Syftet med detta arbete är att undersöka ett antal profiler i ett geologiskt och hydrogeologiskt perspektiv. Utredningen syftar till att ge en ökad förståelse för den lokala geologin. Detta framförallt för att kartlägga begravnadalar, svaghetszoner samt karstområden som kan utgöra akviferer i berggrunden. Eventuell saltvatteninträngning kommer också att utredas i de lokaler som ligger nära kustlinjen. Denna information skall sedan nyttjas för att skapa tvådimensionella modeller för att kunna göra goda bedömningar för en framtida vattenförsörjningsplanering.

Att använda TEM för grundvattenundersökningar är en relativt ny företeelse i Sverige. Det instrument som skall användas är även det helt nyutvecklat och har precis lanserats på en internationell marknad. Därför kommer en mindre utvärdering över metod och instrumentets funktionalitet ske med hänsyn till den skånska geologin.

2 Teori

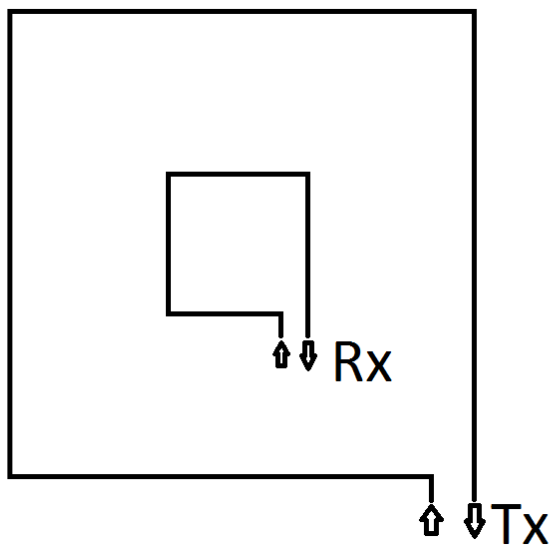
2.1 Transient Elektromagnetisk Sondering

Elektromagnetiska metoder började användas inom geofysiken under början av 1900-talet av svensken Karl Sundberg, detta främst för malmprospektering i Sverige (Reynolds, 2011). Sedan dess har metoderna utvecklats och diversifierats åt flera olika håll. Idag är det enklast att dela in de elektromagnetiska systemen i två domäner, frekvensdomän eller tidsdomän. Frekvensdomänsystemen använder en eller flera olika frekvenser för att registrera egenskaper i undergrunden, ett vanligt exempel på detta är Slingram eller VLF (Very Low Frequency).

Tidsdomänsystemen registrerar data som en funktion av tiden, vilket möjliggör ett mer diversifierat undersökningsdjup (Reynolds, 2011). Detta kommer av att det magnetiska fält som skapas har ett maximum som rör sig nedåt och utåt i marken. I detta projekt har Transient Elektromagnetisk Sondering använts, detta är en metod som baseras utifrån tidsdomänsystemen.

2.1.1 Princip

TEM går att utföra på ett antal olika sätt, grundprincipen är dock att det finns en yttre sändarspole samt en inre centrerad mottagarpole, se Figur 1. Denna variant benämns centrerad loop och är en av de enklare varianterna. Det finns även andra modifikationer med flera mottagarspolar, mottagarspolen är ocentrerad, placerad utanför loopen eller att sändarloopen används som mottagare. Dessa varianter har olika för- och nackdelar men i detta projekt kommer en centrerad konfiguration med två mottagarspolar att användas. På grund av detta berörs inte de andra. Vidare i teorikapitlet nedan kommer endast en mottagarpole att beskrivas, principen är dock densamma som för två mottagarspolar.



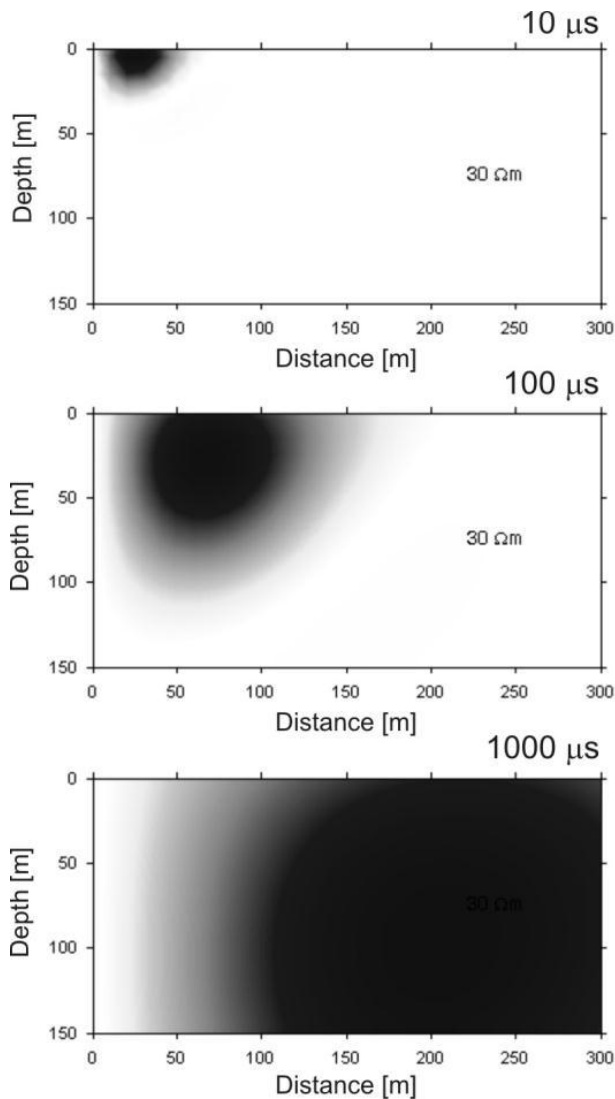
Figur 1 Centrerad loop konfiguration, där Tx är sändarspolen samt Rx är mottagarspolen. Pilarna i figuren visar på signalens riktning. Sändarloopen kan variera kraftigt i storlek. Beroende på önskat penetrationsdjup kontra upplösning vid ytan väljs en större eller mindre variant. Vanligaste konfigurationen idag vid grundvattenundersökningar är 40x40 meter på Tx-loopen.

TEM är en aktiv elektromagnetisk metod, vilket innebär att det är egenskapade magnetfält som ger ett mätbart resultat. Det magnetiska fält som skapas verkar vinkelrätt mot spolarna och är därmed vertikalt. (Christiansen, Auken & Sørensen, 2009).

2.1.2 Magnetfältets utbredning i marken

Då en elektrisk ström sänds ut medurs i sändarspolen bildas ett vertikalt, statiskt magnetfält. Genom att abrupt bryta strömmen kommer det tidigare statiska magnetfältet bilda ett snabbt avklingande magnetiskt fält som inducerar en elektromotorisk kraft i marken på grund av potentialskillnaden (McNeill, 1980). Detta fenomen kan beskrivas matematiskt med hjälp av Faraday's lag för induktans.

$$\varepsilon = -N \cdot \frac{d\Phi_B}{dt}$$



I ekvationen ses det att den inducerade elektromotoriska kraften, ε , är proportionell till antalet varv på sändarspolen, N , samt tidsderivatan av magnetfältet, Φ_B . Detta innebär i förlängningen att storleken på den skapade elektromotoriska kraften är proportionell till förändringen över tid på magnetfältet, vilket gör att storleken beror ytterst på hur snabbt strömmen i sändarspolen kan stängas av. Det är önskvärt att en så stor kraft som möjligt induceras under en så kort tid som möjligt, då en större kraft ger starkare signal som kan registreras. (McNeill, 1980)

Den elektromotoriska kraften skapar momentant ett flöde av virvelströmmar i marken. Dessa är beroende på fördelningen av lager i marken, då mer specifikt deras konduktivitet, storlek och geometri (McNeill, 1980). Virvelströmmarna skapar ett nytt magnetfält som är proportionellt mot det som tidigare existerade.

Detta nya avklingande magnetfält är helt beroende av virvelströmmarna. På grund av resistansförluster kommer strömmens maximum förflyttas utåt och nedåt och på så sätt försvaga magnetfältet, se Figur 2. Rörelsen av detta maximum sker asymptotiskt med en vinkel 30° från horisontalplanet. (Christiansen, et al., 2009)

Figur 2 Skiss visandes hur strömmens maximum rör sig nedåt och utåt efter det att strömmen stängts av i sändarspolen. Området antas vara homogent och mörkare färg indikerar högre strömdensitet. De olika tidsprofilerna är även normaliserade så att de visar samma maximivärde. Resultatet skulle annars ha visat en avsevärt högre densitet vid $100 \mu\text{s}$ än vid $1000 \mu\text{s}$. (Christiansen, et al., 2009)

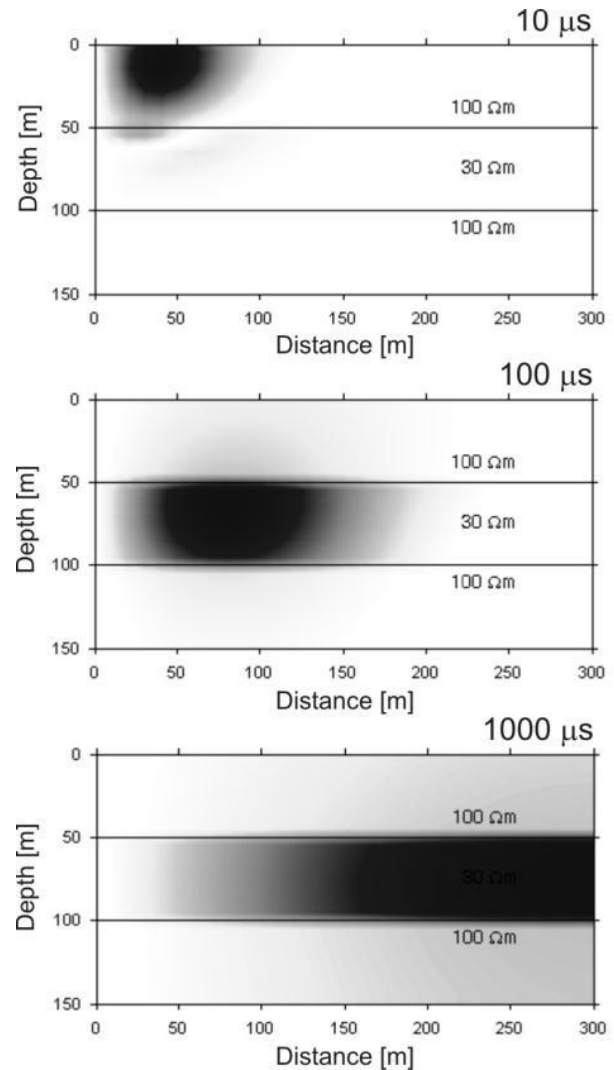
Precis efter att signalen stängts av kommer mätresultaten vara oberoende av konduktiviteten i marken. Efter en kort tid kommer elektriciteten att diffundera i marken och avta med tiden. Diffusionshastigheterna är väldigt beroende av resistiviteten i materialen, det vill säga att ett lager med hög resistivitet kommer ge en hög diffusionshastighet. Detta innebär i förlängningen att information om ett lager med hög resistivitet kommer vara knapphändig på grund av den korta tid som strömmen cirkulerar i detta lager, se Figur 3. Det motsatta gäller för lager med låg resistivitet (Christiansen, et al., 2009).

En flervarvig spole verkar som mottagare. Då denna utsätts för det avtagande magnetfältet som virvelströmmarna skapat induceras en spänning som kan översättas till en skenbar resistivitet. Det som mäts i spolen är magnetfältets tidsderivata $\partial B/\partial t$, det vill säga den transienta responsen från marken (McNeill, 1994). Enheten är V/m^2 . Den transienta responsen från marken kan sägas ha två viktiga stadium, se Figur 4. Ett tidigt stadium där avklingningen sker konstant med tiden men som sedan övergår till ett sent stadium där avklingningen sker med tiden $t^{-5/2}$ (McNeill, 1994). Genom att veta hur den transienta responsen avtar i ett sent stadium ses följande matematiska samband för $\partial B/\partial t$ (Christiansen, et al., 2009).

$$\partial B/\partial t = \left(\frac{(-I \cdot A^2) \cdot \sigma^{3/2}}{t^{5/2}} \right) \cdot \left(\frac{\mu_0^{5/2}}{20 \cdot \sqrt{\pi}} \right)$$

I den första termen återfinns det magnetiska momentet, $I \cdot A^2$, markens konduktivitet, σ och avklingningstiden, t . Den andra termen innehåller koefficienter som är ett grundantagande vad gäller de flesta elektromagnetiska metoderna, en så kallad kvasistatisk approximation (Fitterman & Labson, 2005).

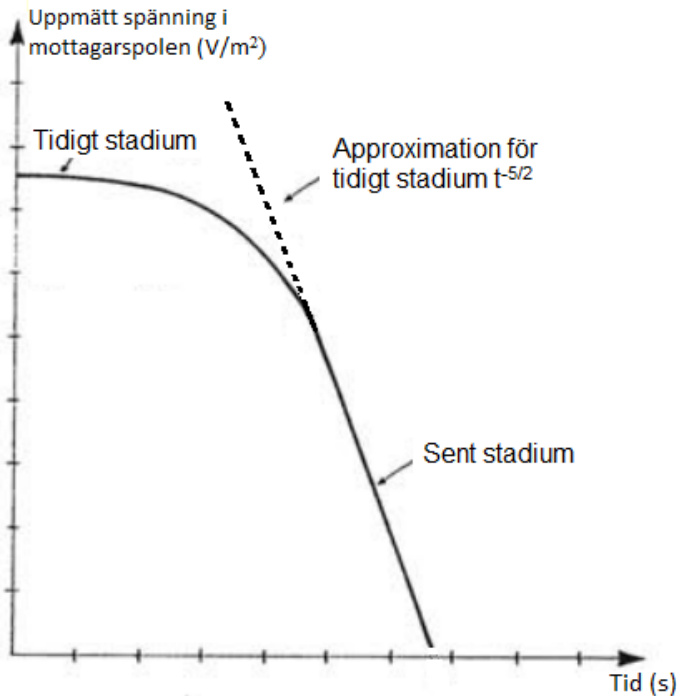
Det viktiga i ekvationen är hur konduktiviteten i materialet avgör avklingningstiden, $\sigma^{3/2}$ visar att metoden är avsevärt känslig för konduktiva lager. Men ekvationen visar också att avklingningstiden för responsen är oerhört snabb då $t^{-5/2}$. I kombination medför detta att en hög konduktivitet kommer att ge långsammare avklingning och en starkare registrerad signal.



Figur 3 Skiss visandes hur strömmens maximum rör sig nedåt och utåt efter det att strömmen stängts av i sändarspolen. Området antas utgöra en tre-lagers modell med ett mellanliggande konduktivt lager. Mörkare färg indikerar högre strömdensitet. Här ses tydligt att strömdensiteten är avsevärt högre i konduktiva lager än i resistiva. De olika tidsprofilerna är även normaliserade så att de visar samma maximivärde. Resultatet skulle annars ha visat en avsevärt högre densitet vid 100 μs än vid 1000 μs . (Christiansen, et al., 2009)

2.1.3 Skenbar resistivitet

Skenbar resistivitet är ett centralt begrepp vad gäller de elektriska och elektromagnetiska geofysiska metoderna. Viktigt är dock att skenbar resistivitet inte är samma som den egentliga resistiviteten utan ett sätt att normalisera data så instrumentparametrar inte skapar skillnader mellan mätningar (Fitterman & Labson, 2005).



Figur 4 Log-log diagram som visar vart det tidiga och sena stadiet återfinns för den transienta avklingningen. Modifierad figur från (McNeill, 1994).

I fallet för TEM där registreringen i mottagarspolen sker genom inducerad spänning över tid finns det två sätt att beräkna den skenbara resistiviteten. Antingen att beräkna med det tidiga eller det sena stadiet, se Figur 4.

Att beräkna med det tidiga stadiet, där avklingningen sker konstant med tiden, innebär det att $\partial B / \partial t$ är konstant vilket i förlängningen ger att den skenbara resistiviteten också är konstant. Dock så sker det resistansförluster varvid en allt svagare signal erhålls med tiden. Vilket då innebär att den resulterande skenbara resistiviteten inte har någon relevans till den verkliga resistiviteten i marken. Det som sker är att då den inducerade signalen minskar i styrka kommer en avsevärt lägre skenbar resistivitet erhållas (Fitterman & Labson, 2005).

På grund av detta är det mer fördelaktigt att räkna på den skenbara resistiviteten med hjälp av det sena stadiet. I det fallet kommer extremt höga skenbara resistiviteter erhållas i det tidiga stadiet då en approximation utförs där tiden varierar med $t^{-5/2}$ istället för att anses konstant, se Figur 4. Det vill säga samma som för det sena stadiet. Det tidiga stadiet återfinns dock under en så kort tidsperiod att approximationen kan anses ha liten inverkan. (Fitterman & Labson, 2005)

Med härledning från tidigare ekvation för $\partial B / \partial t$ kan följande uttryck för den skenbara resistiviteten, ρ_a , gällande det sena stadiet ställas upp (Christiansen, et al., 2009).

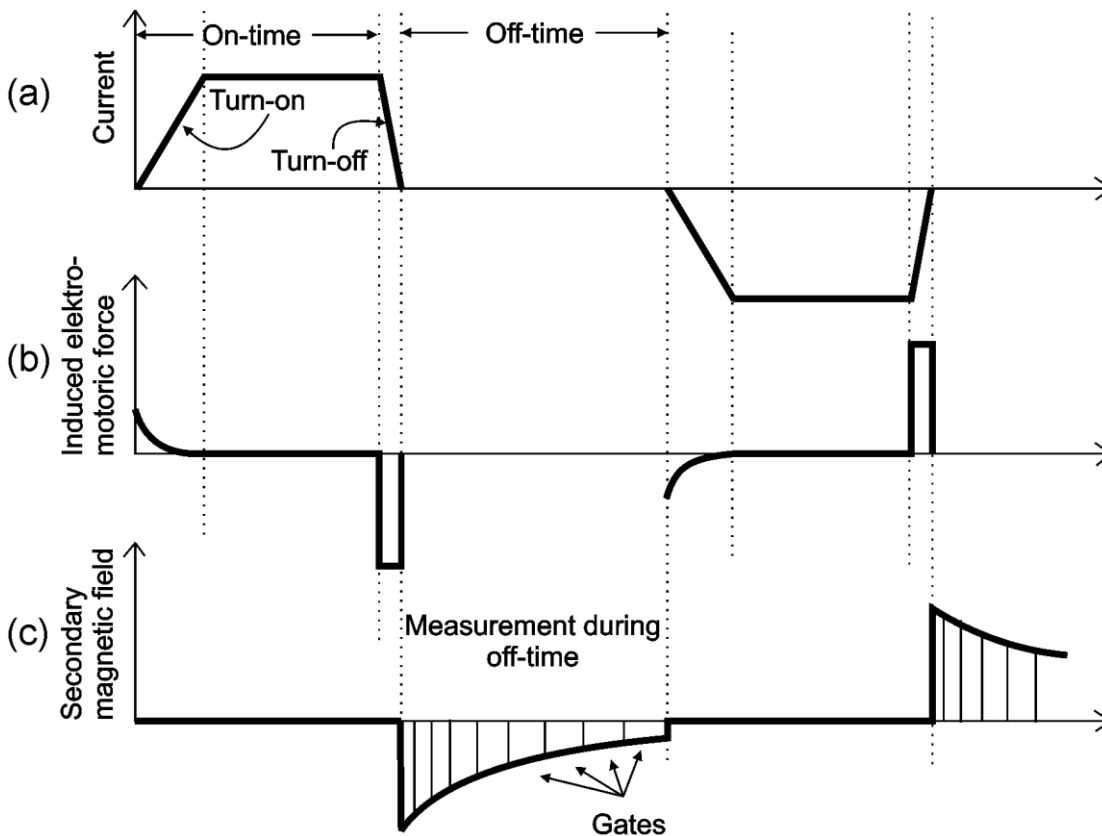
$$\rho_a = \sqrt{\frac{I \cdot A^2}{20 \cdot \partial B / \partial t}} \cdot \left(\frac{\mu_0^{5/3}}{\pi^{1/3}} \cdot t^{-5/3} \right)$$

2.1.4 Mätteknik

En likström är påslagen i sändarspolen under en kortare tid, normalt varierandes mellan cirka 1-40 ms, beroende på vilket moment som skall sändas (Christiansen, et al., 2009). Moment eller magnetiskt moment är produkten av strömstyrkan och arean av sändarloopen och anges i enheten $A \cdot m^2$.

Metoden använder fyrkantsvåg för den elektriska signalen och viktigt med denna är att den inte harmoniserar med de frekvenser som återfinns i elnätet, det vill säga 50 Hz för Sverige. Därför väljs en frekvens som undertrycker elnätets frekvens, till exempel 25 Hz. Fyrkantsvåg innebär att signalen endast kan vara till eller från, teoretiskt sett är det väldigt fördelaktigt. Detta då en avstängning utan fördröjning skulle skapa transienter med ett oerhört brett frekvensspektrum där både hög upplösning vid markytan och stort nedträngningsdjup skulle erhållas (McNeill, 1980). En så snabb avstängning av signalen är dock inte praktiskt möjligt utan avstängningstiden är ofta mellan 1-30 μs .

Hela signalförloppet förklaras nedan i Figur 5, där ses det hur den elektriska signalen ändrar amplitud och hur den elektromotoriska kraften induceras i marken vid avstängning av signalen. Det kan också ses att det finns en uppramp för den elektriska signalen. Denna ramp skapar även den transientrespons i marken, dock inte med ett lika brett frekvensspektrum då tillslagstiden är betydligt längre på uppemot 200 μs (Christiansen, et al., 2009). På grund av detta måste likströmmen vara påslagen under en viss tid så att dessa nybildade transienter hinner klinga av.

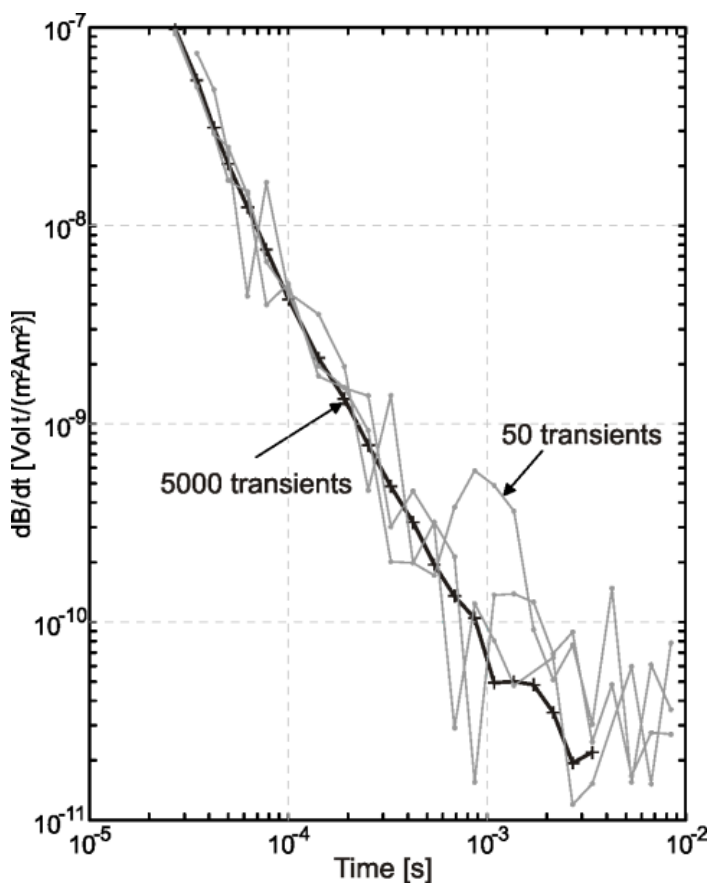


Figur 5 Teoretisk bild över hur signalerna fungerar. a) Visar hur amplituden i sändarspolen varierar och att det tar en viss tid för den att nå önskad strömstyrka samt att det existerar en avklingningstid. b) Visar den elektromotoriska kraften som induceras i marken. c) Visar det nya magnetfältets avklingning och hur mätningen sker i mottagarspolen med allt längre gates. (Christiansen, et al., 2009)

Som kan ses i Figur 5 och som beskrivits tidigare induceras en elektromotorisk kraft i marken under den tid som den elektriska signalen stängs av. I direkt anslutning till detta påbörjas registreringen av det avklingande magnetfältet, vilket ses i Figur 5c.

Registreringen sker i något som kallas gates eller tidsfönster, dessa är logaritmiskt fördelade med en allt längre registreringstid desto längre sonderingen pågår. Detta betyder att varje gate registrerar magnetfältets avklingning under en viss tid med ett flertal mätningar och sedan medelvärdesbildar. De första gatesen i en sondering är väldigt korta, endast några μs . Detta för att undvika distorsion på grund av de stora variationerna i inducerad spänning som uppkommer på grund av transienterna. Då variationen minskar med tiden behövs längre gates mot slutet för att kunna erhålla starkare signal i förhållande till bruset, dessa gates kan vara uppemot 200-300 μs . (Christiansen, et al., 2009)

Det som beskrivits ovan utgör endast en amplitud eller ett transientsvar men för att få säkerhet i resultatet måste dessa byggas upp av ett stort antal transientsvar, se Figur 6. Därför består varje sondering av stackningar på cirka 500 till 1000 medelvärdesbildningar för varje gate (Christiansen, et al., 2009). Detta innebär i förlängningen att varje gate kommer att erhålla viss osäkerhet då de medelvärdesbildats flera gånger. Dock hade osäkerheten varit oacceptabel om endast ett fåtal transientsvar använts då skillnader på endast någon nanovolt i resultatet kan innebära en annan tolkning.



Figur 6 Figuren beskriver skillnaden mellan att använda ett fåtal eller ett flertal transientsvar (Christiansen, et al., 2009).

Då mätningar sker med TEM så kommer alltid den underliggande geologin ge respons men även bakgrundsbruset, det kan inte existera mätningar utan bakgrundsbrus. Därför används olika tekniker för att minska detta. En teknik är som nämnts ovan att registrera data över logaritmiska tidsintervall.

Att öka antalet transientresponser kan reducera brus med en faktor av \sqrt{N} , där N är antalet stackningar (Christiansen, et al., 2009). Ett tredje sätt är att öka momentet i signalen, Då antingen genom att sända en starkare ström i sändarspolen eller att använda en större sådan. Detta möjliggör att signalen kan färdas djupare innan den störs ut av bakgrundsbrus (Christiansen, et al., 2009). Nackdelen med en starkare ström är dock att tiden det tar för strömmen att stängas av blir längre och därför påverkas tiden mellan avstängd ström och start av mätning. En större sändarspole har nackdelen att det blir ett större elektriskt motstånd i denna vilket i förlängningen innebär att en kraftigare spänningskälla behöver användas.

På grund av dessa effekter är det rekommenderat att utföra mätningar med två olika moment, det ena med ett lågt moment som har en kort tid mellan avstängning och start av mätning samt ett högt moment med ett större penetrationsdjup.

2.1.5 Penetrationsdjup

Penetrationsdjupet är alltid viktigt att försöka kvantifiera och oavsett vilken geofysisk metod som används är det svårt att bestämma. Detta gäller speciellt för TEM och allmänt kan följande ekvation angående penetrationsdjupet anses gälla för elektromagnetiska metoder.

$$z_d = 1,26 \cdot \sqrt{\rho \cdot t}$$

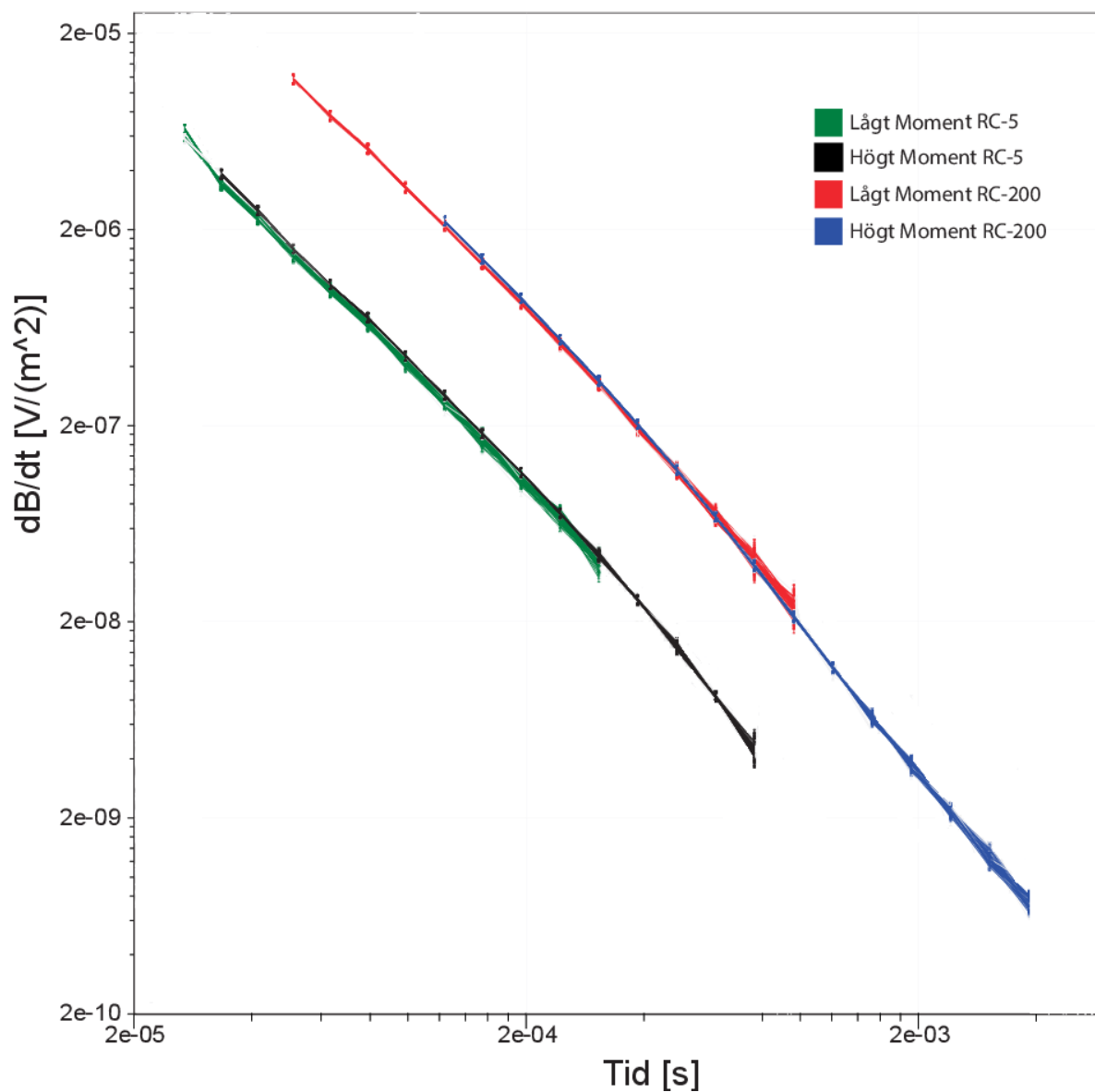
I denna ekvation syns det att penetrationsdjupet, z_d , beror av resistiviteten, ρ , samt tiden t . Det skall dock tilläggas att TEM i hög grad är beroende av hur starkt bakgrundsbruset är och i förlängningen hur snabbt den skapade signalen försvinner i bruset. Detta ger då att penetrationsdjupet påverkas av vilket moment som används vid sonderingen. Följande ekvation kan anses gälla för penetrationsdjupet för TEM, (Christiansen, et al., 2009).

$$z_d = 0,551 \cdot \left(\frac{M}{\sigma \cdot V_{noise}} \right)^{1/5}$$

Här ses det att penetrationsdjupet är beroende av momentet, M , samt produkten av konduktiviteten och bakgrundsbrusnivån.

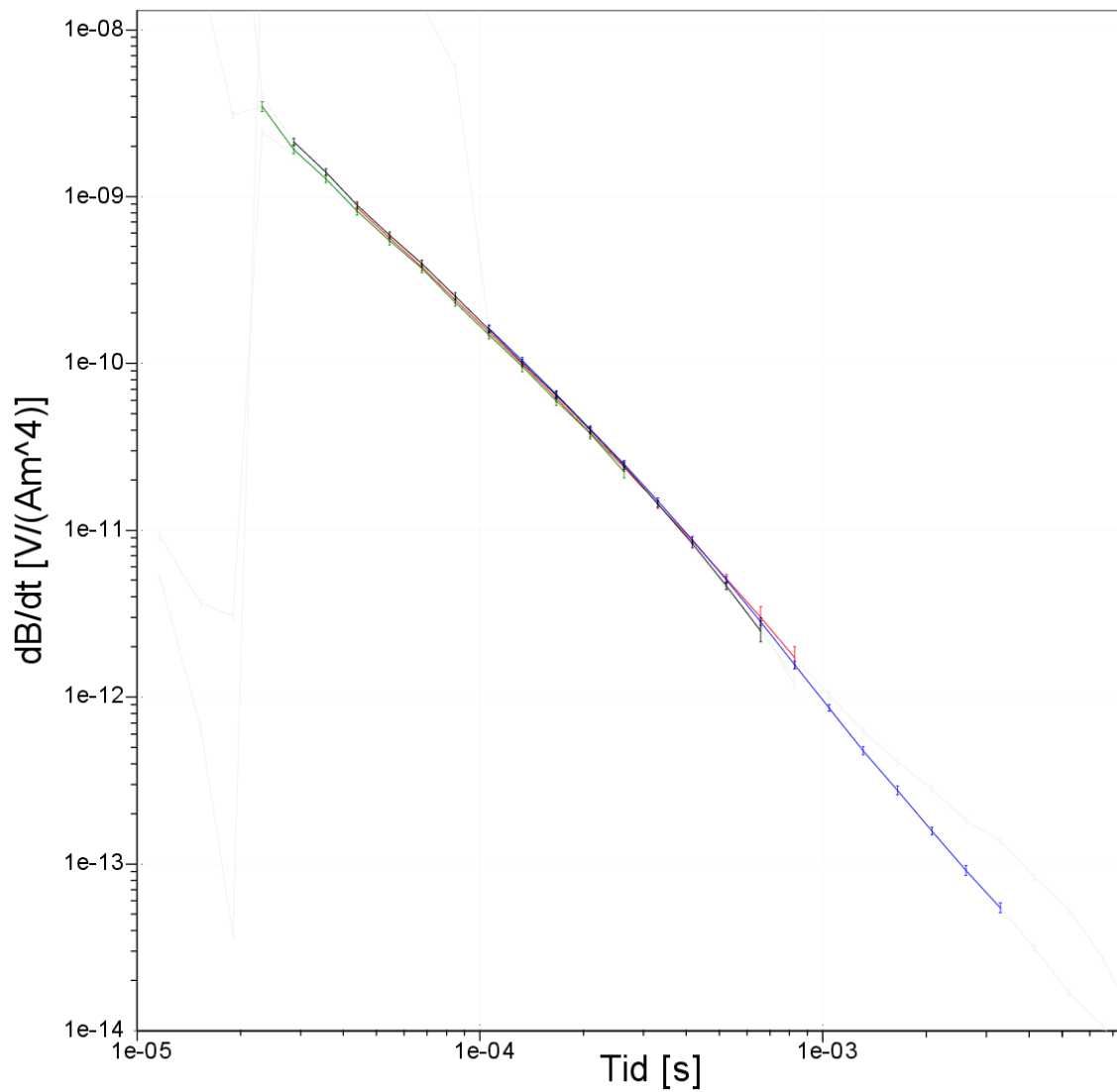
2.1.6 Datakurvor

Figur 7 visar magnetfältets avklingning vid en sondering, det här fallet Profil A sondering 6. I figuren ses fyra olika kurvor som vardera representerar ett högt och lågt moment för de olika mottagarspolarna. RC-5 är en mindre spole med en effektiv area på 5 m^2 , RC-200 har en effektiv area på 200 m^2 . Den mindre spolen medger en bättre upplösning nära markytan varav den större medger registrering på ett större djup.



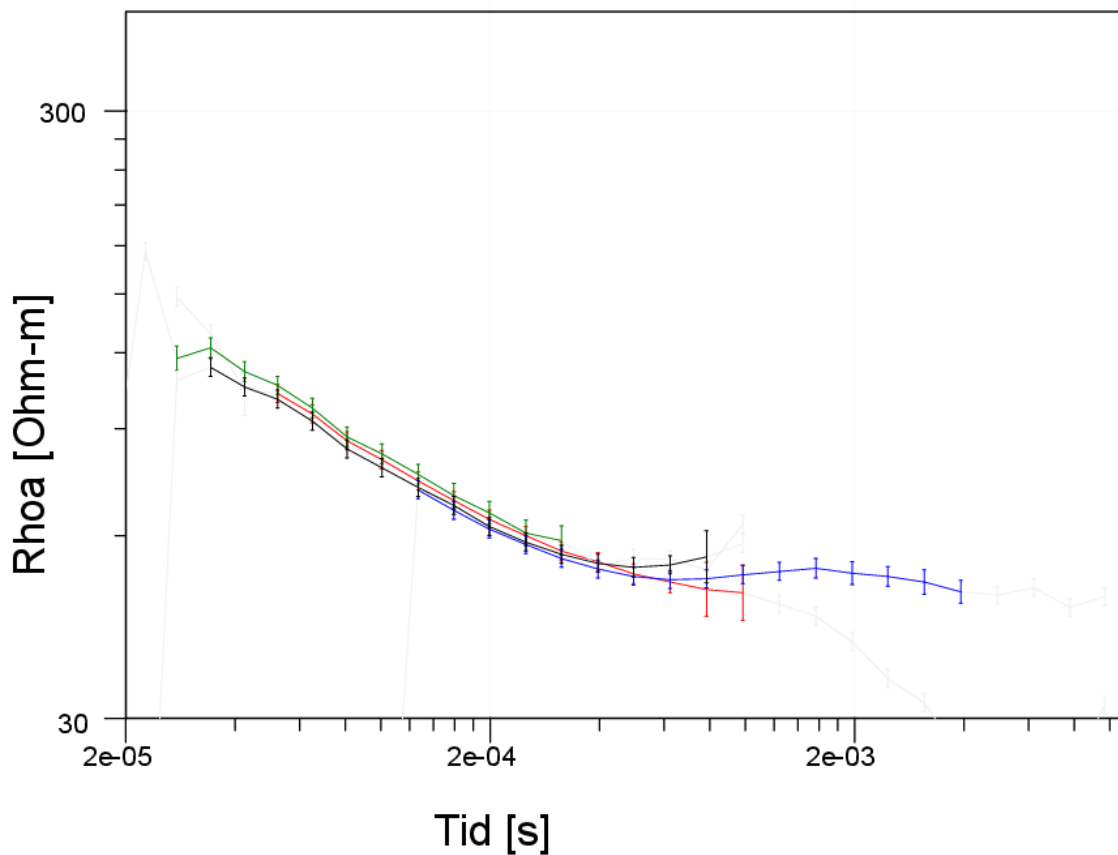
Figur 7 dB/dt-kurva för profil A sondering 6 visandes de två olika momentens registrering i de två olika mottagarspolarna RC-5 och RC-200.

Varje resultat från en sondering normaliseras sedan mot respektive momentet som använts, se Figur 8. Detta görs för att kunna beräkna en sammanvägd skenbar resistivitet av alla fyra mätningar då de ger ett säkrare resultat för en senare inversion.



Figur 8 Normaliserade moment och medelvärdesbildning av flera mätcykler för profil A sondering 6.

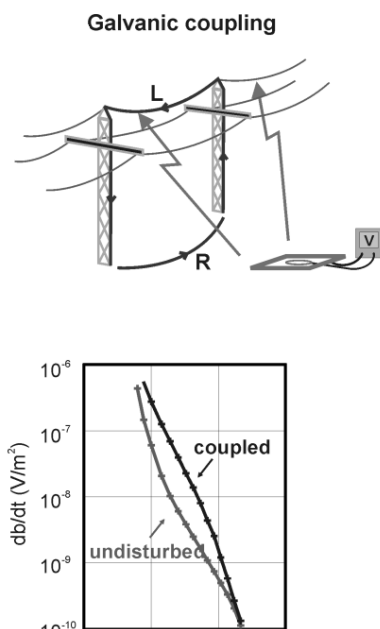
Till sist kan en sonderingskurva ses i Figur 9 där resistiviteten ritas upp som funktion av tiden. Det är denna sonderingskurva som ligger till grund för de inversionsmodeller som skapas. Det som går att se i denna är hur den skenbara resistiviteten förändras med tiden men också i förlängningen med djupet då vetenskapen finns att en registrering sker på ett större djup efter en längre tid.



Figur 9 Skenbar resistivitet för profil A sondering 6.

2.1.7 Kopplingar

Den transienta elektromagnetiska metoden är känslig för elektriska och magnetiska fält, vilket gäller för övrigt alla elektromagnetiska metoder men TEM i synnerhet. Dessa störningar från elektriska och magnetiska fält uppkommer i så kallade kopplingar till signalen. De skapar beroende på källa förstärkning eller oscillation av den mottagna signalen. De olika förekommande kopplingarna delas in i två typer, galvanisk eller kapacitiv koppling.



Figur 10 Galvanisk koppling där den inducerade signalen blir förstärkt av en närliggande elektrisk ledare (Christiansen, et al., 2009).

Galvanisk koppling kan ses i Figur 10 och är ofta väldigt svår att identifiera som en koppling, innebörden av denna typ är att hela eller delar av signalen förstärks av att sändarspolens ström induceras i en elektrisk ledare (Christiansen, et al., 2009). Dessa kan vara strukturer såsom kraftledningar, elstängsel eller andra större elektriskt ledande objekt som jordas galvaniskt till marken (Danielsen, et al., 2003). Gemensamt för dessa är dock att om den elektriska ledaren bryts kan ett bättre resultat uppnås. Känsligheten för dessa galvaniska kopplingar är stor och därför bör ett säkerhetsavstånd iaktas på åtminstone 100 meter i områden med låg resistivitet i markytan, vid högre resistivitet ökar säkerhetsavståndet (Christiansen, et al., 2009).

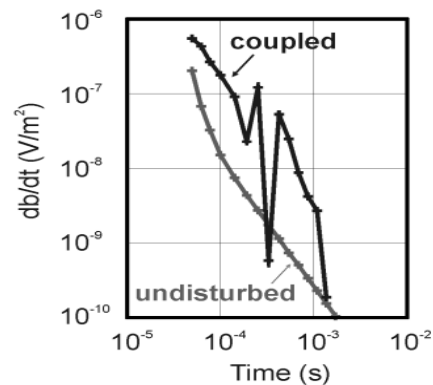
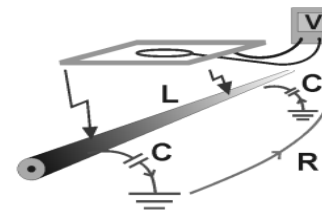
Ett dataset som är påverkat av galvaniska kopplingar bör ej användas i en vidare datatolkning då det är avsevärt svårt att avgöra om hela eller bara delar är påverkade. Det enklaste sättet att avgöra om kopplingar uppkommit är genom jämförande med andra sonderingar i närheten. Om dessa visar på samma typ av anomali är chansen stor att signalförändringen kommer av geologiska strukturer (Christiansen, et al., 2009).

Kapacitiva kopplingar är däremot enkla att sortera ut och dessa ses som det oscillerande mönstret i Figur 11. Dessa kopplingar uppkommer från enskilda strukturer som har möjlighet att hålla ström. De kapacitiva kopplingarna kan ses som ett slags läckage från det föremål som utsätts för induktans. Ett exempel är som i figuren där en isolerad kabel inte har någon slags jordning ger upphov till kapacitiva kopplingar (Danielsen, et al., 2003). Andra orsaker kan vara metalliska objekt såsom bilar eller större metallstrukturer.

Då mätdata efterbehandlas sorteras de kapacitiva kopplingarna ut. De dataset som är drabbade av dessa kopplingar är ofta användbara, det är enbart de gates som uppvisar oscillation som behöver sorteras ut. Dock kan det finnas situationer där hela sonderingen är förstörd, Figur 11 är ett exempel på ett sådant fall.

För att kunna använda data för senare tolkning behöver invers numerisk modellering utföras. Modelleringen bygger på att bestämma modellparametrar för ett överbestämt problem. Med hjälp av data från sonderingarna och en startgissning för en sannolik modell kan modellparametrar erhållas. Modellparametrarna används sedan för att skapa en modell och ett modellsvar som har en passning mot den sonderade datan, för att hitta den bästa möjliga sker ett flertal iterationer av modellparametrarna (Gubbins, 2004).

Capacitive coupling



Figur 11 Kapacitiv koppling, där omkringliggande objekts jordning till marken skapar oscillation i signalen (Christiansen, et al., 2009).

2.2 Mätutrustning ABEM WalkTEM

Till detta projekt har mätinstrument levererat av ABEM Instrument AB använts, det är ett nyligen framtaget markbaserat TEM-instrument vid namn WalkTEM. Detta är utvecklat i nära samarbete mellan ABEM Instrument AB, Århus Universitet och SkyTEM Survey ApS. Utrustningen består av flera delar, se Figur 12.



Figur 12 Ingående artiklar i en fullständig mätutrustning, (ABEM Instrument AB, 2012a)

Det är kortfattat två stycken mottagarpolar, ett elektriskt motstånd, en sändarpole, förlängningskablar samt ett mätinstrument. Instrumentet har fyra integrerade delar, dessa är dels en strömspänningssändare, för detta instrument två stycken mottagarkanalerna, inbyggd GPS samt en integrerad PC med Windows XP. Sedan innehåller instrumentet även två stycken separata batterier, det ena är till för att driva mottagardelen, det andra för att driva sändaren samt den integrerade PC:n. Dock finns möjlighet att koppla in extern kraft för att driva sändarloop samt PC, detta är fördelaktigt då kapaciteten i sändaren ökar (ABEM Instrument AB, 2012b).

I Tabell 1 finns information som är hämtad från ABEM Instrument AB:s produktblad angående WalkTEM

Tabell 1 Produktblad för ABEM WalkTEM som använts i detta projekt. (ABEM Instrument AB, 2012b)

Transmitter

| | |
|-----------------------|-----------------------------------------------------|
| Output current | 15 A |
| On/Off Time | Adjustable from 1 ms to 500 ms in microsecond steps |

Receiver

| | |
|---------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Receiver input | 2 Channels (Optionally 3 to 4 Channels with simultaneous recording) |
| Sampling | 1 MHz each channel |
| Dynamic range | 170 dB system 140 dB instantaneously |
| Repetition rate | From 500 Hz to 0.5 Hz in microsecond steps |
| Stacking Options | 1 to 65,536 in single steps |
| Windows (Gates) | Up to 200 depending on time series selected in 3 sets (Optional user selectable) |
| Functions Measured | Transient response, TX current, TX turn-on and turn-off times, Battery voltage (external and internal), Automatic gain / offset calibration |

Integrated Field PC

| | |
|---------------------------|-------------------------------------------------|
| Processor | Low power Intel Atom, 1,6 GHz |
| Operating System | Windows XP Pro |
| Internal RAM | 2 GB (DDR SO-DIMM module) |
| Hard disk capacity | Solid state disk of 100 GB or greater |
| I / O port | 2 x USB 2.0 ports |
| Network interfaces | 1 x IEEE 802.3 TP-10/100/1000 RJ-45 IP 67 |
| WiFi interface | Integrated with built-in antenna |

All specifications may change without notice as a result of ongoing product developments.

General

| | |
|----------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------|
| Casing | Rugged Aluminum case meets IEC IP 66 |
| GPS receiver | 50 channels SirF star III chip |
| Display | 8,4" Active TFT LCD, full color, daylight visible, resolution of 800 x 600 |
| I / O ports | 2 x KPT-19 for receiver coils |
| Power | 2 x 8 Ah Internal NiMH 12 V DC power pack 10 - 34 V DC external power |
| Battery chargers | Integrated for internal batteries |
| Dimensions (W x L x H) | 390 x 210 x 320 mm |
| Weight | 14 kg |
| Ambient Temperature Range | - 20°C to + 60 °C operating ¹ - 30°C to + 70 °C storage ² |

Note 1: Measuring speed may be reduced in high ambient temperatures and internal power dissipation.
Note 2: Non condensing.

Field Accessories (ordered separately)

| | |
|-------------------------------------------------------------|------------------------------|
| RC-5 Active magnetic receiver coil (frame) | |
| Effective Area | 5 m ² (20 turns) |
| Bandwidth | 450 kHz |
| Dimensions (W x L x H) | 590 x 590 x 90 mm |
| RC-200 Active Flexible magnetic receiver coil (cord) | |
| Effective Area | 200 m ² (2 turns) |
| Bandwidth | 100 kHz |
| Dimensions | 10 x 10 meters |
| TL-1k6 Flexible transmitter coil (cord) | |
| Effective Area | 1,600 m ² |
| Dimensions | 40 x 40 meters |
| Conductor cross-sectional area | 2.5 square mm |
| TL-10k Flexible transmitter coil (cord) | |
| Effective Area | 10,000 m ² |
| Dimensions | 100 x 100 meters |
| Conductor cross-sectional area | 4 square mm |
| TL-40k Flexible transmitter coil (cord) | |
| Effective Area | 40,000 m ² |
| Dimensions | 200 x 200 meters |
| Conductor cross-sectional area | 4 square mm |

3 Metodik

3.1 Förstudie

3.1.1 Utvärdering/rekognoscering

Första steget i projektet är att utvärdera de 14 profiler som föreslagits av SGU. Detta görs först med hjälp av geografiska informations system, GIS, och då specifikt med programmet ArcGIS. De kartor som används vid utvärderingen är främst terrängkartan och fastighetskartan levererad av Lantmäteriet och ortofoton levererade av "Kommunerna i Skåne". Vid utvärderingen är det främst kraftledningar, transformatorstationer, vindkraftverk, större vägar samt järnväg som kontrolleras. De profiler som passerar eller löper parallellt med större elektriska fält som skapas av dessa strukturer omplaceras i närområdet för att minska dess inflyttande. Omplaceringen sker också för att i möjligaste mån behålla den underliggande geologiska strukturen. Detta då varje profil ofta har en speciell aspekt som man vill undersöka. Även hus och andra större strukturer undviks så långt det är möjligt för att få så lite störningar som möjligt vid mätning.

Fortsättningen på detta blir att göra en rekognoscering på plats för att undersöka de fysiska förutsättningarna och främst avgöra om det är möjligt att lägga ut spolarna till utrustningen samt att komma fram till de olika mätplatserna på profilen. Även kontroll av oförutsedda störningskällor görs, dessa kan vara olika varianter av stängsel, såsom elstängsel och/eller taggtråd. Undersökningarna genomförs av en person med hjälp av förprogrammerad GPS samt fotodokumentation. Viktigt är att större delen av profilen går igenom för att inte stöta på oväntade hinder och/eller oväntade störningskällor vid sonderingarna. Av erfarenhet från tidigare undersökningar i Danmark så är ett säkerhetsavstånd på ca 200 meter rekommenderat för att inte få elektriska kopplingar i mätningarna, detta gäller vid material med hög resistivitet vid ytan.

Vid fall där profiler anses vara omöjliga att genomföra på grund av terräng eller elektriska störningar förflyttas dessa i dialog med beställare.

Rekognosceringen utfördes under slutet av mars och början på april, dock kom inte fältarbetet igång förrän mitten på maj. Detta har inneburit att vissa profiler som ansågs genomförbara i sin helhet ej kunde undersökas fullt ut. Problemet bestod ofta i att de fält som sonderingarna skulle ha skett på odlats upp och grödorna nått en så pass utveckling att beträdande av fälten inneburit skada på skörd. Det har även funnits partier som ej gått att genomföra på grund av för stor tillväxt av sly.

3.1.2 Förväntningsmodeller

Efter att profilerna rekognoscerats och kontrollerats om de är genomförbara eller inte har förväntningsmodeller formulerats. Dessa skapas med hjälp av berggrundskartan, hydrogeologiska kartan, jordarts-kartan med tillhörande beskrivning samt brunnsborringar, dessa ritades sedan upp i programmet Adobe Illustrator.

3.1.3 Inför fältkampanj

Efter att förväntningsmodellerna är färdigutvecklade måste markrättigheterna kontrolleras, detta är viktigt då etablering på privat mark kan anses stötande eller till och med i vissa fall förstörande. Därför kontaktas markägare innan fältkampanjen startar i största möjliga mån, om markägare är onåbar används informationsblad samt kontakt med närliggande fastigheter och grannar. De personliga mötena är fördelaktiga då de möjliggör en djupare mer förklarande dialog med boende i trakten. Det är även lättare att hitta rätt markägare då de som brukar marken ofta är arrendatorer till den egentliga markägaren. I vissa fall passerar profiler över militära övningsområden, för att kunna etablera en profil där behövs en så kallad hemställan. En sådan erhöles då Rinkabyfältet var aktuellt för att undersökas, se bilaga 1.

3.2 Fältmetodik

3.2.1 Utrustning

All utrustning kan bäras och hanteras av två personer. Detta förutsatt att ett bärsystem bestående av bärmesar kan användas.

Utrustningen som har använts i fält är följande:

- Mätinstrument – ABEM WalkTEM
- Mottagarspoler
 - RC-5, yta 0,59m x 0,59m
 - RC-200, yta 10m x 10m
- Sändarspole
 - TL-1k6, Tx-loop, yta 40m x 40m
 - 3 meter förlängningskabel
 - 330 Ohm resistor
- 12v bly-gel batteri med tillhörande anslutningskabel, ett reservbatteri fanns alltid tillgängligt vid behov
- Måttband, stålelektroder samt tälpinnar av plast
- Förberedda mätprotokoll med anpassade fält för avrapportering, se bilaga 2 för exempel på ifyllt protokoll.
- Mus, tangentbord samt USB-minne
- Garmin GPS samt en Nikon D3100 kamera, vid behov togs även bilder med mobilkamera
- 2 st bärmesar, Fjällräven Firebrigade 3 000
- Cykelkärra vid enklare terräng

Mätningarna sker utifrån en fördefinierad startpunkt, sedan sker fortsättningsmätningar cirka 200-250 meter efter varandra. Förflyttningen mellan dessa sker till fots. För att bestämma position och avstånd till nästa mätpunkt används en hand-GPS som har start- och slutpunkt för profilen inprogrammerad. Detta möjliggör skapandet av rutter vilket i sin tur ger en position bestämd så när på 5-10 meter. Målet är att hela tiden försöka hålla ett jämnt avstånd mellan mätpunkterna och en så rät linje som möjligt för att kunna skapa en bra 2D-modell i senare skede. Dock kommer detta inte alltid att vara möjligt, på grund av störningar från vägar, kraftledningar samt stängsel. Vidare kan även ogenomtränglig terräng såsom alltför tät vegetation eller alltför högvuxna sådder omöjliggöra utlägg av utrustning.

3.2.2 Etablering

Efter att ett antal sonderingar genomförts anses följande teknik för att etablera utrustningen fungera bäst och vara effektivast. Tekniken fungerar både i öppen och bevuxen terräng. Denna teknik gäller specifikt för etablering av en 40x40 meter sändarspole.

1. Bestäm mätplats efter område där en om möjligt helt öppen yta på omkring 12x12 meter finns, detta för att slippa demontering av den större mottagaren.
2. Centra den mindre mottagaren, RC-5, och försök vinkla denna så att öppen terräng finns tillgänglig i vinkel från hörnen.
3. Mät upp ca 28,5 meter från bortre änden av RC-5 och orientera måttbandet så att det tangerar de två hörnen på spolen, se Figur 13.
4. En stålektrod sätts därefter ned på avståndet 28,5 meter samtidigt som en tälpinne sätts ner på avståndet 7,4 meter enligt samma princip. Dessa avstånd är beräknade enligt följande, där a utgör sidorna på önskad spole som skall placeras samt x är det sökta avståndet. 0,4 är halva hypotenusan för RC-5

$$\frac{\sqrt{a^2 + a^2}}{2} + 0,4 = x$$

5. Denna procedur upprepas tills alla fyra hörn är etablerade.
6. Utsättningen av elektroder respektive tälpinnar möjliggör en snabbare utläggning där fältpersonalen kan utföra två moment samtidigt. Den ena individen lägger ut den 160 meter långa sändaren genom att fästa denna vid den sen tidigare definierade startpunkten, i detta projekt alltid nedre högra hörnet i profilens riktning. Det är viktigt att punkten för mätutrustningen är densamma genom alla sonderingar längs med en profil. Genom att ha etablerat elektroderna kan denna person nu gå runt med kabelvindan utan att oroa sig för vinklarna. Samtidigt utför den andra personen utläggningen av den större mottagaren genom att använda tälpinnarna som hörn.
7. Viktigt vid utlägg av alla tre spolar är att riktningen blir rätt, vilket uppnås genom att lägga ut spolarna i en medsols riktning. Detta görs för att erhålla en positiv signal i mätningarna. Undantag är den mindre mottagarspolen där fältpersonalen måste veta vilken sida på spolen som ger positiv signal. Detta görs enklast genom att testa utrustningen innan fältmätning skall genomföras, röda markeringar i dB/dt vyn i PC:n indikerar positiv signal.
8. De förgreningskablar som finns till mottagarspolarna bör ej ha något slack och all kabel bör rullas ut så att den ej ligger dubbel. Kablarna kommer att passera över spolarna och bör då göra detta så vinkelrätt som möjligt för att undvika störningar från elektriska fält.



Figur 13 Linjering av måttband mellan hörnen av den mindre mottagarspolen. (Foto: Sara Johansson)

9. Under tiden som den längre sändarspolen etableras kan mätinstrumentet samt tillbehör förberedas. Om mätinstrumentet är avslaget vid förberedelse rekommenderas det att ansluta extern kraft först för att sedan starta upp mätinstrumentet. Detta för att säkra GPS-koordinater behövs innan sondering kan inledas. Efter detta sker inkoppling av mottagarspolarna där det är viktigt att notera vilken spole som sitter i vilken anslutning, detta definieras senare i programmet för mätning. En resistor på 330 Ohm skall parallellkopplas på sändarloopens anslutning, viktigt är att denna ej vidrör mark eller annat som kan påverka dess funktion. Till sist ansluts sändaren via den 3 meter långa förlängningskabeln som finns för att minska de inducerade spänningar som kan uppstå i metallen i instrumentet.
10. Efter att sändaren blivit etablerad och eventuellt justerad i hörnen skall stålelektroden samlas in, om detta ej utförs kan de mätvärden som erhålls vara felaktiga på grund av galvanisk koppling av sändarspolen.
11. All kringutrustning som kan ge kapacitiva störningar måste placeras på ett säkerhetsavstånd på cirka 10 meter från mätutrustningen, till exempel cykelkärria eller bärmesar.

3.2.3 Fältmätning

Efter att all utrustning är etablerad kan mätningar med instrumentet påbörjas. I detta projekt har det valts att arbeta med det inbyggda programmet WalkTEMUI som är ett gränssnitt över det dataregistrerande programmet PaPC. WalkTEMUI möjliggör snabbare hantering i fält och ingen djupare förståelse för bakomliggande inställningarna i programmet behövs. I gränssnittet väljs parametrar såsom längd på Tx-loop, vilka kanaler mottagarspolarna ansluts till, längd på förlängningskabel, vilket mätscript som skall användas, samt antalet mätcykler. Gränssnittet anger även vilken tidsåtgång ett specifikt script har.

Mätscripthen definierar hur själva mätningen skall genomföras. Ett script hanterar hårdvaran och hur den skall ställas in för varje enskild mätning. I detta hittar man information om hur lång varje gate ska vara, den effektiva mätarean för vardera mottagarspole samt hur de olika förstärkarmodulerna skall vara inställda. Till sist kan nämnas att även modulen som omvandlar den analoga signalen till digital definieras i detta script.

Det andra mätscriptet definierar hur själva mätningen skall gå till. Där anges antalet repetitioner för de olika sändarmomenten, stackning, mätfrekvens samt tiderna då signalen skall mätas.

I detta projekt har ett anpassat script använts för alla mätningar, se bilaga 3 och 4. Detta script kör tre mätningar, en mätning vardera för lågt och högt sändarmoment samt för brus. Innebörden blir att då mätningen sker med två mottagarspolarna erhålls fyra separata mätresultat som kan sammanfogas till indata för en inversion.

I scriptet används frekvensen 25 Hz för högt moment samt 225 Hz för lågt moment, dessa frekvenser väljs så att den inte sammanfaller med elnätets frekvens på 50 Hz. I varje mätcykel för högt moment sker en stackning på 500, för lågt moment en stackning på 1100 samt för brus en stackning på 100. För varje enskild sondering har 50 cykler genomförts.

Efter att dessa parametrar är definierade kan mätningen genomföras.

3.3 Databearbetning

För framställandet av resultat har följande program använts: Datachecker, RWB2USF, SiTEM, Semdi och Aarhus Workbench.

3.3.1 Konvertering

Första steget är att konvertera data från formatet *.rwb som WalkTEM levererar till ett användbart format. I detta fall konverteras data till formatet *.usf, universal sounding format. Formatet möjliggör import till SiTEM för vidare bearbetning av data om filen innehåller all information. Beroende på olika omständigheter under projektets gång har två olika konverteringsförfaranden fått användas. Det första sättet som användes och som varit det normala förfarandet tills nyligen då ny konverteringsprogramvara introducerats är användning av programmet Datachecker. Via exportfunktionen kan en *.usf-fil skapas. Denna fil är dock inte fullständig och kan ej importeras till SiTEM för vidare databearbetning. För att detta skall vara möjligt måste information om geometri, filter samt mättider infogas under varje repetitionscykel. Denna information är olika beroende på om det är högt eller lågt moment. För information om valda parametrar se bilaga 4.

För att underlätta arbetet skrevs ett enklare program i Delphi som infogar dessa parametrar automatiskt.

Det andra sättet användes sedan instrumentet fått ny och optimerad mjukvara. Då kan det nyligen framtagna konverteringsprogrammet RWB2USF användas. Detta underlättar konverteringsprocessen mycket då det läser in tidigare sagda parametrar från en individuell konfigurationsfil som levereras vid varje mättillfälle.

3.3.2 SiTEM

Efter att data konverterats till lämpligt format kan det importeras till förbehandlingsverktyget SiTEM.

I SiTEM bearbetas data för att ta bort olämpliga mätpunkter som visar på yttre störningar från diverse kopplingar eller brus. Det är även här galvaniska kopplingar i mätdata kan upptäckas och ibland har hela dataset sorterats bort. Det finns mätpunkter som kan anses användbara men som innehåller vissa avvikelser, dessa kan ges en ökad osäkerhetsnivå för att vid senare inversion inte ges lika stor vikt.

3.3.3 Semdi

Arbetet fortsätter sedan i programmet Semdi som är ett användargränssnitt till AarhusInv, detta sköter inversionsberäkningarna. Semdi möjliggör att ett flertal inversioner med olika lager kan skapas samtidigt. För att inversioner skall vara möjliga att genomföra måste värden för tjocklek samt resistivitet för de respektive lagren antas som startgissning. På grund av detta kan det vara en fördel att i en inversionsserie använda flera olika flerlayersmodeller för samma sondering för att hitta en bra modellanpassning. Från denna modellanpassning går det sedan att utnyttja värdena och skapa realistiska gissningar för en modell med färre lager. Fler än fem lager i en modell är inte att rekommendera då osäkerheten i varje lager blir för stor. Då en modell är funnen som har en bra visuell passning mot mätdata samt låga standardavvikelser, kan denna sparas för att sedan användas i Aarhus Workbench.

3.3.4 Aarhus Workbench

Aarhus Workbench är ett GIS-program för att möjliggöra visualisering av geofysisk data samt skapa databaser för detta.

De modeller som skapas från Semdi importeras och visualiseras med hjälp av olika typer av interpoleringar mellan mätpunkterna, på så sätt binds de tidigare 1-dimensionella sonderingarna ihop till en långsträckt 2D-profil. Genom detta erhålls de profiler som ses senare i resultaten.

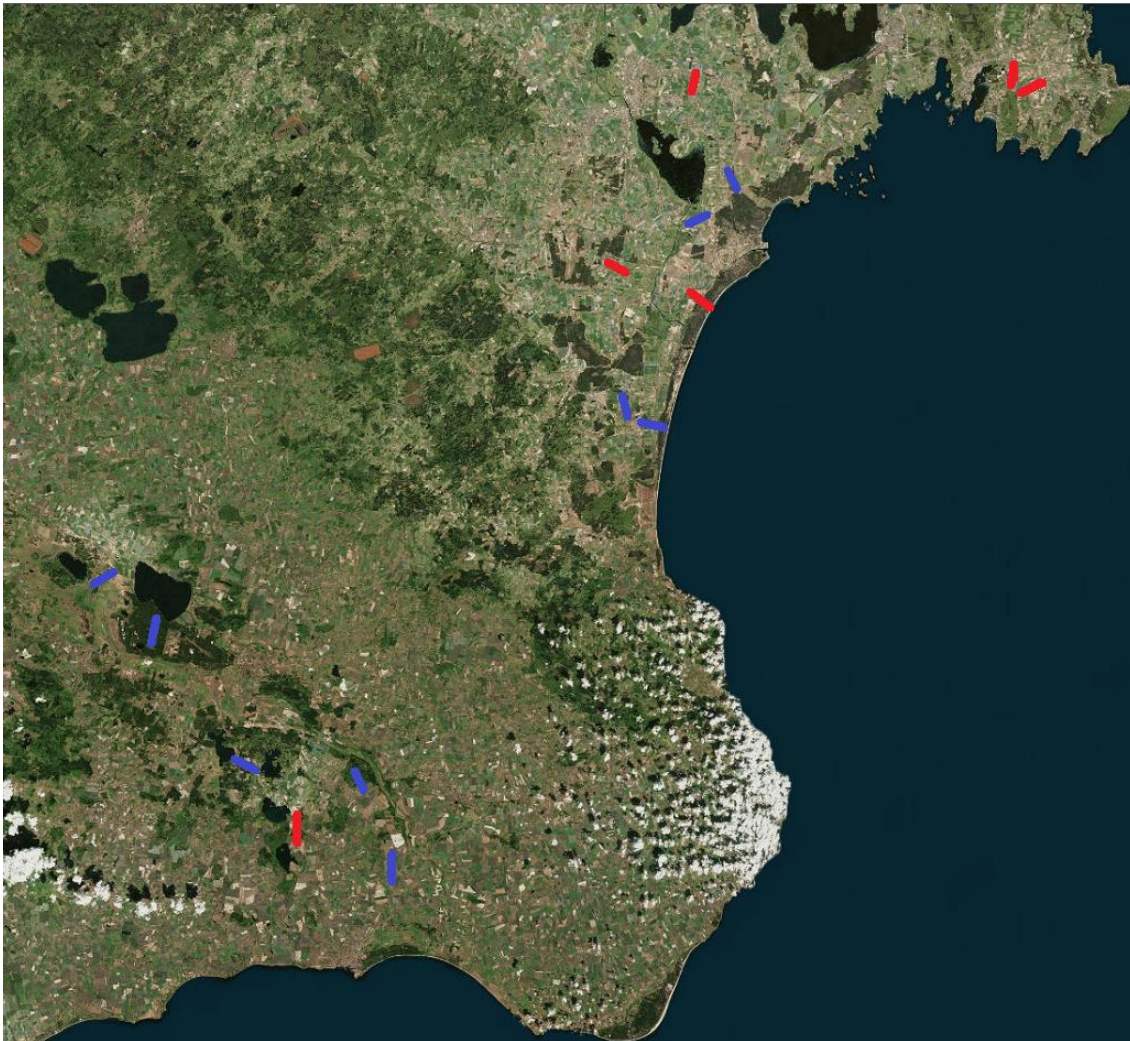
Det går även bra att skapa 3-dimensionella bilder om ett flertal sonderingar utförs i ett mer utspritt mönster, dessa sonderingar är fortfarande 1-dimensionella och tillsammans kan de bilda en 3-dimensionell bild.

I Aarhus Workbench är det möjligt att importera jord- och bergsonderingar som är utförda, dessa kan med viss enkelhet sammanfogas med skapade profiler och utgöra ytterligare ett instrument i tolkningen. En viktig aspekt att tänka på vid arbete med Aarhus Workbench är att programmet enbart arbetar med UTM-koordinater, därför kan det vara en fördel att använda detta koordinatsystem i andra skeden av projektet.

4 Resultat och analys

Geologisk samt hydrogeologisk information är hämtad från SGU-publikationerna; *Skånes jordarter Ba nr 55*, *Karta över grundvattnet i Skåne Län Ah nr 15*, *Skånes bergarter Ba nr 43/SER AH nr 15*, samt beskrivningar tillhörande dessa kartblad. Markytans profil i förväntningsmodellerna är baserade på lasermätningar som utförts av GSD/Lantmäteriet. Dessa mätningar ger en väldigt exakt noggrannhet på markytans variation i höjdled. Berggrundens yta är baserad på SGU:s brunnarkiv. Där har varje brunn som indikerat ett djup till berg valts ut. Med hjälp av interpolering mellan dessa kunde en förväntad berggrundsytta skapas.

I resultatet ingår mätresultat från nio profiler av ursprungligen föreslagna 14. De fem profiler som saknas i resultaten har varit otillgängliga med hänsyn till antingen terräng, avstånd till källor som kan ge kopplingar eller tid på året. Se Figur 14 för de föreslagna och de genomförda profilernas sträckning.



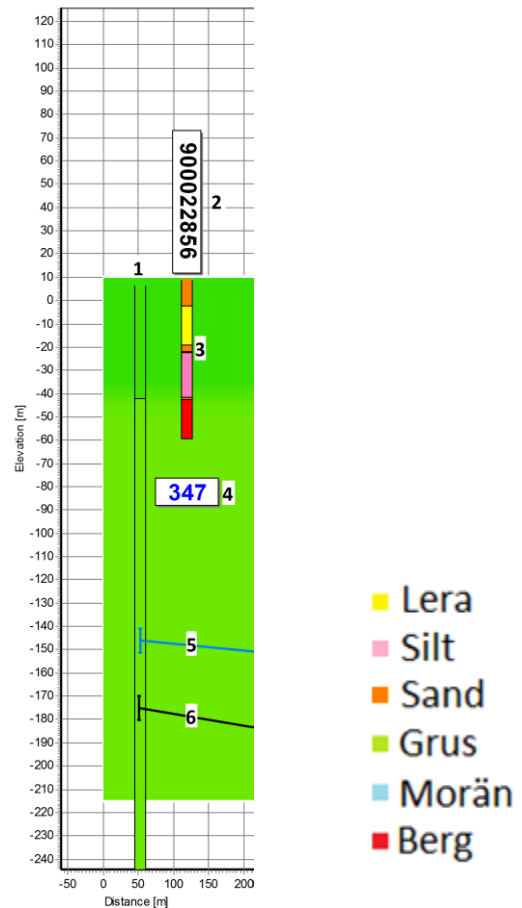
Figur 14 Blåa markeringar visar de profiler som genomförts i projektet. Röda markeringar är de profiler som inte blev genomförda. En profil blev flyttad från sitt ursprungliga läge, därav markerad som både röd och blå, se kapitel 4.3.5

Alla resultat gällande resistiviteter, lagertjocklekar, standardavvikelser, penetrationsdjup och koordinater för sonderingarna finns presenterade i bilaga 6-8. Brunnborringarna presenteras i bilaga 9.

Grafisk presentation, tolkning

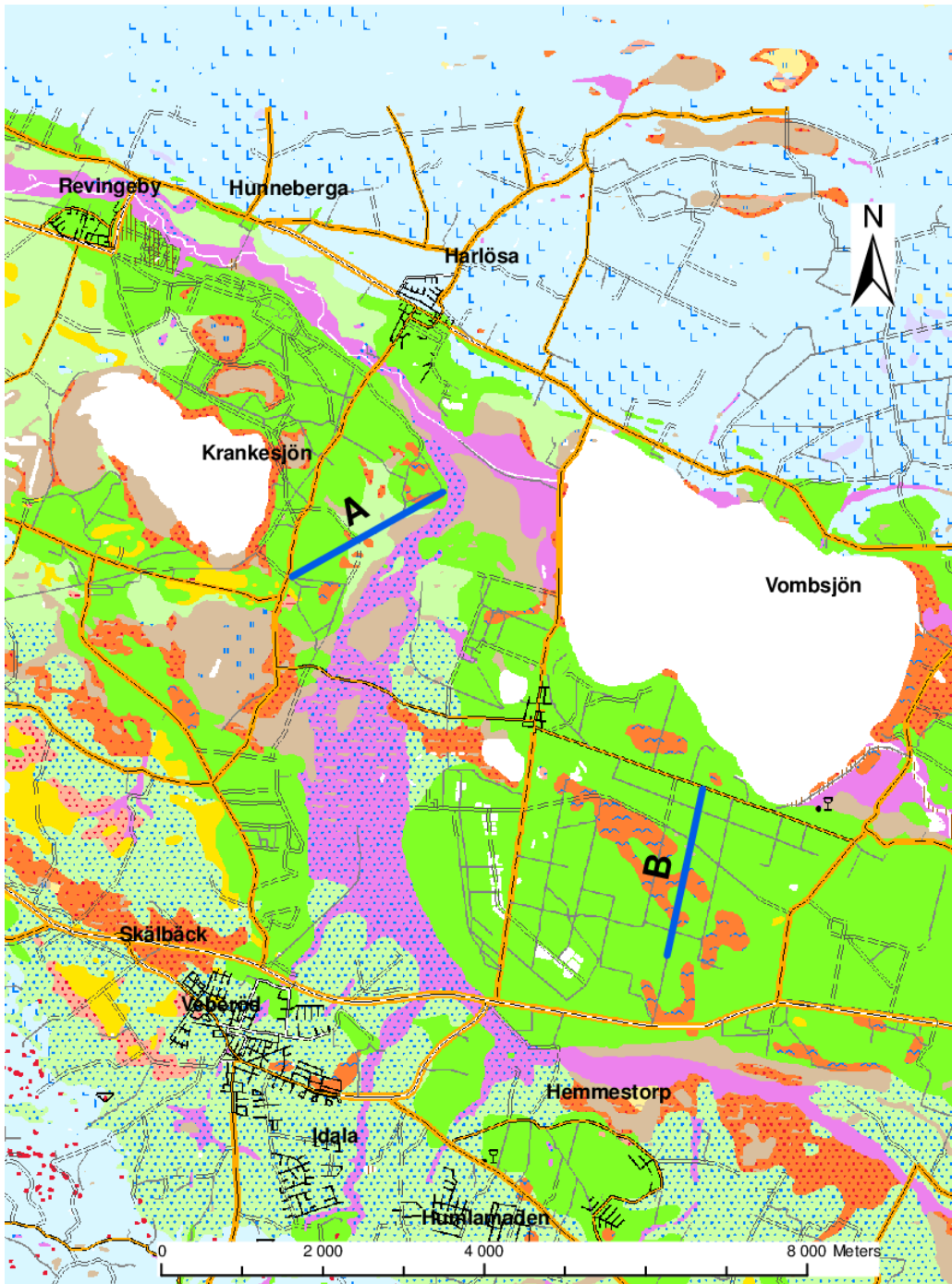
Alla utförda sonderingar som ansågs vara användbara presenteras grafiskt i följande resultatdel. För att underlätta förståelsen för hur grafiken skall läsas följer ett exempel nedan.

1. Utförd sondering där siffran indikerar vilket sonderingsnummer samt stapeln under presenterar värden för resistivitet enligt färgkodning
2. SGU:s brunn-ID för aktuell brunn i området av profilen
3. Lagerföljder i gällande brunnborrning med färgkodade material, se beskrivning.
4. Sidoavstånd från profilen i meter
5. Övre gräns för penetrationsdjupet i gällande sondering, data ovanför denna linje kan anses säkra gällande tolkningsbarhet.
6. Undre gräns för penetrationsdjupet i gällande sondering, data under denna gräns bör ej tolkas då den oftast är driven av inversionen. Området mellan den övre och undre gränsen kan användas men då med stor försiktighet.



Figur 15 Exempel över grafiken i resistivitetsmodellerna samt förklaring till färger gällande brunnborrningar

4.1 Vombslätten



Figur 16 Regional översikt över undersökningsområde Vombslätten innehållande Profil A och Profil B, kartunderlag är jordartskartan (SGU Ba 55, 2000) samt terrängkarta © Lantmäteriet [i2012/927]

4.1.1 Regional geologi

Området Vombslätten ligger mellan de två horstarna Romeleåsen och Linderödsåsen. Detta innebär att Vombslätten utgör en gravsänka mellan dessa. Berggrunden i sänkan består till större delen av sedimentära bergarter såsom sandsten och kalksten från yngre krita samt jura. De sedimentära bergarterna kan antas ha en mindre påtaglig vittring än berg på omgivande horstar då berggrunden legat mer skyddad. Jordmäktigheten varierar i medeltal mellan 45-60 meter.

Vid inlandsisens tillbakadragande skapades en bottenmorän som går i dagen på horstarna. Denna bottenmorän bör till större del överlagra sänkans berggrund i varierande mäktigheter. Vid inlandsisens avsmältning låg Vombslätten helt eller delvis under vatten.

Bildningsprocesserna för Vombslätten är komplexa, detta beror på de skiftande avsättningsmiljöerna under och efter isavsmältningen (Daniel, 1992).

Ytsedimenten utgörs delvis av sandersediment. Detta innebär att vid avsmältningen har stora mängder grovt sediment transporterats i västlig riktning mot Kävlingeån i ett system bestående av ett flertal små grunda floder. Sedimenten kunde därför breda ut sig över den svagt slutande slätten. Vid andra tillfällen har Vombsänkan varit vattenfylld vilket möjliggjort en sedimentation av issjösand, silt och lera. Issjön bör ha täckt stora delar av Vombsänkan då det enligt provborringar finns en större mängd silt och ler under isälvsedimenten (Daniel, 1992).

Isälvsedimenten som sträcker sig i en nordvästlig-sydostlig riktning har avsatts av smältvatten från den tillbakadragande inlandsisen i öster. På många ställen kan det antas att gränsen mellan issjösedimenten och isälvsedimenten är väldigt oskarp då de består av liknande material.

Under postglacial tid har området även varit utsatt för måttlig svallning, detta ses på de sandiga partier som finns i området. Dessa lager bör vara sorterade med ringa mäktighet.

Idag finns det två stycken större sjöar (Krankesjön, Vombsjön) samt ett flertal mindre i området, det finns även ett stort antal åar och bäckar som ringlar över slätten. Dessa mindre vattendrag omges av tunna svämsediment som avsatts vid perioder med stark vattenföring under postglacial tid. Enligt jordartskartan består svämsedimenten till större del av finkornigt material som ler- och siltpartiklar samt organiskt material. I sänkor och lågområden med hög grundvattenyta har kärr utvecklats under postglacial tid. Kärrtorven har sin största utbredning på svämsedimenten. I området finns även ett större antal mossar, som i de flesta fall utgörs av igenväxande sjöar.

I området finns partier med flygsand. De har bildats dels efter isavsmältningen innan marken var täckt av vegetation, dels kan de ha utvecklats under modern tid vid till exempel skogsavverkning.

Grundvattenytan bör i Vombsänkan ligga relativt ytligt med tanke på att tillrinningen sker från de omgivande horstarna. Kartmaterialet samt Daniel (1992) beskriver att porakviferer i sand eller grus är dominerande i området.

4.1.2 Profil A - Silvåkra

4.1.2.1 Allmän beskrivning

Profilen sträcker sig i en sydvästlig-nordostlig riktning och den är cirka 2 000 meter lång. Den är till större del utsträckt på ett öppet fält, cirka 1 000 meter från sydväst antrar profilen ett mindre skogsparti. En bit in och sedan längs med detta parti finns ett elstängsel som kan skapa galvaniska kopplingar i mätningarna.

4.1.2.2 Förväntningsmodell

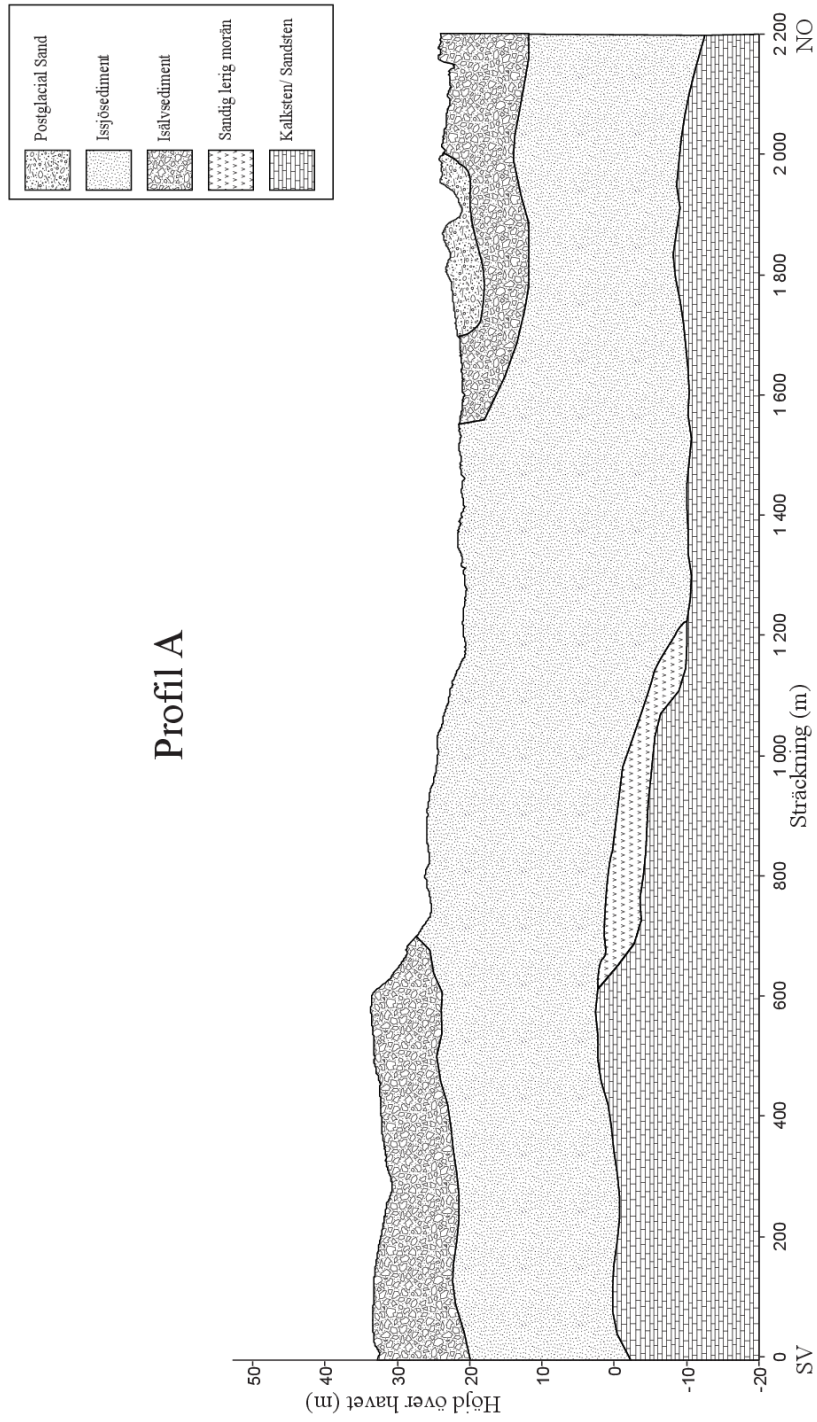
Se Figur 17 för bild av förväntningsmodell.

4.1.2.2.1 Geologi

Vid profilen återfinns en kalkstensberggrund som stupar svagt i nordost, denna är väldigt svag och borde inte vara mer än något fåtal meter per hundra meter. Ovanpå denna sedimentära berggrund bör det på vissa partier återfinnas en väl packad och sandig morän. Som klargjorts tidigare bör nästa lager vara de issjösediment som funnits närvarande vid den lugnare vattenföringen. Dessa överlagras sedan av ett mer grovkornigt isälvsediment och gränsen mellan dessa kan vara svår att urskilja. Överst finns i detta område ett mindre parti av flygsand som inte bör ha någon större mäktighet.

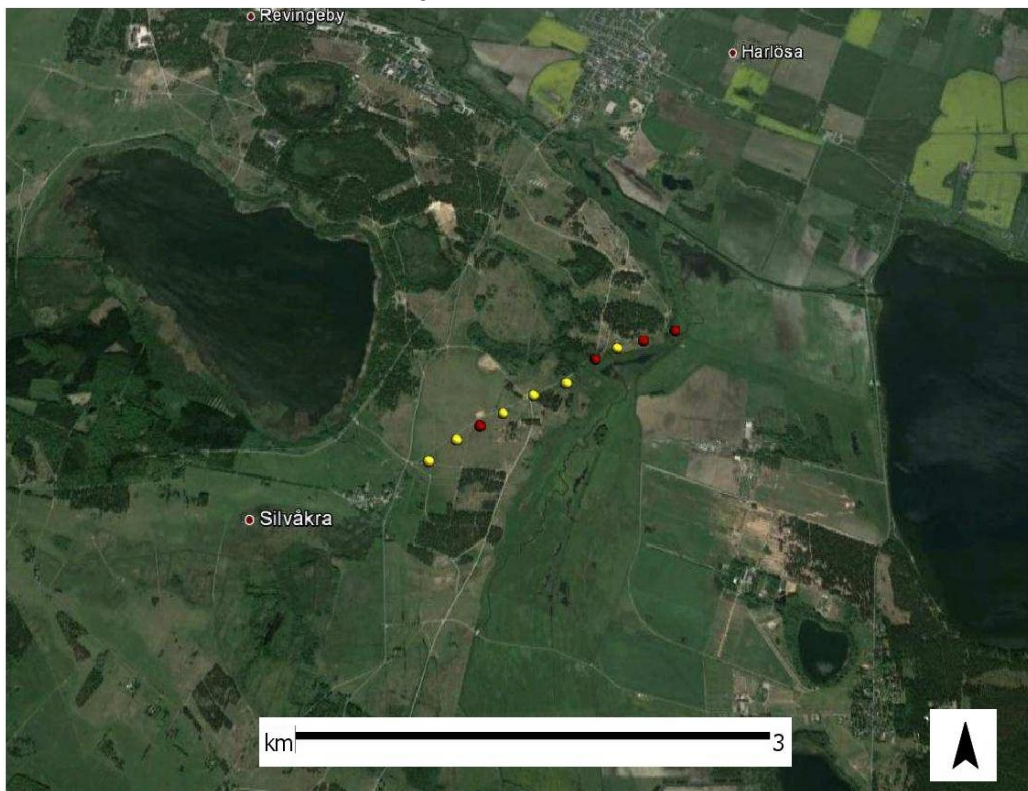
4.1.2.2.2 Hydrogeologi

Profilen sträcker sig mellan två sjöar samt i en relativt svag svacka, detta i kombination med de vattenförande lagren av issjö- samt isälvsediment möjliggör väldigt goda grundvattenförhållanden. Området är väldigt flackt vilket borde innebära att avrinningen i området verkar för att utjämna obalanser i vattenmagasinen snarare än att en specifik riktning finns. Däremot kan det i berggrunden antas att avrinningen sker i en östlig riktning mot Vombsjön, detta baserat på brunnldata. Enligt SGU:s hydrogeologiska karta så korsar profilen både en porakvifer i sand med uttagskapacitet på ca 1-5 l/s samt en sprickakvifer i förväntad kalksten med en medelkapacitet på cirka 0,2-0,6 l/s.



Figur 17 Förväntningsmodell Profil A

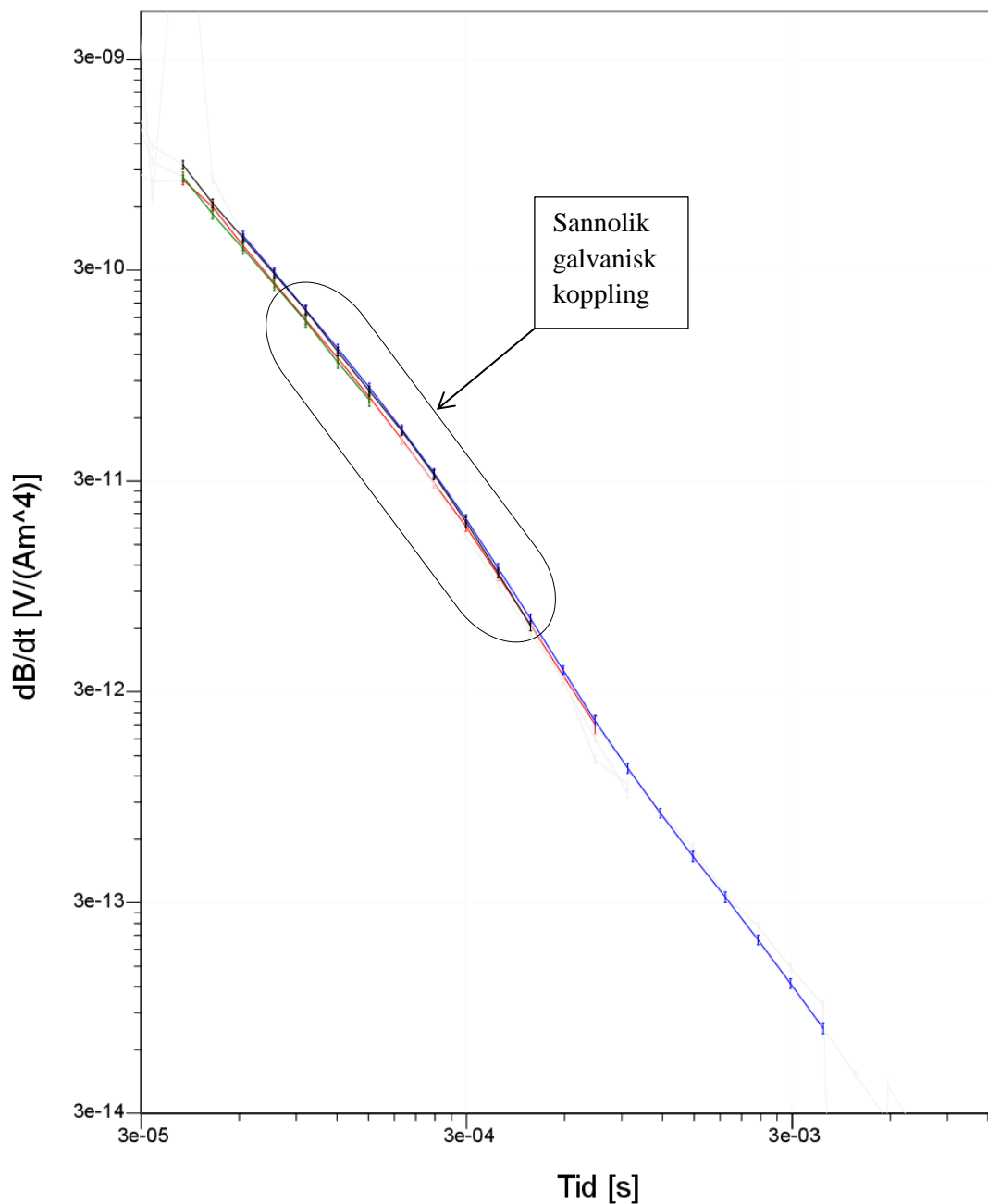
4.1.2.3 Mätresultat och analys



Figur 18 Sonderingspunkter Profil A, gula markeringar indikerar användbara resultat (Kartmaterial: Google Maps)

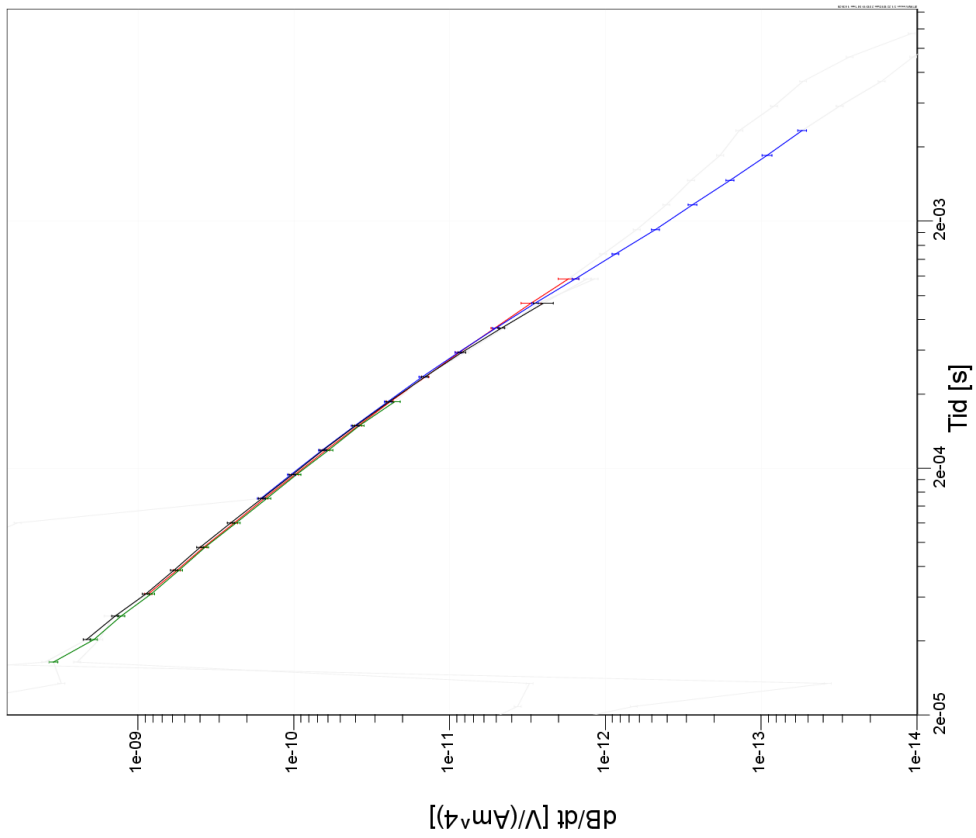
Profilen sträcker sig över ett relativt öppet fält med små förändringar i landskapet. Som nämnts tidigare existerar vissa elstängsel i slutet av profilen. Vid databearbetningen har några sonderingar ej gått att använda i en fortsatt dataanalys, dessa är rödmarkerade i Figur 18. Sonderingarna utfördes från vänster till höger, därav är sondering 1 den längst till vänster.

Sondering 3 visade på en galvanisk koppling, denna kan ses i Figur 19 som en ”bula” eller kortare förstärkning i signalen. Även sondering 7 samt sondering 10 uppvisade samma typ av koppling. Att dessa skulle erhålla koppling misstänktes redan under fältarbetet då närheten till elstängsel var överhängande. Sondering 9 i denna profil visade sig innehålla korrupt data.

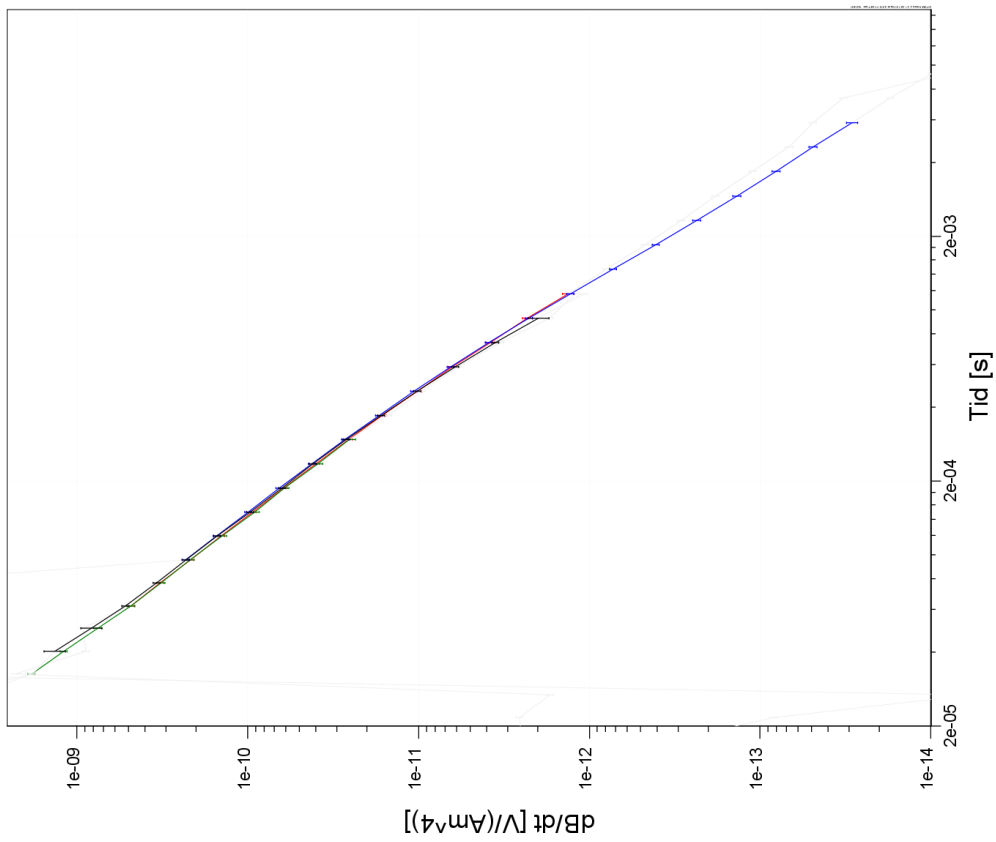


Figur 19 Normaliserad dB/dt Profil A sondering 3, med sannolik galvanisk koppling.

För denna profil har två sonderingar valts ut som representativa resultat. Det normaliserade momentet för sondering 6 kan ses i Figur 20 samt för sondering 8 i Figur 21. Dessa två sonderingar återfinns cirka 500 meter ifrån varandra och uppvisar snarlika resultat. I det normaliserade momentet ses en ökad styrka i det avklingande magnetfältet. Detta är synligt i alla 6 användbara sonderingar men ökar i riktning mot nordost. Det kan även ses att styrkan förflyttar sig till en senare gate vid sondering 8, vilket kan innebära att djupet till det konduktiva lagret ökar.



Figur 20 Normaliserad dB/dt Profil A sondering 6

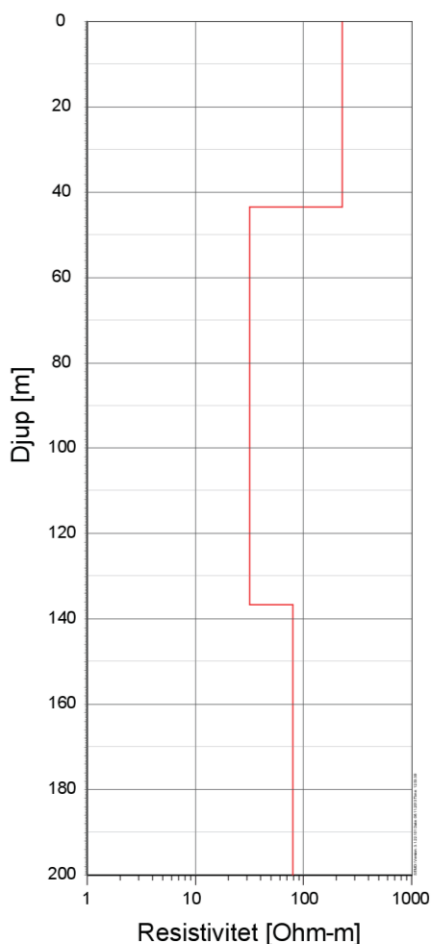


Figur 21 Normaliserad dB/dt Profil A sondering 8

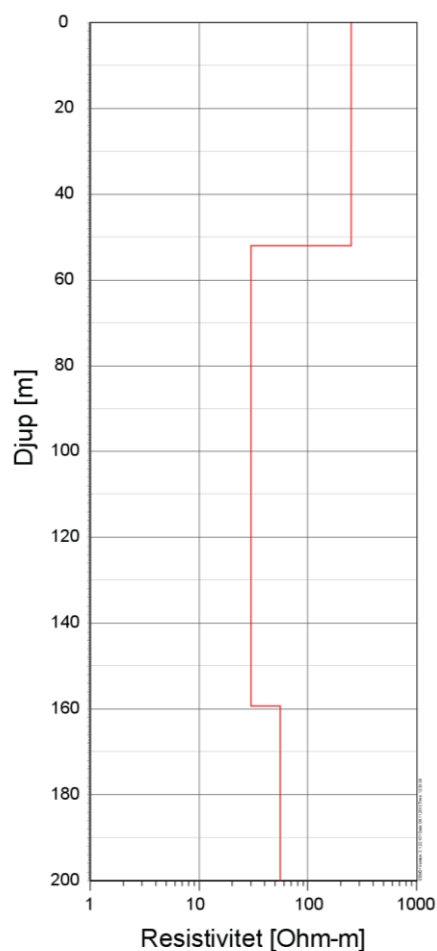
Att först relativt sena tider på första gaten i båda mätningarna, 25,2 μ s, kan användas gör att upplösningen i de översta metrarna är låg. Alla inversioner som är utförda på profilens sonderingar visar på relativt låg standardavvikelse. I tabellen nedan återfinns parametrarna för de använda modellerna för sondering 6 samt sondering 8, dessa modeller är båda bestående av 4 lager. De värden som presenteras i Tabell 2 presenteras grafiskt i Figur 22 och Figur 23.

Tabell 2 Modellvärden för sondering 6 samt 8, Profil A

| Profil A | Resistivitet (Ohm-m) | Tjocklek (m) | Djup (m) | Std Resistivitet | Std Tjocklek | Std Djup |
|--------------------|----------------------|--------------|----------|------------------|--------------|----------|
| Sondering 6 | | | | | | |
| Lager 1 | 228,9 | 43,5 | 43,5 | 1,20 | 1,06 | 1,06 |
| Lager 2 | 32,0 | 93,1 | 136,6 | 1,04 | 1,33 | 1,18 |
| Lager 3 | 79,9 | 132,9 | 269,5 | 2,32 | 2,15 | 1,29 |
| Lager 4 | 24,8 | | | 1,91 | | |
| Sondering 8 | | | | | | |
| Lager 1 | 248,9 | 52,1 | 52,1 | 1,08 | 1,03 | 1,03 |
| Lager 2 | 30,0 | 107,3 | 159,4 | 1,03 | 1,38 | 1,21 |
| Lager 3 | 95,9 | 135,6 | 295,0 | 2,00 | 1,75 | 1,15 |
| Lager 4 | 13,2 | | | 2,07 | | |



Figur 22 Modell för slutgiltig inversion, Profil A sondering 6



Figur 23 Modell för slutgiltig inversion, Profil A sondering 8

De båda sonderingarna visar på överensstämmande resultat och visar även på den förändring i konduktivitet över djupet som nämndes tidigare. Bestämningen av modellerna är relativt god men osäkerheten ökar med djupet, vilket kan ses i ökade standardavvikelser. Det största möjliga undersökningsdjupet som innehåller någon signifikant information om geologin varierar mellan 163 meter och 213 meter. Dock är modellerna mindre säkra på detta djup och kan eventuellt vara drivna av inversionen snarare än informationen i data. Information som finns ovanför djupet 133 och 165 meter är betydligt säkrare. Dessa djup är angivna i meter från befintlig markyta, se Figur 24 för undersökningsdjupets variation i de olika sonderingarna samt Figur 17 för markytans exakta höjder.

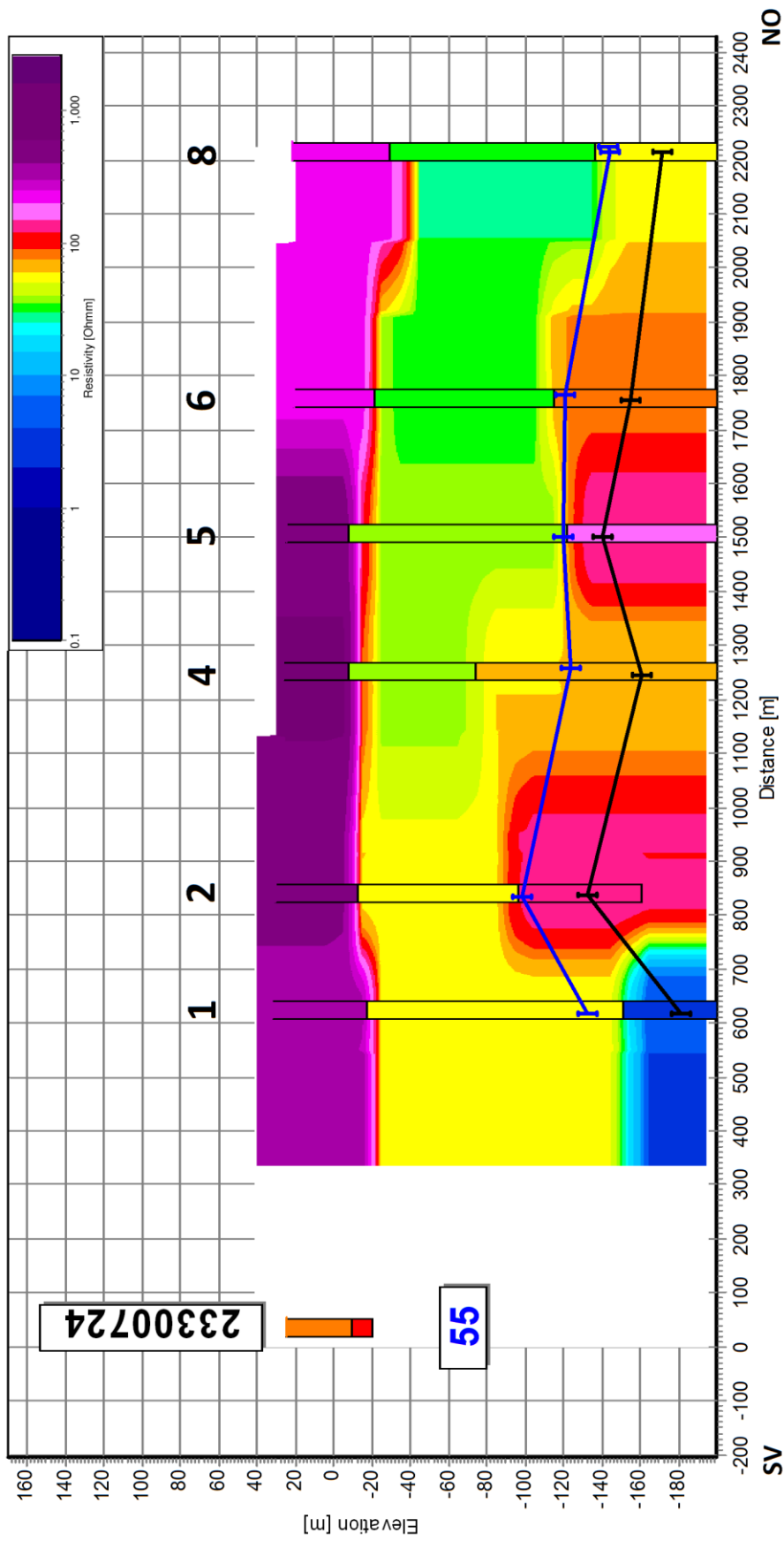
Den blå linjen i Figur 24 representerar övre gränsen för undersökningsdjupet medan den svarta representerar den nedre gränsen. Det har nämnts tidigare att de flesta sonderingarna utefter profilen är 4-lagers modeller, dock är det fjärde lagret ofta på ett så stort djup att det inte finns någon tillförlitlighet för det lagret. Därför visas endast tre lager i figuren. Resultatet visar att det finns två mer distinkta lager, ett med hög resistivitet, över 200 ohm-m, precis vid ytan samt ett med låg resistivitet, varierande mellan 30 och 60 Ohm-m, precis under. Dessa två lager är väl bestämda enligt det framräknade undersökningsdjupet. Under dessa två varierar resistiviteten från sydväst till nordost med två stycken formationer med resistivitet över 150 Ohm-m. I de båda ändarna på profilen kan det ses att resistiviteten sjunker. Det finns viss osäkerhet i profilen då sonderingen kring 1 000 meter samt även sonderingen vid 2 000 meter saknas. Osäkerheten kommer av att avstånden mellan de två närliggande sonderingarna är stort.

En brunnsborrning med Id 23300724 är utförd cirka 350 meter ifrån där sonderingen startade, denna visar på 2 lager med sand i de översta 36 metrarna samt underlagrande kalksten. Detta ger viss korrelation med mätresultaten där sanden kan förväntas ha en hög resistivitet.

Om jordlagret har en högre resistivitet än underliggande berggrund indikerar resultatet att berggrunden i medeltal ligger cirka 10 meter under havet. Detta stämmer relativt bra med den förväntning som fanns på berggrundens position. Berggrundens position styrks även av den närliggande borrhprofilen. Den höga resistiviteten i det översta lagret bör komma av de mäktiga lager av grova glaciala sediment som återfinns i området. På grund av detta går det att anta att issjösedimenten i området utgörs av grövre sandiga sediment. Den låga resistiviteten i det andra lagret kan indikera på en långt gången vittring i vissa områden av den förmodade berggrunden. Dock är det mer troligt att det sedimentära berget i området innehar en låg konsolideringsgrad, vilken troligen består av kalksten.

I nordöstra delen av profilen finns ett stort lågresistivt andra lager som är cirka 1 000 meter långt och 100 meter djupt. Resistiviteten i lagret varierar mellan 37 och 30 Ohm-m, dessa värden är låga i jämförelse med omgivningen och skulle kunna indikera ett vattenförande lager då det ligger i berggrunden. En annan möjlig orsak är att berggrunden kan vara söndervittrad och att responsen kommer från ler som uppkommit vid vittringsprocesserna.

Under detta lager med låg resistivitet återfinns en struktur med högre resistivitet, detta kan komma av en äldre och mer konsoliderad berggrund. Den extremt låga resistivitet som återfinns i det sydvästra hörnet av profilen bör beaktas med försiktighet. Denna struktur ligger på ett stort djup och modellen visar på en del obestämthet. Men låg konsolidering eller en större förkastningszon skulle kunna vara en förklaring till denna struktur. Sonderingar med större nedträngningsdjup skulle dock vara motiverat för att reda ut denna anomalis utbredning och kontrollera dess existens. Även en sondering mer åt sydväst är motiverad då sannolikheten för detta lagers riktighet ökar om det ses i två individuella sonderingar.



Figur 24 Resistivitetsmodell Profil A, se Figur 15 för förklaringar gällande figuren.

4.1.3 Profil B - Vomb

4.1.3.1 Allmän beskrivning

Profilen sträcker sig i en nord-sydlig riktning och är cirka 2 100 meter lång. Hela profilen är placerad i skogslandskap och sträckningen är gjord efter en mindre skogsbilväg. Inga synliga kopplingskällor kan återfinnas förutom de fåtal skyltar som finns i området. Terrängen är bitvis tät vilket innebär att det ibland finns svårt att få någon exakthet på geometrierna för sändaren.

4.1.3.2 Förväntningsmodell

Se Figur 25 för bild av förväntningsmodell.

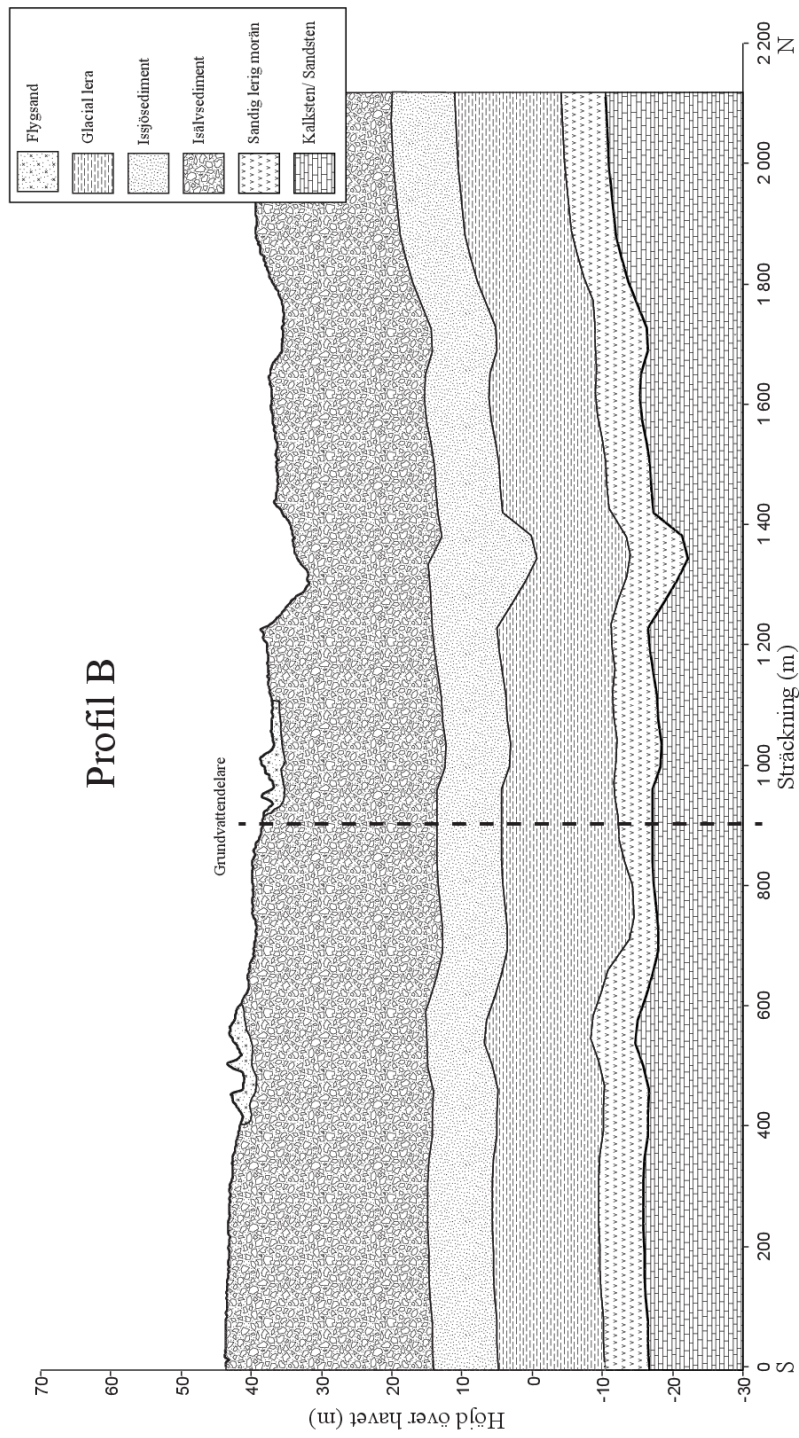
4.1.3.2.1 Geologi

Geologin i detta område påminner mycket om den i Profil A. Det är samma typ av berggrund, en kalk- eller sandsten från yngre krita som i sig inte bör vara speciellt vittrad med tanke på omgivande skyddande miljö. Det går ej att uttyda någon speciell lutning på berggrunden. Det antas ligga ett tunt lager morän ovanpå denna berggrund. Enligt Daniel (1992) så överlagras berggrunden lokalt i detta område av en relativt mäktig glacial lera. Men det anses tämligen osannolikt att en bottenmorän inte skulle existera. Den glaciala leran har tillkommit under lugna bassängförhållanden som möjliggjorts vid sandursedimentationen.

Hela Vombsänkan domineras av isälvssediment, vilket även gäller denna profil. Det är svårt att göra en riktig bedömning om både isälv- och issjösediment är närvarande då de består ungefär av samma material vilket gör att skillnaden också är liten. Det är dock sannolikt att den glaciala leran avsatts samtidigt som det uppstått issjöar i området, dessa har sedan överlagrats av grövre material som också skapats vid denna tidsperiod. Efter detta har det sedan tillkommit isälvssediment i området. På grund av denna osäkerhet går det bara att anta att ett mäktigt lager med grövre glaciala sediment bestående mestadels av sand och grus finns representerade. Överst ligger små partier med flygsand, dessa utgör endast någon meter i mäktighet och är väldigt lokala.

4.1.3.2.2 Hydrogeologi

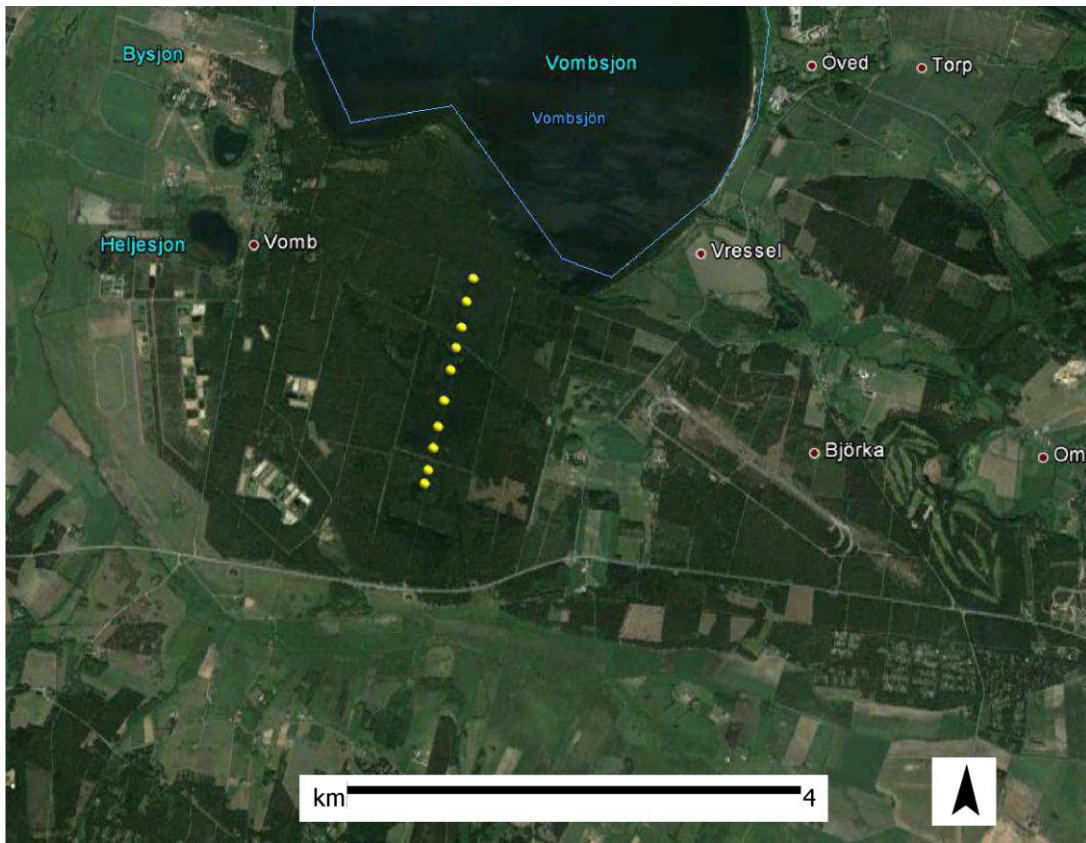
Hydrogeologiskt sett bör profilen passera över två stycken akviferer, en öppen porakvifer i isälvssediment med mycket goda uttagsmöjligheter på mer än 25 l/s. Detta i den södra änden då den passerar över en grundvattendelare i väst-östlig riktning. I den norra änden anges uttagsmöjligheterna fortfarande som väldigt goda men mellan 5-25 l/s. Det är svårt att uttala sig om hur vittrad och sprickrik berggrunden är men det antas att denna också utgör en delvis sluten akvifer, med tillrinning från de omgivande horstarna samt där berget är i kontakt med sediment skapade av inlandsisens rörelser. Detta antagande baseras på att i närliggande omgivning så har sprickakviferer varierande mellan utmärkta till mycket goda uttagsmöjligheter klassificerats. Dessa sprickakviferer bör med andra ord finnas närvarande i större delen av sänkan.



Figur 25 Förväntningsmodell Profil B

4.1.3.3 Mätresultat och analys

Profil B är belagd i ett område bestående av blandat tallhed samt granskog. Åldern på träden är omkring 40-50 år och på vissa ställen ser man tydliga markeringar av mindre avverkningar samt gallringar. Denna beskaffenhet underlättade etableringen av mätutrustning då de större träden inte utgör några direkta hinder och avsaknaden av tätare markvegetation var gynnsam. Sonderingarna utfördes längs med en mindre skogsbilväg, denna gjorde transport av utrustningen enklare. Då det i stort inte fanns några kopplingskällor i området kunde alla 10 sonderingar som utfördes utefter profilen användas. Dessa presenteras i Figur 26 nedan. Numreringen av sonderingarna är från norr till söder, det vill säga sondering 1 är överst i bilden.



Mätresultaten var av god *Figur 26 Sonderingspunkter Profil B (Kartmaterial: Google Maps)*

kvalité och visar

överensstämmelse mellan sonderingarna. Dock är vissa sonderingar mer obestämbara i den inverterade modellen. De inversioner som är framtagna för denna profil är antingen 2- eller 3-lagersmodeller med ett stort undersökningsdjup varierande mellan 175 och 189 meter under befintlig markyta. Detta djup är den övre gränsen för undersökningsdjupet, den nedre gränsen varierar mellan 210 och 222 meter under befintlig markyta.

I Figur 27 kan det inverterade resultatet ses, där är det främst två lager som är markanta, det högresistiva lager som utgör de översta 50 meterna samt det lågresistiva under. Lagret med hög resistivitet har i de flesta sonderingarna hög grad av osäkerhet i sin bestämning, därför är det svårt att säga vad den exakta resistiviteten är. Mellan dessa två lager kan ett tredje lager skymtas, detta har en något högre resistivitet än det under men skillnaden är bara något tiotal Ohm-m. Detta lager har även det varit relativt osäker i sin bestämning, med standardavvikelser på uppemot 5. Existensen av detta lager är dock säker då den i två av sonderingarna visat sig väldigt bestämd, då mer exakt sondering 1 samt sondering 4. Gemensamt för dessa två är att de har en lägre resistivitet än övriga, detta bör innebära att de närliggande sonderingarna troligen skall haft en något lägre resistivitet än den nu presenterade.

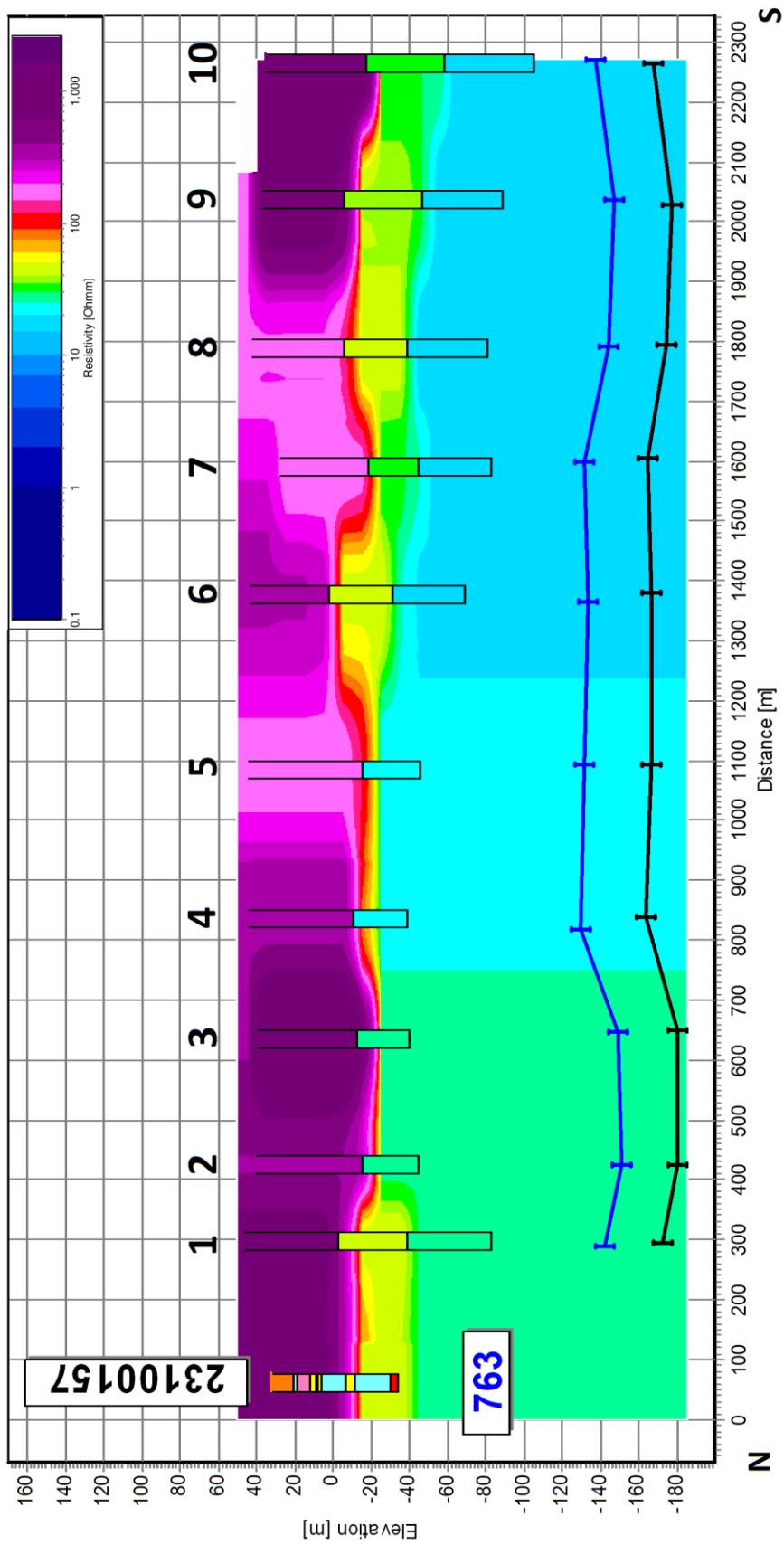
Det är ett förväntat relativt stort jorddjup i omgivningen vilket också delvis styrks av sonderingarna. Det övre högresistiva lagret bör representera större delen av jordlagren som finns. Det borde i denna större struktur finnas flera olika jordarter men skillnaden mellan dessa gällande resistivitet kan möjligen vara försumbar. Detta stöds även av den brunnsborrning, brunns ID: 23100157, som är utförd cirka 800 meter från sonderingslinjen, denna visar på ett flertal lager.

Den höga resistiviteten indikerar också att möjligheten för en god öppen akvifer finns där det bör vara en dominans av sand och grus.

Det mellersta lagret kan uppvisa en formation av ler eller siltrik morän. Troligen är det en vattenmättad morän som utgör gräns mellan den glaciala sand som finns i området samt den lågt konsoliderade berggrunden. Resistiviteten är inte tillräckligt låg i detta lager för att möjligen utgöra en lera.

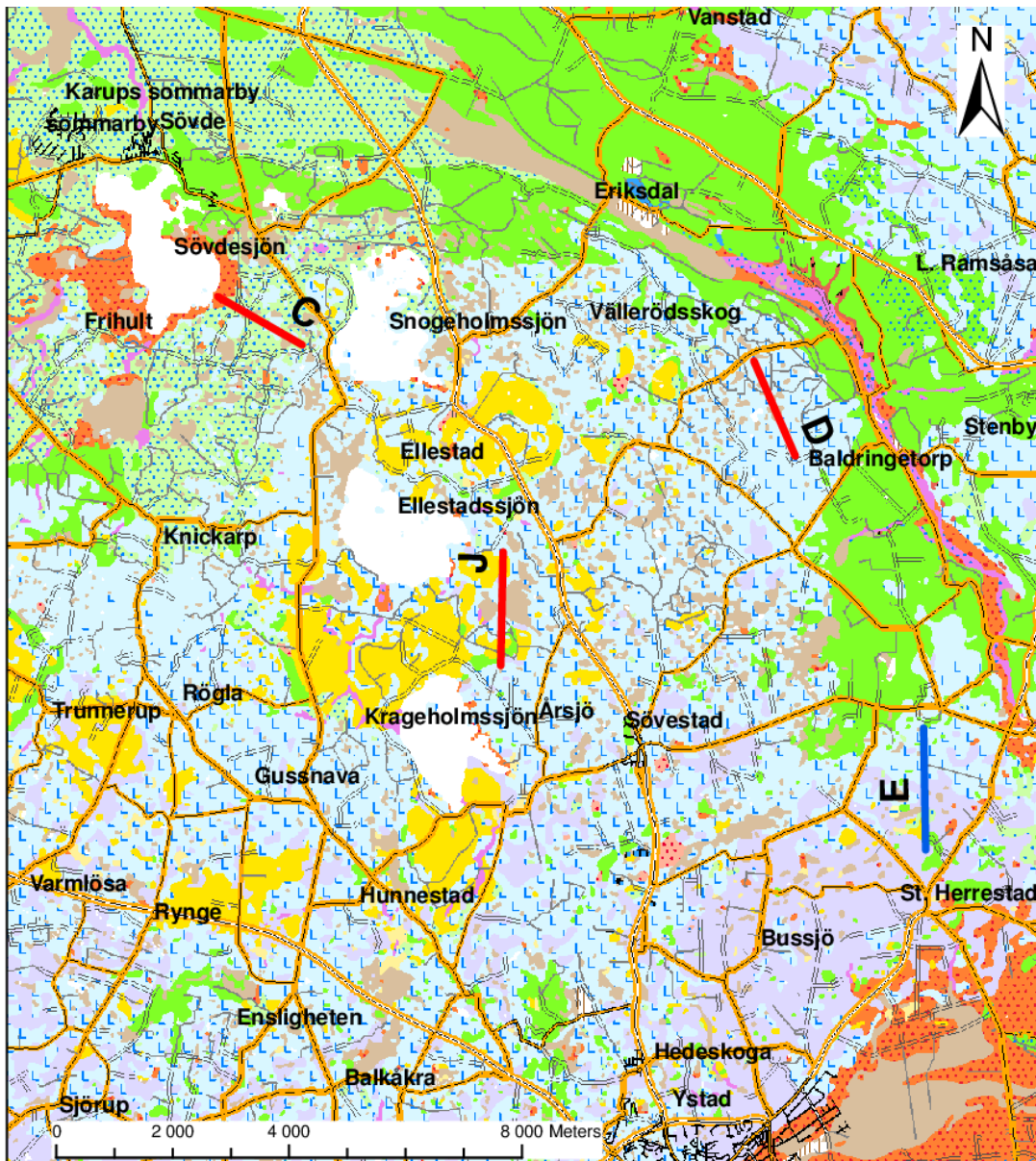
Den låga konsolideringsgraden i berggrunden misstänks då det tredje och sista lagret visar upp en väldigt låg resistivitet varierande mellan 15 och 29 Ohm-m på ett djup som motsvarar en förväntad berggrund. Den låga resistiviteten gör dock en bedömning svår då ett flertal sammansättningar är möjliga. Antingen så är berggrunden dominerad av en lervittring som ger de låga resistiviteterna, detta skulle då medföra att området inte utgör någon akvifer. En annan möjlighet är att berget består av en väldigt lågt konsoliderad kalksten med ett stort vatteninnehåll. Detta skulle då medföra en väldigt god akvifer. På grund av denna osäkerhet skulle en borrning behöva utföras i området för att utreda dess beskaffenhet.

Dock erhöles inga indikationer för den grundvattendelare som är antagen att korsa vinkelrätt cirka 900 meter in på profilen.



Figur 27 Resistivitetsmodell Profil B, se Figur 15 för förklaringar gällande figuren.

4.2 Ystadslätten



Figur 28 Regional översikt över undersökningsområde Ystadslätten innehållande Profil C, D, E samt Profil J. De rödmarkerade profilerna är omarbetade profiler från det ursprungliga förslaget. Profil J genomfördes aldrig i projektet. Kartunderlag är jordartskartan (SGU Ba 55, 2000) samt terrängkarta © Lantmäteriet [i2012/927]

4.2.1 Regional geologi

Området har överskridits av flera isströmmar under den senaste istiden. I samband med nedsyningsfaserna har moränlager avsatts. Då isälvarna har rört sig genom landskapet har sorterade sediment etablerats i landskapet. Dessa har sedan överlagrats av ny morän vid en senare framryckning av inlandsisen. De sediment som då har kapslats in i moränen utgör så kallade intermoräna sediment (Daniel, 1992). I området sydväst om Fyledalen skall det enligt tidigare brunnborrningar finnas intermoräna sediment bestående av grusig sand, dessa befinner sig i medeltal på cirka 10-20 meters djup och kan ha en mäktighet på 35 meter. Mäktigheten avtar från söder till norr (Daniel, 1992).

Denna lagerföljd representerar dock inte hela området, det vill säga att de intermoräna sedimenten saknas på sina håll. Områdets översta lager är dominerad av en lerig sandig morän men på många ställen finns inslag av glacial lera, då speciellt nära de tre större sjöarna (Snogeholmssjön, Ellestadssjön och Krageholmssjön).

Den leriga sandiga moränen utgör ett så kallat småkulligt moränlandskap. Detta har utbildats vid isavsmältningen från så kallade dödisar. Kullarna är återstoden från den morän som transporterades i inlandsisen och vid avsmältningen skedde topografisk inversion av materialet (Andréasson, 2006). Den glaciala leran har uppkommit under de perioder som funnits med dödis. Dess tillkomst kommer av den ytavsmältning som skedde ovanpå inlandsisen, isavsmältningen innebar att mindre partiklar, såsom ler och silt, kunde försättas i suspension och transporteras med smältvattnet ovanpå glaciären.

Denna transport fortsatte sedan till områden där finpartiklarna kunde sedimentera, detta både mellan kullarna i det nyformade landskapet men även i så kallade dödishål (Andréasson, 2006).

På grund av det småkulliga landskapet finns det en stor bildning av kärr, dessa bildas mellan kullarna på grund av den låga permeabiliteten i moränen. De moränryggar som finns i landskapet tyder också på en större utveckling av isrörelser. Det kan antas att under detta småkulliga moränlandskap även ligger en mer kompakterad morän som transporterats i botten av glaciären i jämförelse med den mer löst packade moränen vid ytan.

I nordvästra delen av slätten finns det stora avlagringar av glacial sand, denna överlagrar moränen. Dess tillkomst har mest troligen skett vid någon tidpunkt där en issjö uppstått. Enligt Daniel (1992) är mäktigheterna ringa, de överstiger sällan 5 meter. I detta område finns det även postglaciala sandiga sediment med relativt stor utbredning. Dessa borde utgöras av svallningsavlagringar.

Det finns stora mängder isälvsediment norr om slätten, dessa bildades under glacial tid och sträcker sig främst i Fyledalen som passerar genom landskapet. Det finns även några väl utvecklade rullstensåsar och källor precis norr om denna sänka. I Fyledalen har det en gång i tiden transporterats stora mängder material, vilket medfört att det finns en större mängd postglacial sand i dess sträckning. Med tiden har dock flödet minskat, varvid svämsediment har avsatts. Idag är denna tidigare flodfåra torrlagd och endast ett mindre antal vattenansamlingar återstår. Det är dock troligt att de får sin vattentillförsel via grundvattnet och ofta saknar utlopp. Följderna av detta blir en ökad organisk tillväxt och bildning av mossar. Det finns redan en väl utbildad mosse i landskapet.

Söderut, närmare kusten, går det att se en ökad svallning av sand och grus eftersom området ligger under Högsta Kustlinjen.

Mellan de två åsarna (Romeleåsen, Linderödsåsen) består berggrunden i området mestadels av kalksten från yngre krita. I södra delen och i anslutning mot Romeleåsen finns ett parti där finkornig gnejs är dominerande. Denna gnejs kan även antas finnas belägen under det sedimentära berget från yngre krita, dock är det svårt att uttala sig om djupet ner till detta. Området som skall undersökas utgörs av en sänka mellan de två horstarna, Då denna sänka legat under vatten har det inneburit goda förhållanden för sedimentation och diagenes.

4.2.2 Profil C - Sövdesjön

4.2.2.1 Allmän beskrivning

Profilens riktning är nordväst till sydost och längden cirka 1 700 meter. Profilen är placerad i ett friluftsområde, där terrängen är väldigt varierande. Det är både större öppna fält samt väldigt tät ungskog. De fält som finns i området är djurhågn och inhägnade med elstängsel. Detta försvårar undersökningarna i området och endast ett fåtal av sonderingarna kunde genomföras. De partier innehållandes ungskog i sydöstra delen har så pass dålig framkomlighet att det är svårt att genomföra mätningar under sommartid.

4.2.2.2 Förväntningsmodell

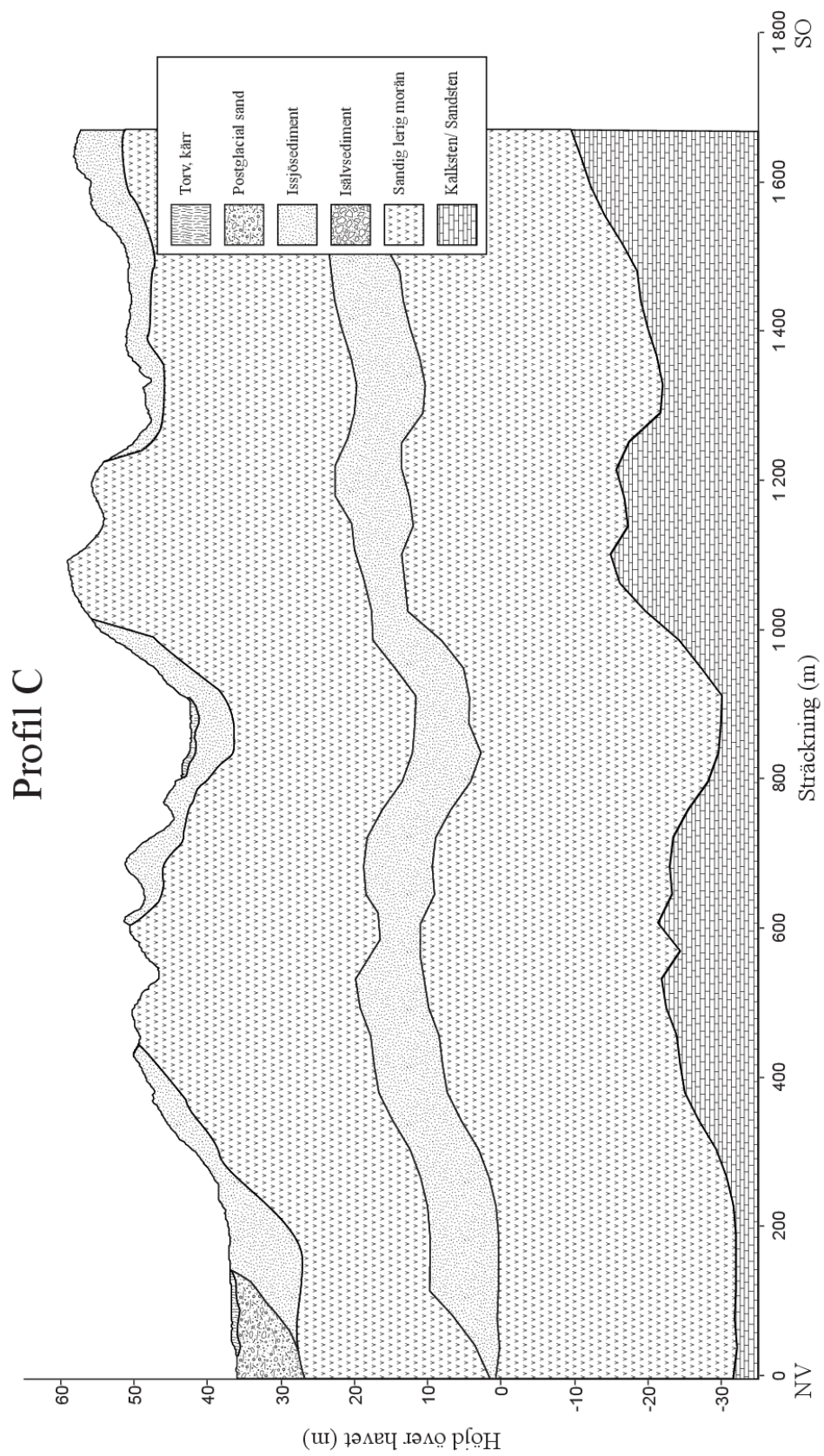
Se Figur 29 för bild av förväntningsmodell.

4.2.2.2.1 Geologi

Mäktigheten på jordlagren längs denna profil är väldigt stor, djup uppgående till 75 meter har observerats i närliggande borrhål. Den underliggande berggrunden är en kalk- eller sandsten från yngre krita. Det är morän som är den dominerande jordarten i området men dess struktur är väldigt komplicerad. Detta beror på att moränen utgörs av minst två mäktiga moränlager, ofta mellanlagrade av intermoräna sediment. Dessa är svåra att hitta och bestämma utifrån endast kartmaterial och ett antal borrhål. Det är sannolikt att intermoräna sediment finns och då mestadels består av välsorterad lera, silt eller sand. Enligt Daniel (1992) så har det gjorts en borring precis norr om profilen som visade på intermoräna sediment. Mäktigheten för dessa sediment ligger ofta på cirka 5-10 meter. Överst av jordlagerna återfinns det en glacial sand som överlagrar moränen. Dess mäktighet överstiger sällan 5 meter och mäktigheten är som störst i de små sänkorna som finns mellan moränkullarna. I vissa av dessa sänkor går det att se en tillväxt av kärr vilket bör komma av att regnvatten ansamlas och har svårt att infiltrera den lågpermeabla moränen. Längst till nordväst i profilen sker en torvtillväxt som troligen är en följd av att Sövdesjöns hydrologi förändrats med tiden.

4.2.2.2.2 Hydrogeologi

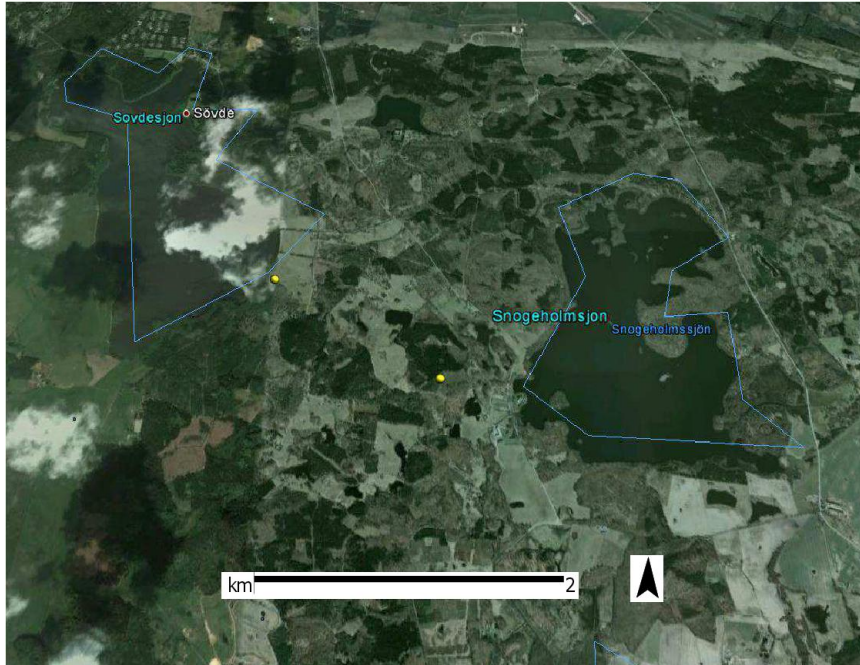
Detta område är på den hydrogeologiska kartan karterat innehållandes en utmärkt sluten porakvifer överlagrad av morän, uttagsmöjligheterna i akviferen anses större än 25 l/s. Tillrinningen till området kan antas komma främst från Romeleåsen som ligger i riktningen syd-sydväst från profilen. Precis norr om profilen finns det en öppen porakvifer, detta i en isälvsavlagring med rullstensåskarakttär. Denna öppna akvifer kan också tänkas bidra med tillrinning till de intermoräna lagren. Grundvattenytan kan antas ligga i de överlagrande sandlagren.



Figur 29 Förväntningsmodell Profil C

4.2.2.3 Mätresultat och analys

Det utfördes endast två stycken sonderingar i Profil C, dessa kan ses i Figur 30. Sonderingarna utfördes väldigt sent i projektet vilket medförde stora problem med vegetationen. Se Figur 31 till exempel, där sondering 2 genomfördes. Det finns även i området ett flertal djurhågn vilket hade medfört stora problem med kopplingar på sonderingarna. Dock finns möjligheten att komplettera med en eller två till sonderingar under höst/vinter då den täta vegetationen inte medför lika stora hinder för framkomlighet.



Figur 30 Utförda sonderingar längs med Profil C (Kartmaterial: Google Maps)



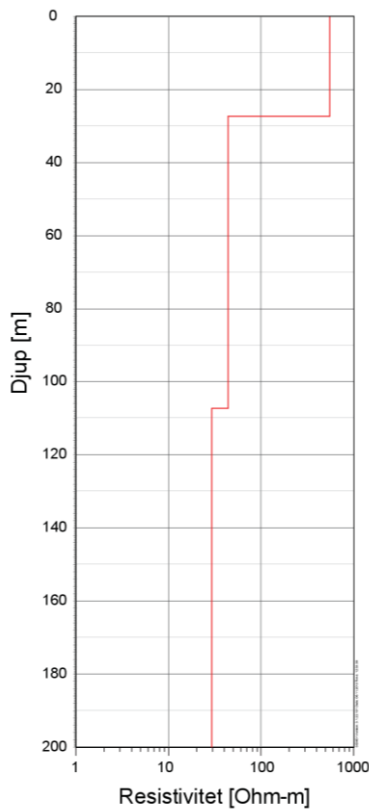
Figur 31 Mätning Profil C sondering 2 (Foto: Philip Nilsson)

De två sonderingar som genomfördes är belägna cirka 1500 meter ifrån varandra vilket omöjliggör en 2D-profil. Men resultatet uppvisar ändå en viss överensstämmelse med varandra. De visar på en 3-lagers modell med ett övre lager innehavande hög resistivitet följt av två lager med sjunkande resistivitet. I Tabell 3 nedan visas modelldata för de två inversionerna, där går det att se att graden av bestämdhet är väldigt hög i de undre lagerna. Det är enbart resistiviteten i det översta lagret som ej kan anses bestämt, detta bör dock komma av metodens tillkortakommande gällande höga resistiviteter.

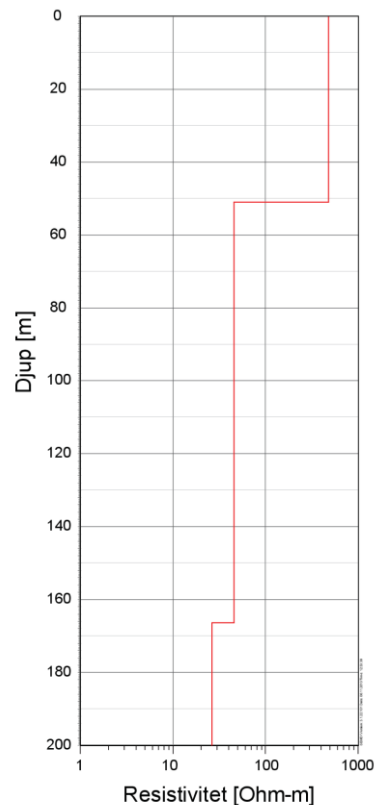
Tabell 3 Modellvärden Profil C

| Profil C | Resistivitet (Ohm-m) | Tjocklek (m) | Djup (m) | STD Resistivitet | STD Tjocklek | STD Djup |
|--------------------|----------------------|--------------|----------|------------------|--------------|----------|
| Sondering 1 | | | | | | |
| Lager 1 | 553,5 | 27,3 | 27,3 | 9,52 | 1,37 | 1,37 |
| Lager 2 | 43,9 | 80,0 | 107,3 | 1,06 | 1,13 | 1,12 |
| Lager 3 | 29,3 | | | 1,10 | | |
| Sondering 2 | | | | | | |
| Lager 1 | 480,2 | 51,1 | 51,1 | 1,19 | 1,03 | 1,03 |
| Lager 2 | 45,5 | 115,4 | 166,5 | 1,02 | 1,10 | 1,07 |
| Lager 3 | 26,4 | | | 1,12 | | |

I Figur 32 och Figur 33 kan resultatet av inversionerna ses. I dessa figurer går det att med lätthet se att det lager med högre resistivitet förskjuts mot djupet längre från Sövdesjön.



Figur 32 Modell för slutgiltig inversion, Profil C sondering 1



Figur 33 Modell för slutgiltig inversion, Profil C sondering 2

I den förväntningsmodell som finns och de brunnborrningar som är utförda i området bör det existera ett inbäddat lager av issjösediment på ett djup som varierar mellan 30 och 40 meter. Detta skulle kunna utgöra det andra lagret som visas i de båda sonderingarna. Dock visar sonderingarna på att djupet för detta lager är uppemot 100 meter därav finns möjligheter för att detta lager integrerar eventuella intermoräna sedimenten samt en relativt okonsoliderad berggrund. Om detta scenario är troligt ligger bergytan betydligt grundare än vad som förväntades innan sonderingarna, alternativt att mäktigheten för de intermoräna sedimenteten är större än väntat.

Det indikeras också av sonderingarna att berggrunden blir än mer okonsoliderad med djupet då resistiviteten sjunker. Undersökningsdjupet i dessa är som högst 147 meter från markytan innan data riskerar att bli osäker.

4.2.3 Profil D - Fyledalen

4.2.3.1 Allmän beskrivning

Profilen går i riktningen nordväst till sydost och är cirka 1 700 meter lång. Ungefär 1 200 meter in på profilen öppnar sig ett vidsträckt åkerlandskap. Resterande del är placerad inom naturreservatet Fyledalen som domineras av en relativt tät skog som i vissa fall försvårar framkomligheten. Det finns ett antal sankmarker i området som gör vissa sonderingar omöjliga, dessa skulle dock gå att utföra vid tjäle i marken då terrängen i övrigt är relativt öppen.

4.2.3.2 Förväntningsmodell

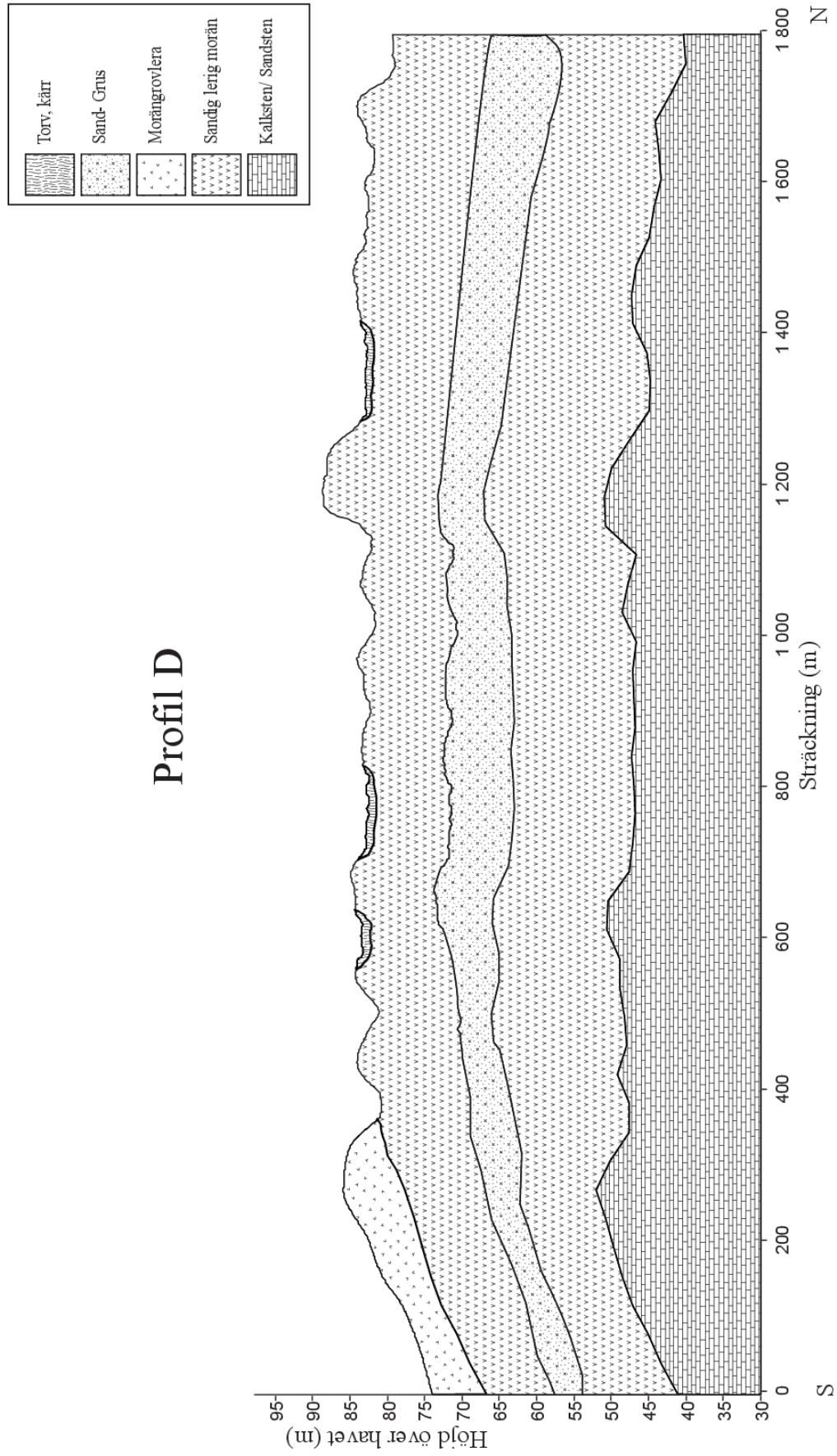
För bild av förväntningsmodell se Figur 34

4.2.3.2.1 Geologi

Området domineras helt av den sandiga leriga moränen som återfinns över hela Ystadslätten. Det finns inslag av morängrovler i den södra delen av profilen. Mäktigheten för denna bör dock vara ringa då dess utbredning är liten. Jorddjupet är enligt brunnar i närheten relativt konstant med ett djup av 45 meter. Det finns ett antal kärr i området, vilka är naturliga element i områden med småkulligt moränlandskap. De kärr som existerar har utbildats i de sänkor som finns i området. Det finns en stor sannolikhet att intermoräna sediment är närvarande. Dessa bör då bestå av sand eller grus (Daniel, 1992). Berggrunden består av kalk- eller sandsten från yngre krita.

4.2.3.2.2 Hydrogeologi

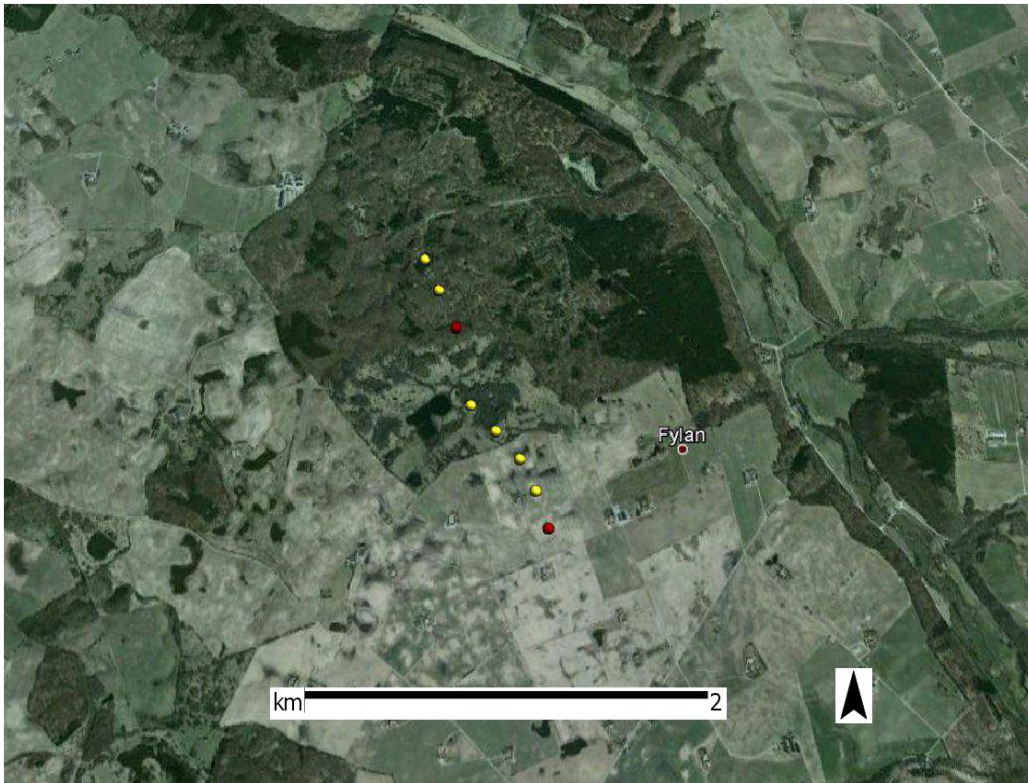
Närområdet har ett flertal kärr och små vattenförande bäckar som troligtvis ansluter till den mindre sjön i väster. På grund av detta är det troligt att grundvattennivån ligger relativt ytligt och bidrar till dessa kärrs fortbildning, detta då de dominerande moränerna bör ha en låg permeabilitet. I området finns en sluten akvifer bestående av sand eller grus med ovanligt goda uttagsmöjligheter. De möjliga uttagen bedöms vara större än 125 l/s.



Figur 34 Förväntningsmodell Profil D

4.2.3.3 Mätresultat och analys

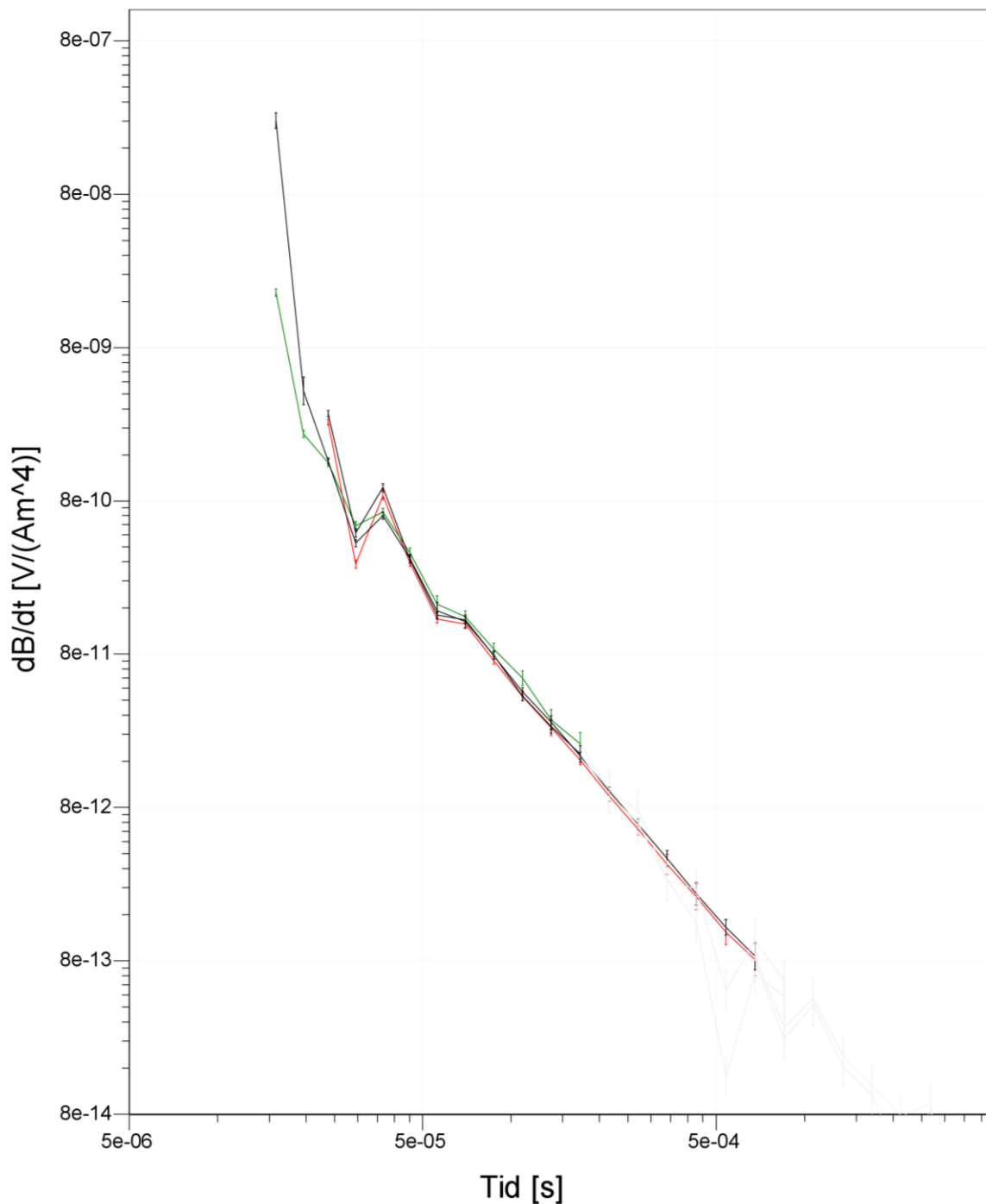
Då rekognosceringen av profilen genomfördes var marken frusen och framkomligheten allmänt god, detta var dock inte fallet då sonderingarna genomfördes. Då marken hade tinat och växtligheten tagit fart minskade möjligheterna för sonderingar av vissa partier i profilen. Det genomfördes 8 sonderingar totalt varav 6 ansågs användbara, se Figur 35.



Figur 35 Sondringar utförda längs med Profil D, röda markeringar indikerar ej användbara resultat. (Kartmaterial: Google Maps)

Numreringen för sonderingar i figuren sker från norr till söder, de två första sonderingarna genomfördes i tätbevuxen skog med vissa partier bestående av sankare mark. Sondring 3 utfördes cirka 100 meter från ett elektrifierat fårstängsel, detta kopplades ur genom brytning av slingan vid genomförandet men resultatet visade sig innehålla störningar i form av kapacitiva kopplingar, se Figur 36.

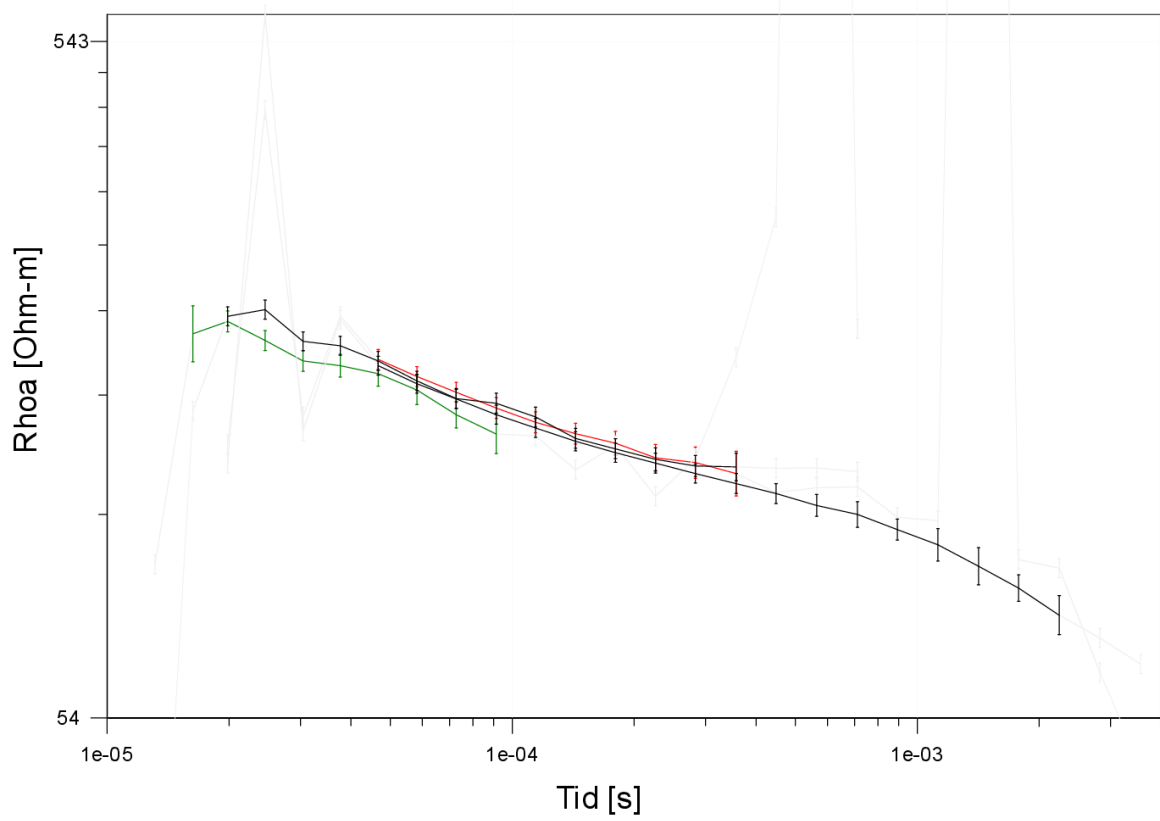
En trolig orsak till dessa kopplingar kan vara en kombination av relativt höga resistiviteter i de övre 40 metrarna och elstängslets närhet till sonderingen.



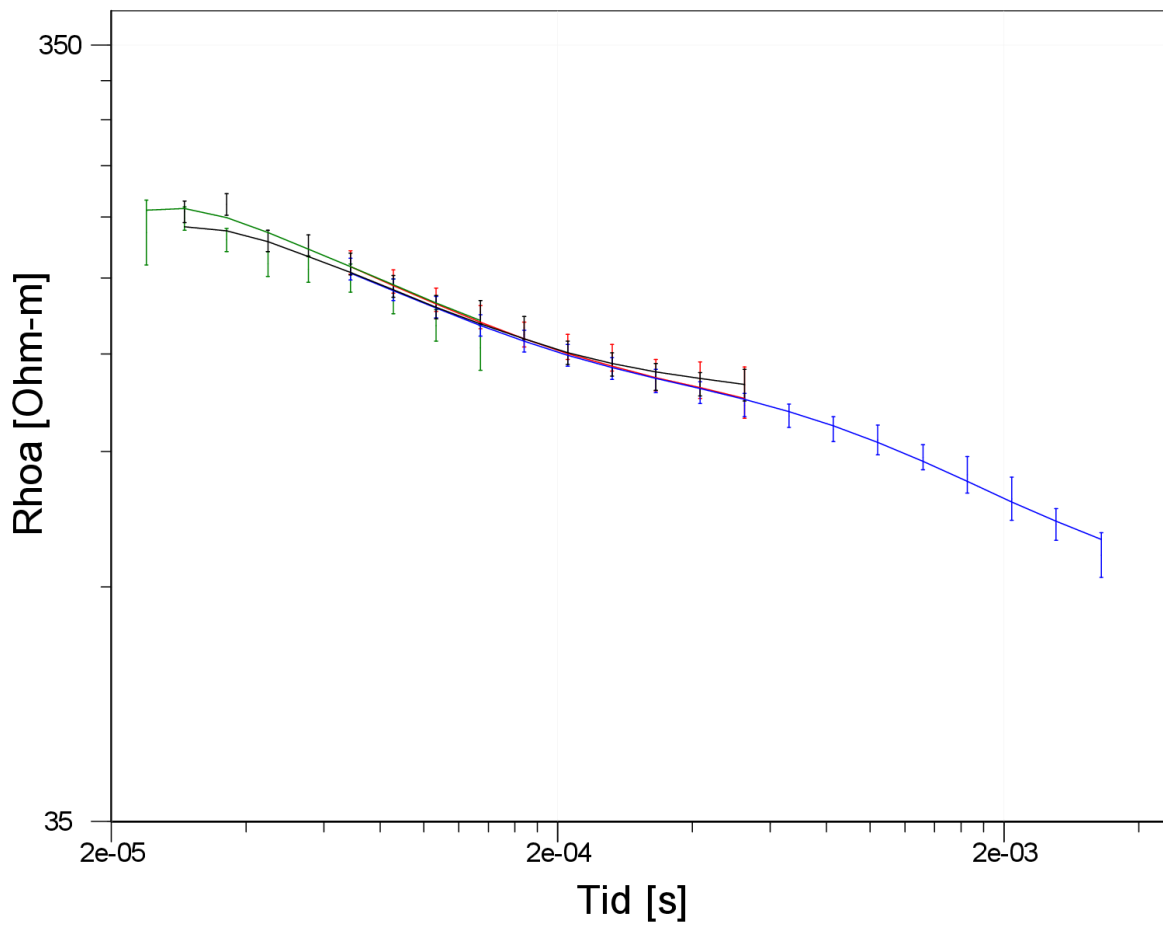
Figur 36 Normaliserad dB/dt för Profil D sondering 3 visandes de kapacitiva kopplingarna som mest troligt uppkommit från det närliggande elstängslet.

Sondering 8 var ej heller användbar, mätdata visade på stor oregelbundenhet och värdena för sändarmomenten visade sig defekta. På grund av detta används ej resultatet. Orsaken till denna defekt är dock oklar.

I övrigt var resultaten goda, en del av sonderingarna visade på ökad felmarginal i stackningarna i den skenbara resistiviteten. Se Figur 37 där det syns via storleken på de vertikala staplarna, där en mindre stapel innebär säkrare data. Trots detta så erhöles en god modell Anpassning med små standardavvikelser, se Figur 38.



Figur 37 Skenbar resistivitet Profil D sondering 2



Figur 38 Modellpassning för Profil D sondering 2

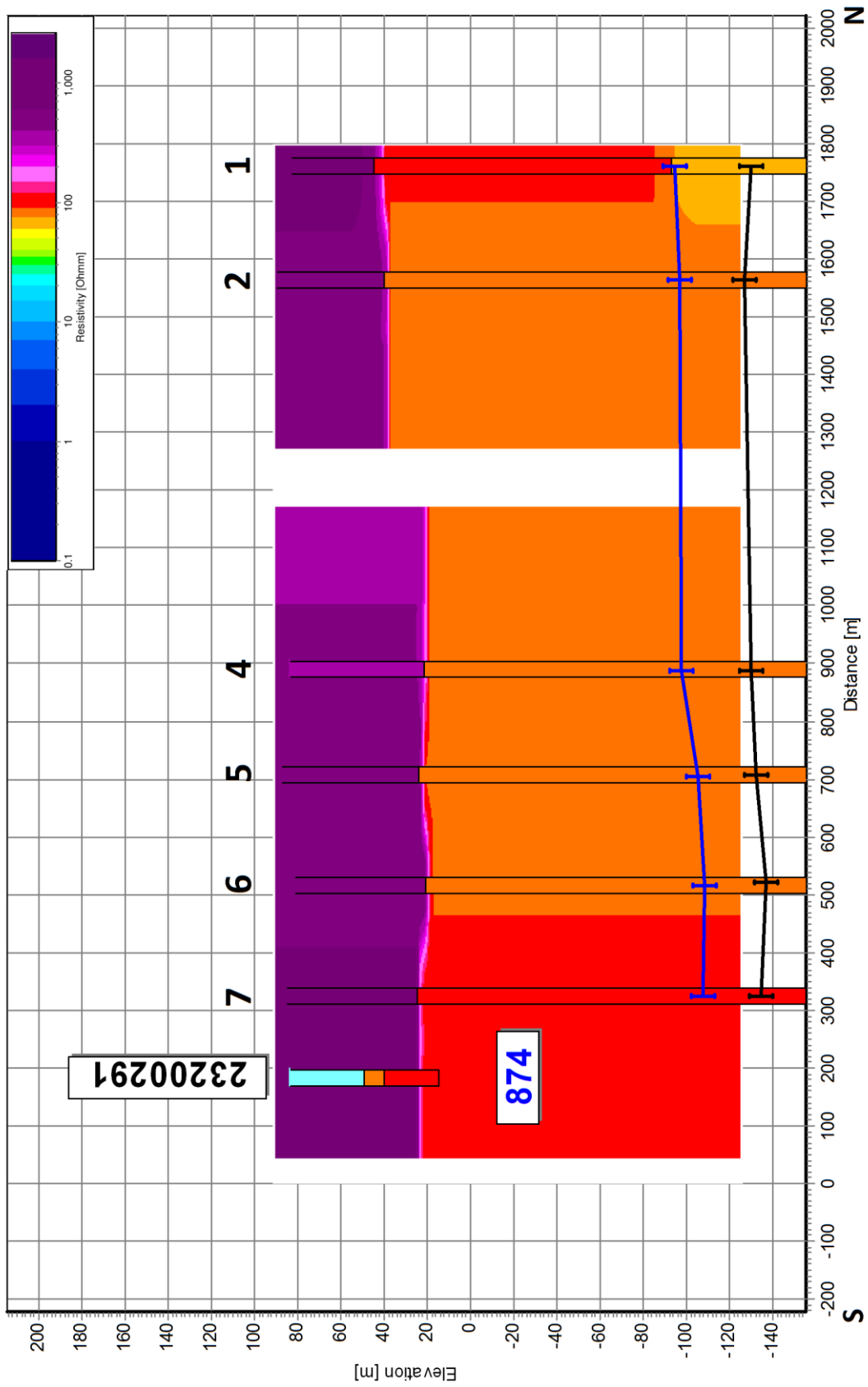
Det sammanvägda resultatet som erhöles kan ses i Figur 39 och visar på en avtagande resistivitet mot djupet. De överst 60 metrarna har enligt sonderingarna en väldigt hög resistivitet, det är dock osäkert hur hög denna är då metoden har svårt att avgöra skillnader i resistivitet över cirka 150 Ohm-m. Det andra lagret visar på en jämn resistivitet mot djupet och är även det väldigt konstant i horisontalld. Resistiviteten varierar endast mellan cirka 90 och 100 Ohm-m.

Alla inversioner som utfördes längs med Profil D är 3-lagers modeller, dock så är det tredje lagret på alla förutom den nordligaste sonderingen på ett sådant djup att lagret endast skapats för att passa in sena gates. Detta tredje lager kan därför bedömmas att inte innehålla någon eller endast liten korrelation med den egentliga geologin.

Resultatet i denna profil är svårt att bedöma, förväntningen var att det skulle finnas en större mängd sandig-lerig morän i marken samt ett möjligt intermoränt lager bestående av sand eller grus. Det är sannolikt att de material som utgör jordlagrena är relativt homogena sett fysikaliskt, detta skulle därför kunna förklara varför det inte är möjligt att urskilja några förändringar i de översta 60 metrarna.

Det översta lagret är som sagt i medel cirka 60 meter tjockt, därför är det svårt att uttala sig om berggrundsyntans placering. De brunnborrningar som finns indikerar ett mindre jorddjup, dessa är dock på ett relativt stort avstånd från profilen vilket gör deras betydelse mindre. Därför kan det vara troligt att lagergränsen mellan lager 1 och 2 utgör gränsen mellan jord och bergyta, dock skall detta ses som osäkert och kontrollborrningar bör utföras för att erhålla säkerhet. Den låga resistivitet som tidigare märkts, för berggrunden, i de sonderingar som utförts i inlandet visar sig inte i denna profil. Detta skulle kunna innebära att den utgörs av annat material, har en högre konsolideringsgrad eller är mindre vittrad.

Det finns en brunnborrning presenterad i Figur 39, denna ligger ungefär 900 meter väster om profilen. Den visar på att morän överlagrar sand som i sin tur ansluter mot berg i detta fall bestående av mörkelsten. I förlängningen skulle det kunna vara en förklaring till berggrundens relativt jämnhöga resistivitet i jämförelse med andra profiler i närheten. Detta med hänsyn till att den eventuellt också har legat mer skyddad från erosion.



Figur 39 Resistivetsmodell Profil D, avsaknaden av sonderingar mellan 1 000 och 1 400 meter skapar det hålrum som ses. Se Figur 15 för förklaringar gällande figuren.

4.2.4 Profil E - Högestad

4.2.4.1 Allmän beskrivning

Profilen är placerad över ett flertal åkrar och sträcker sig i en nord-sydlig riktning. Det finns en del kullar i omgivningen som skapar en mer omväxlande vy. Ungefär vid mitten av profilen finns ett djurhågn med tillhörande taggtråd. I den södra änden finns det två stycken 101 meter höga vindkraftverk som kan störa mätningarna. Profilens sträckning är ungefär 2 000 meter.

4.2.4.2 Förväntningsmodell

För bild av förväntningsmodell se Figur 40.

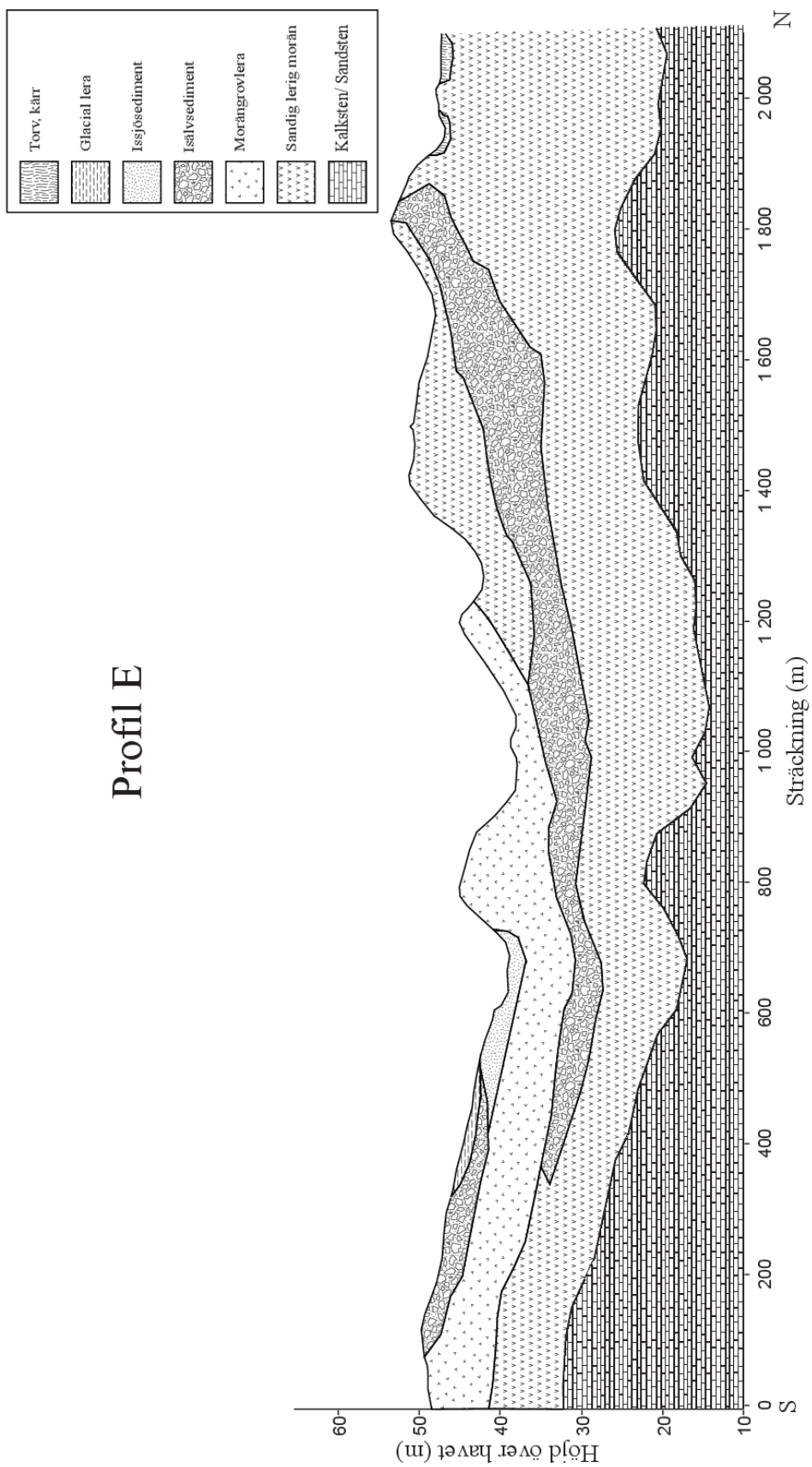
4.2.4.2.1 Geologi

Landskapet är relativt kuperat och uppvisar ett antal mindre kullar bestående av morän. Dessa kullar kan tänkas ha uppkommit på grund av den dödis som efterlämnats vid inlandsisens avsmältning. I området är det mycket troligt att det finns en bottenmorän av varierande mäktighet bestående av sandig-lerig morän. Det finns en viss uppblandning med morängrovleran i de södra partierna. Enligt hydrogeologiska kartan bör det finnas intermoräna sediment bestående av sand eller grus. Det finns även ytliga glaciala sediment i området som överlagrar morängrovleran, dessa bör inte ha någon större mäktighet. I vissa av sänkorna återfinns det kärr eller mossar.

4.2.4.2.2 Hydrogeologi

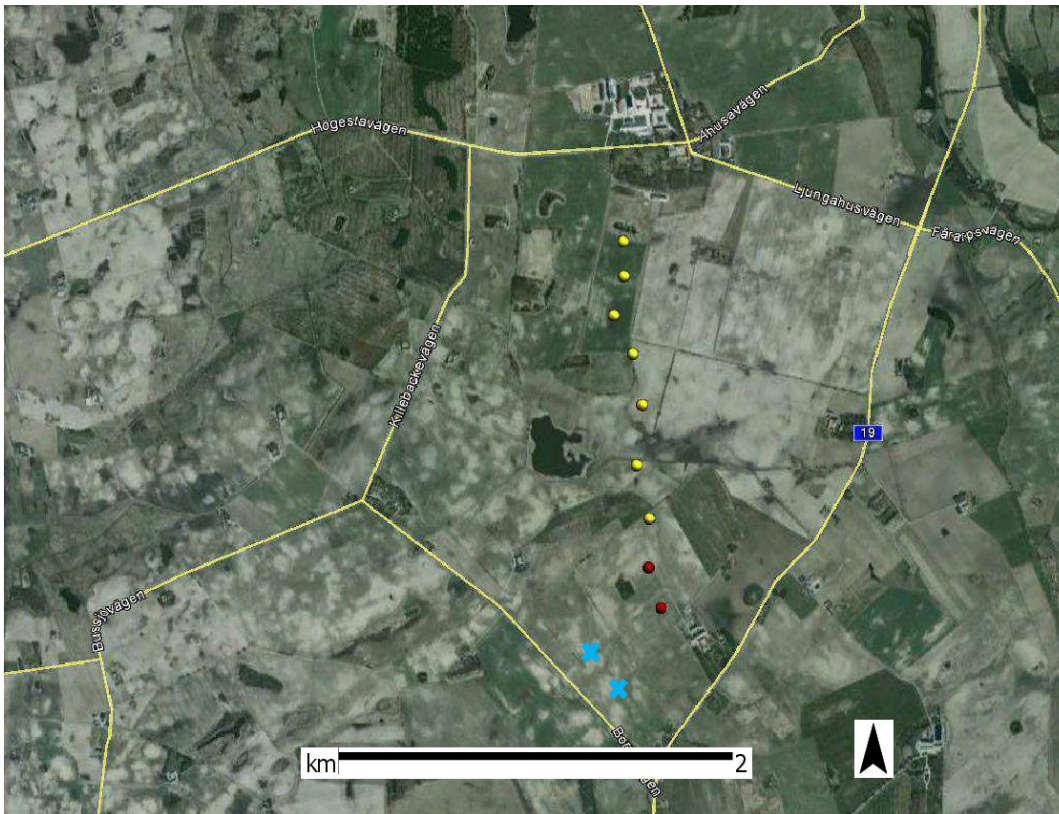
Profilen är utlagd över en ovanligt god sluten porakvifer. Uttagsmöjligheterna i denna bedöms vara större än 125 l/s. Precis norr om profilen återfinns en större isälvsavlagring som utgör en öppen akvifer med uttagsmöjligheter på cirka 5-25 l/s. Grundvattenytan i området bör ligga relativt ytligt i de sänkor som finns, speciellt då vid passeringen 1 000 meter. Förekomsten av kärr i norra änden av profilen bör också vittna om en ytlig grundvattennivå.

Profil E



Figur 40 Förväntningsmodell Profil E

4.2.4.3 Mätresultat och analys



Figur 41 Sonderingar utförda längs med Profil E, röda markeringar indikerar ej användbara resultat. Blå kryss markerar positioner för vindkraftverk. (Kartmaterial: Google Maps)



Figur 42 Närhet till vindkraftverk
Profil E sondering 8 (Foto: Philip Nilsson)

Figur 41 ovan visar de 9 genomförda sonderingar som utfördes under två dagar längs med denna profil, två av dem visade på risk för galvanisk koppling och sorterades därför bort. Detta misstänktes på plats då närheten till vindkraftverken var överhängande, se Figur 42. Sondering nummer 1 är placerad längst i norr.

Det upptäcktes även att den större mottagaren, RC-200, hade erhållit en skada på sin dragavlastning vid kontakten som ansluts till mätinstrumentet. Detta kan ha orsakat de märkliga mätresultat som den större mottagaren uppvisade.

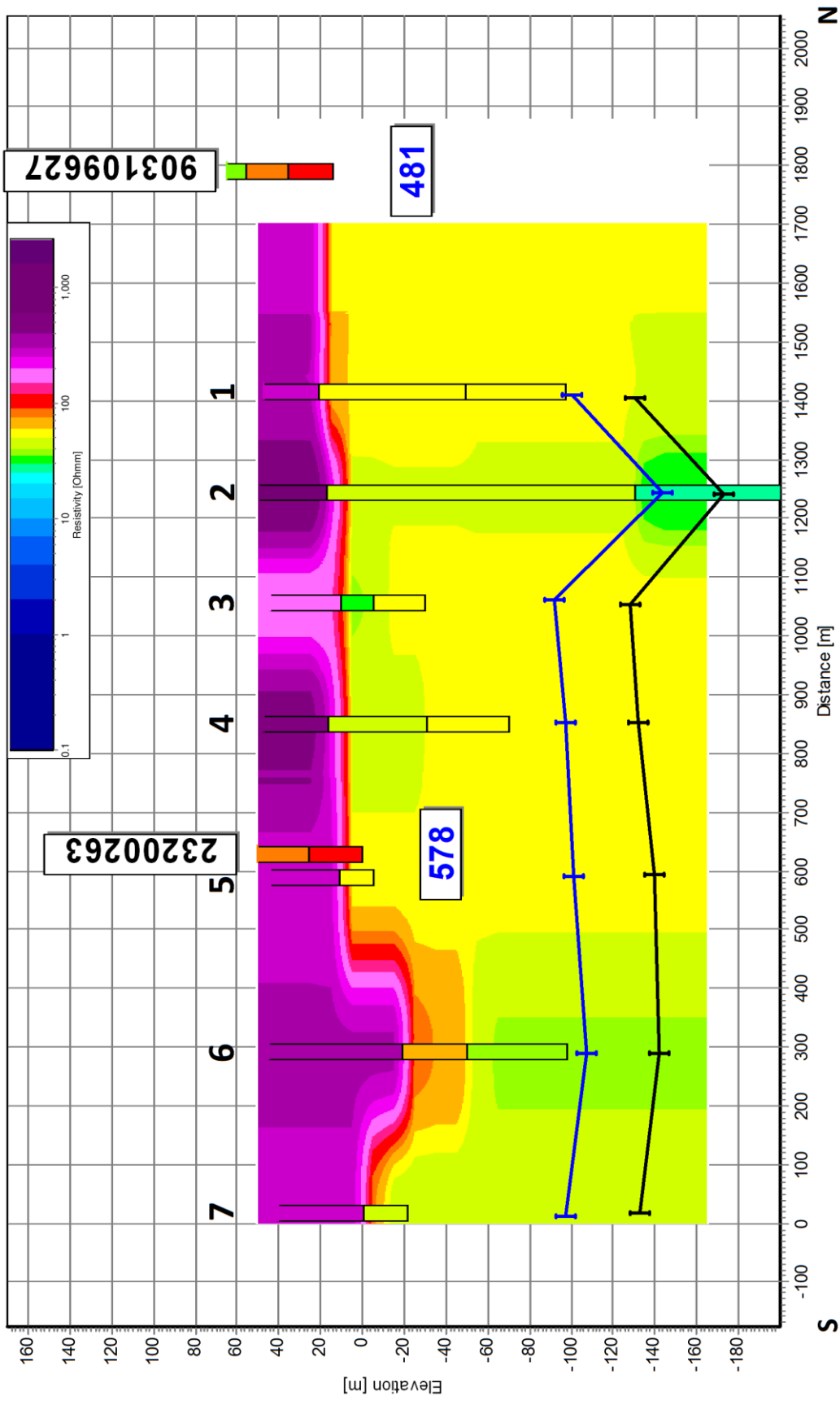
På grund av defekten kan inte informationen från den större mottagaren användas, förutom vid sondering 6 där resultat ansågs normala. Enda påverkan det får är att undersökningsdjupet inte blir lika stort och obestämtheten i resistiviteten ökar något.

I resultatet går det att se att strukturen i marken förändras väldigt mycket över profilen. Det enda som är genomgående är den höga resistivitet som återfinns i det övre lagret. Tjockleken för detta lager varierar dock kraftigt och vid 300 meters markeringen uppgår djupet till cirka 70 meter. Resistiviteten i det övre lagret varierar längs med profilen i ett intervall mellan ungefär 150 och 600 Ohm-m. Det högre värdet omkring 600 Ohm-m är dock osäkert med en hög standardavvikelse.

Det andra lagret visar inte på någon sammanhängande struktur. Resistivitetera varierar mellan 75 Ohm-m som högsta och 29 Ohm-m som lägsta. Det kan ses en intressant anomali i profilen vid 1200 meter. Där finns det en eventuell svaghetszon i det sedimentära berget. Det hade dock varit behövligt att erhålla ett större penetrationsdjup på de intilliggande sonderingarna för att kunna säga något säkert.

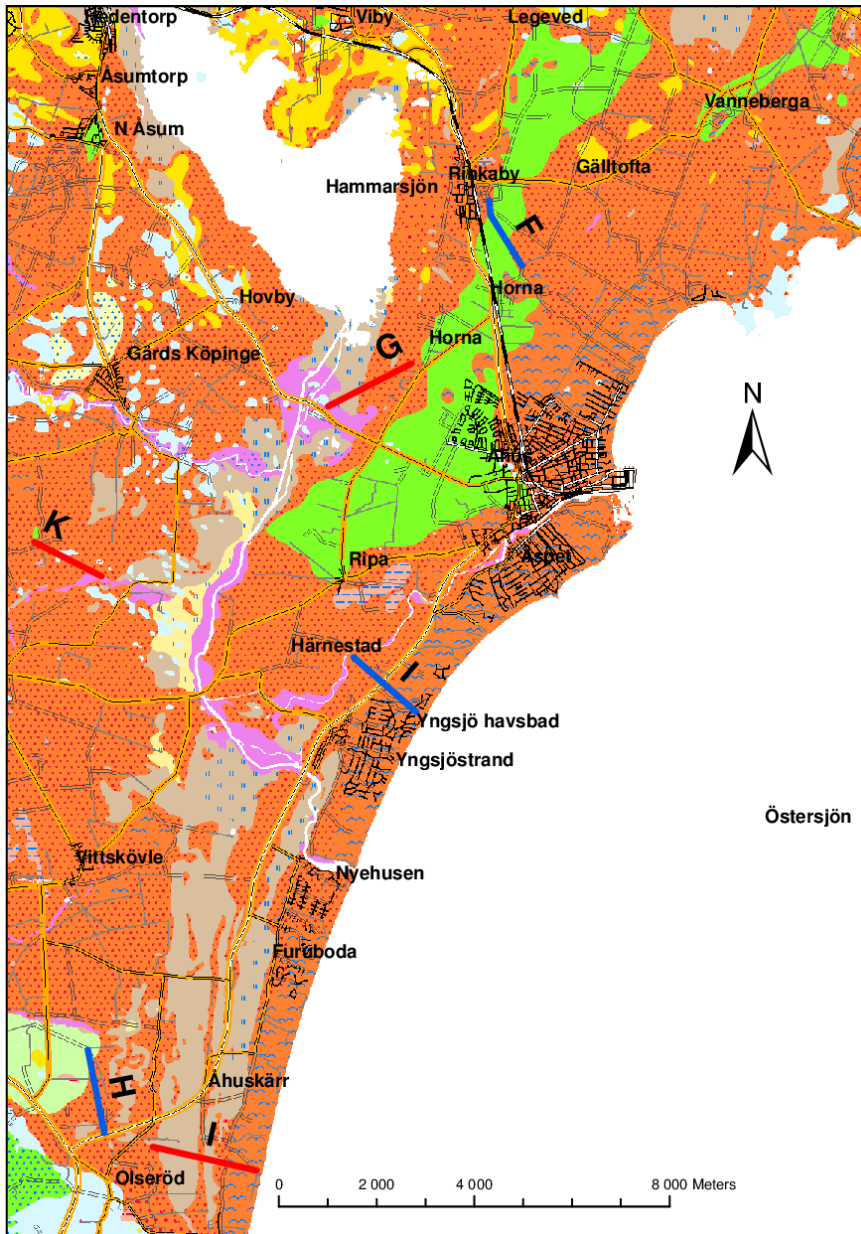
Berggrunden i området är förmodligen relativt okonsoliderad eller vittrad då det är mycket troligt att det är berggrunden som ger utslag för en lägre resistivitet omkring 50 Ohm-m. Området hade en förväntning på sig att innehålla större mängder sand och sandig morän. Detta verkar ha infriats och kan vara en förklaring till de höga resistiviteterna i ytan. Troligtvis är det funnet en fördjupning i berggrunden vid cirka 300 meter, en fördjupning som skulle kunna innehålla morän eller sand vilket kan förklara den högre resistiviteten.

Det finns två brunnborrningar av intresse utförda i området, dessa ligger cirka 500 meter från profilen och kan ses i figuren. Dessa visar på att sand dominerar som jordart samt följs av mörksten. Denna mörksten kan delvis vara en förklaring till den låga resistiviteten.



Figur 43 Resistivetsmodell Profil E, se Figur 15 för förklaringar gällande figuren.

4.3 Kristianstadsslätten



Figur 44 Regional översikt över undersökningsområde Kristianstadsslätten innehållande Profil F, G, H, I samt Profil K. De rödmarkerade linjerna är omarbetade profildragningar från det ursprungliga förslaget, se Profil I som exempel. Profil K genomfördes aldrig i projektet. Kartunderlag är jordartskartan (SGU Ba 55, 2000) samt terrängkarta © Lantmäteriet [i2012/927].

4.3.1 Regional geologi

Ett väldigt slätt landskap breder ut sig över Kristianstadsslätten, detta beror främst på kritberggrundens flacka yta. I princip hela det berörda området har varit utsatt för svallning och är nu täckt av ett lager med postglacial sand. Jordmäktigheterna i det regionala området varierar mellan någon enstaka meter till cirka 60 meter och strukturerna är relativt enkla med ofta tre eller maximalt fyra lagerföljder. Djupet ned till berg har enligt brunnborringar en tendens att bli större närmare kustlinjen. Det är rimligt att anta att en sandig morän ligger an mot kalk- eller sandstenen från yngre krita, som utgör berggrunden. Dock verkar fallet vara annorlunda närmast kusten där den sandiga moränen saknas enligt sonderingar utmärkta på hydrogeologiska kartan.

Förväntningen att moränen är sandig beror på att omgivande och uppstickande morän har en sandig sammansättning. Den sandiga sammansättningen bör bero på en stor del sand avsatts från kritberggrunden. Att små höjder med sandig morän sticker upp ur den i övrigt dominerande postglaciala sanden indikerar att sanden överlagrar moränen.

Då stora delar av området har legat under vatten periodvis vid inlandsisens avsmältning är det stor risk att det finns leriga sediment mellan sanden och moränen. Detta understryks av de borrhningar som är markerade på hydrogeologiska kartan, där man på ett flertal ställen ser att det existerar ett mellanlagrade sediment ofta bestående av leror. Den morän som eventuellt överlagrat berggrunden närmast kusten har vid något tillfälle eroderats bort.

I området finns det utspritt ett antal stråk med isälvsediment, dessa har huvudsakligen en nord-sydlig utsträckning och innehåller inte några åsar eller andra iskontaktbildningar. Dessa sediment kan ha varit större till sin utbredning men är på grund av svallning idag inte dominerande i landskapet.

De vattendrag som finns har meandrat och avsatt svämsediment längs med sina lopp. På vissa partier har dessa överlagrats av organiska jordarter såsom gyttja och torv. Det finns även större partier som är täckta av kärr men som inte ligger i direkt anslutning till något vattendrag. Dessa ligger dock i lågpunkter dit antingen grundvatten kan röra sig, genom den högpermeabla postglaciala sanden, eller regnvatten ansamlas. Detta ger goda förutsättningar för kärrtillväxt och torvbildning.

4.3.2 Profil F - Rinkaby

4.3.2.1 Allmän beskrivning

Profilen är riktad i en nord-sydlig riktning och placerad inom ett militärt övningsområde. Längden för profilen är cirka 1 500 meter och i dess norra ände ansluter den mot militärförläggningen som ej ger möjlighet att genomföra sonderingar i dess närhet. Resterande del av profilen sträcker sig över ett öppet fält som vanligtvis används för kreatur, vilket innebär att fältet är inhägnat. Fältets storlek möjliggör dock mätningar utan störningar.

4.3.2.2 Förväntningsmodell

För bild av förväntningsmodell se Figur 45.

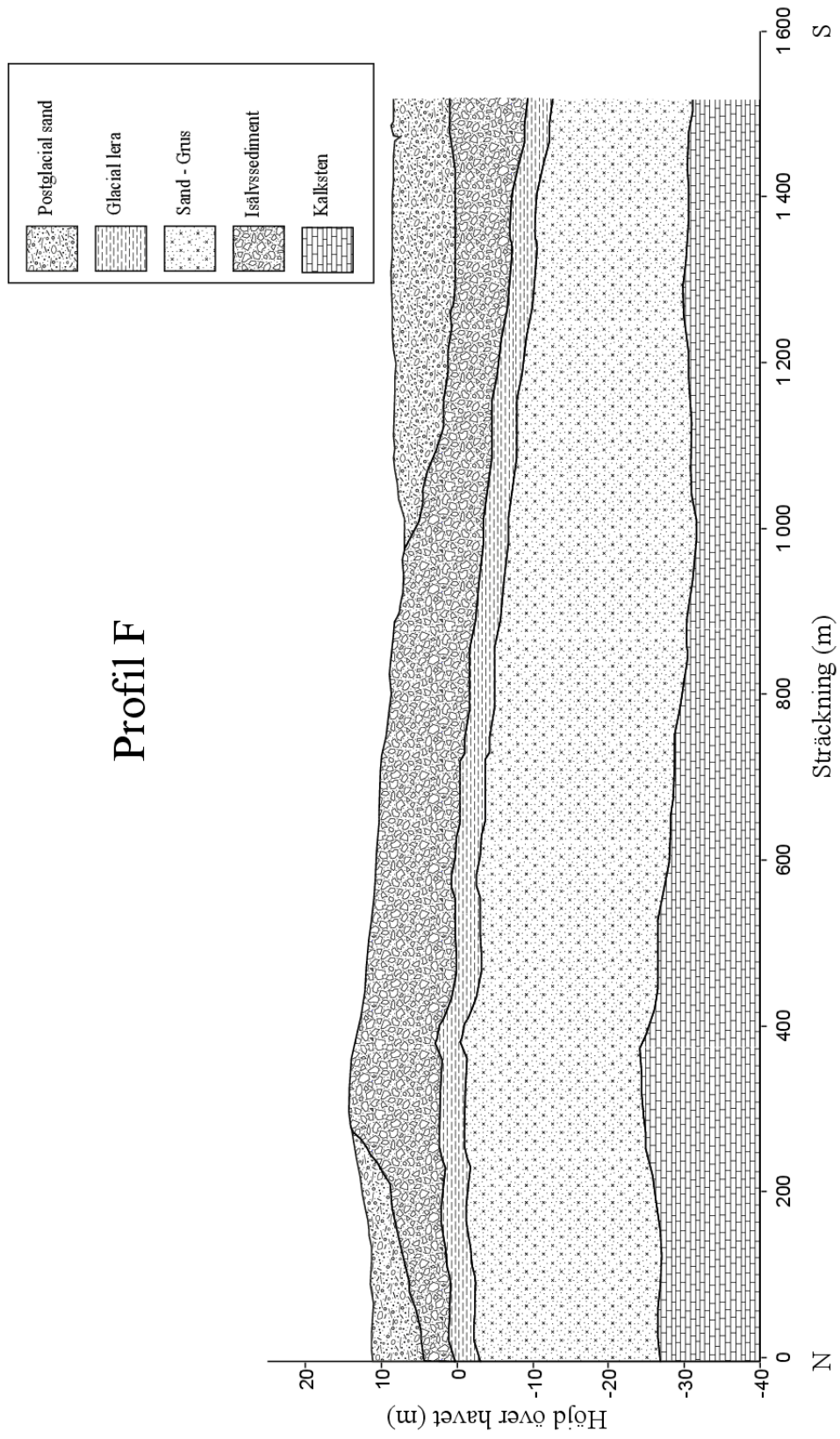
4.3.2.2.1 Geologi

Rinkabyslätten är ett väldigt flackt område med få höjdvariationer i landskapet. Området domineras av postglacial sand och isälvsediment. Den postglaciala sanden överlagrar troligtvis isälvsavlagringarna som är utsträckta i en nord-sydlig riktning. Enligt bormingar markerade på den hydrogeologiska kartan som är placerade några kilometer ifrån profilen finns det ett lager av lera under denna postglaciala sand. Denna lera bör vara glacial och kan ha bildats i Baltiska Issjön. Under denna glaciala lera bör det finnas ett mäktigare lager bestående av sand eller grus.

4.3.2.2.2 Hydrogeologi

Profilen går igenom ett område med en stor grundvattentillgång med en bedömd uttagskapacitet på cirka 5-25 l/s. Akviferen är en sluten sand- eller grusakvifer överlagrad av lera. Det är även troligt att det översta lagret bestående av isälvsediment utgör en mindre, öppen akvifer. Underliggande sedimentärt berg utgör även den en sluten akvifer med ovanligt goda uttagsmöjligheter på uppemot 20 l/s. Om anslutning finns mellan den slutna jordakviferen och berget innebär det också att tillrinningen till denna är väldigt god. Området i sig är väldigt torrt och det finns inga utbildningar av kärr eller mossar, med hänsyn till detta bör grundvattenytan ligga på ett större djup då isälvsedimenteten verkar dränerande.

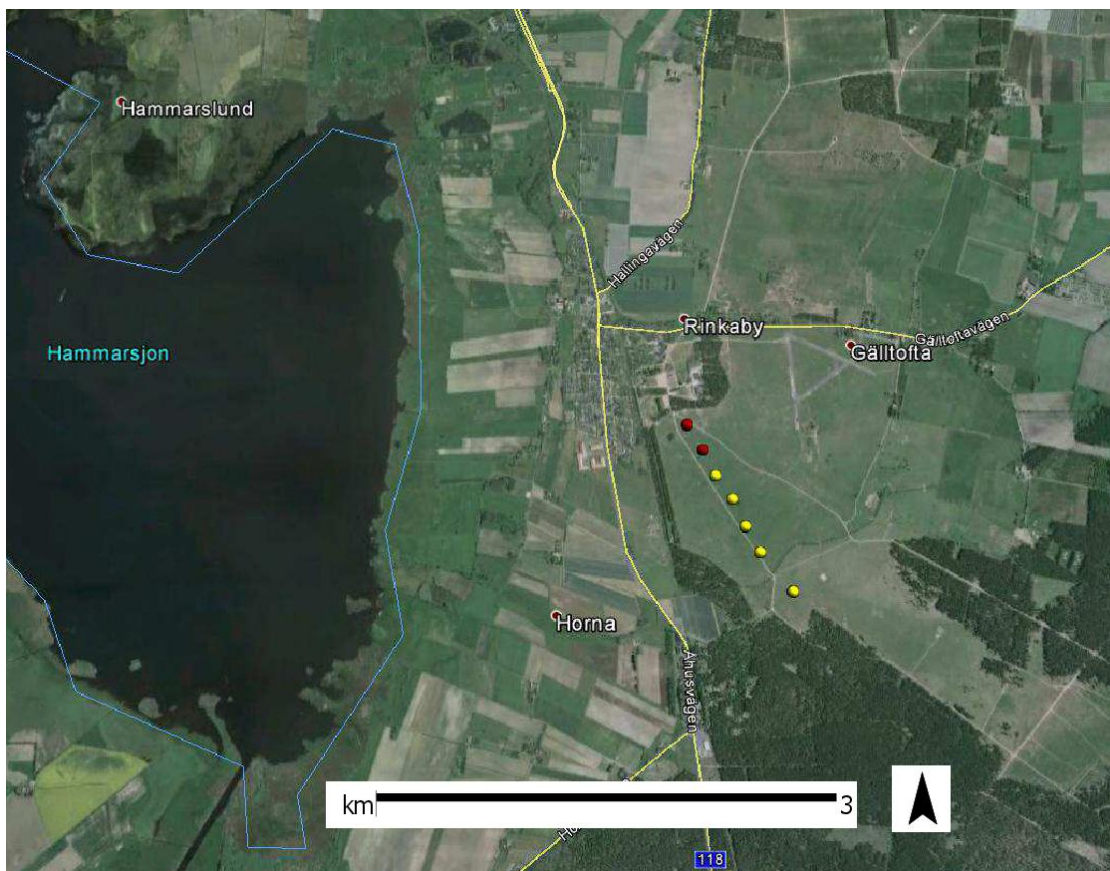
Profil F



Figur 45 Förväntningsmodell Profil F

4.3.2.3 Mätresultat och analys

Sonderingarna skedde med lätthet ute på Rinkabyfältet. Den öppna terrängen medgav snabb förflyttning av utrustningen samt etablering. Dock var området inhägnat av elstängsel samt att en större fackverksstruktur fanns i början av profilen. Se Figur 46 för utförda sonderingspunkter



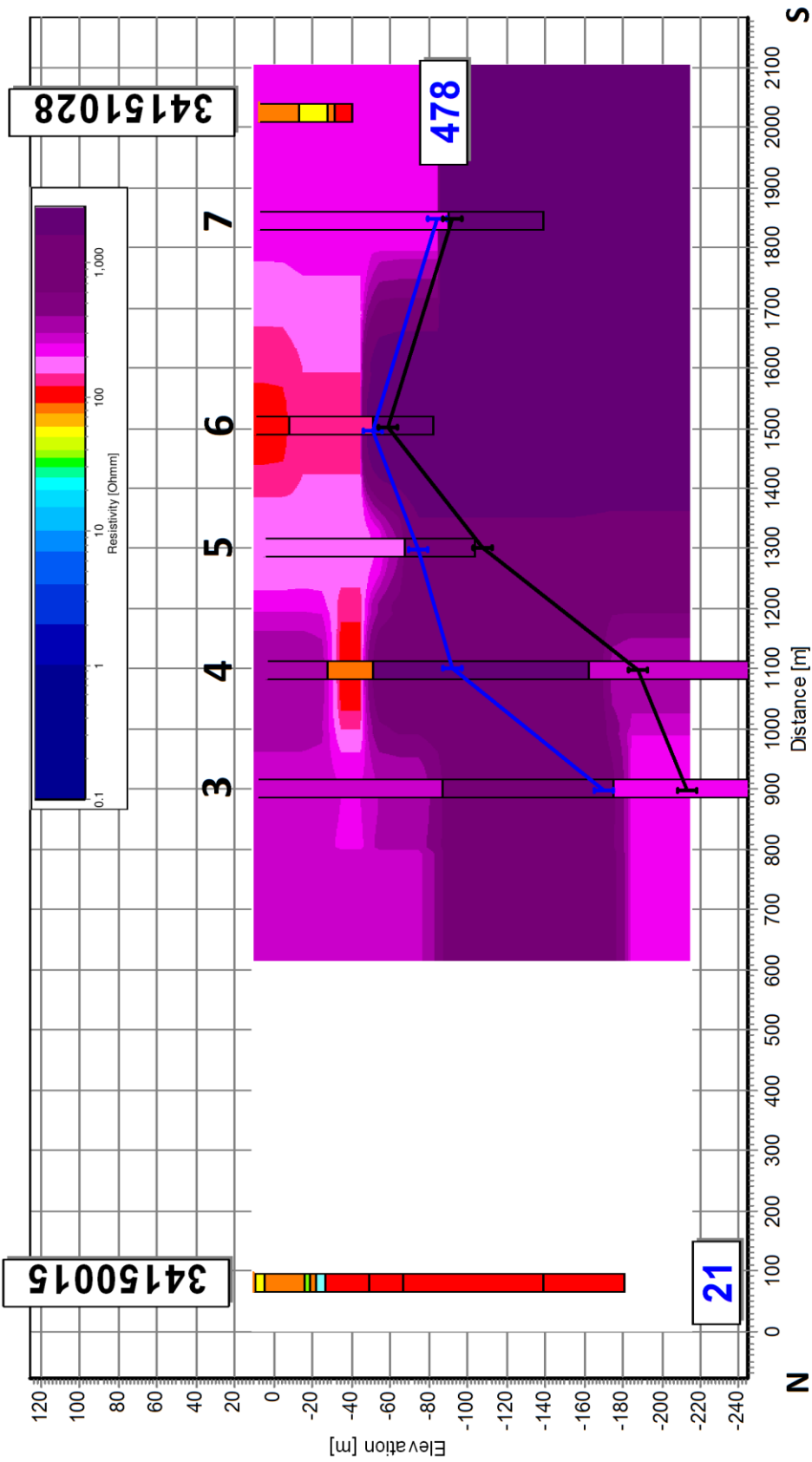
Figur 46 Sonderingspunkter längs med Profil F sonderingen skedde från norr till söder. Röda markeringar indikerar ej använda resultat på grund av kopplingar. (Kartmaterial: Google Maps)

De två första sonderingarna som utfördes erhöll kapacitiva kopplingar, orsaken till dessa kan vara att endast ett säkerhetsavstånd på ca 100 meter användes från tidigare nämnda strukturer.

De fem resterande sonderingarna visade på en hög resistivitet, denna är speciellt uttalad mot djupet i den södra änden. Vid bearbetningen av dessa sonderingar visade det sig svårt att erhålla säkra resultat med låga standardavvikelser, detta framförallt i de lager med en resistivitet över 200 Ohm-m. Vid sondering 4 är i princip hela sonderingen obestämbar och resistiviteten bör tolkas med mycket stor försiktighet. Däremot har inversionen i sondering 5 erhållit god säkerhet och bör kunna ses som en indikation på att resistiviteten vid ytan är lägre men ökar med djupet. Den höga resistiviteten vid ytan bör också indikera att inga lerlager finns inbäddade i de sandiga sedimenten.

Undersökningsdjupet längs med denna profil är även det väldigt varierande och resistiviteten i modellerna överstiger 5 000 Ohm-m i vissa sonderingar, det enda som går att uttyda av detta är att berget bör vara relativt konsoliderat eller inte inneha några större vittringszoner.

Överlag så är resultaten från sonderingarna på denna profil väldigt osäkra. Indikationen som kan ges är att marken har en alldeles för hög resistivitet för att det genom TEM-metoden skall gå att erhålla bra upplösning. Därför bör detta resultat beaktas med viss försiktighet och eventuellt kompletteras med galvaniska resistivitetsmätningar. Det är på grund av detta som ingen samtolkning med befintliga borrhål sker.



Figur 47 Resistivetsmodell Profil F, se Figur 15 för förklaringar gällande figuren.

4.3.3 Profil G - Horna

4.3.3.1 Allmän beskrivning

Profilen sträcker sig i en sydvästlig-nordostlig riktning. Första delen av profilen sträcker sig genom ett vattensjukt område och i början av profilen finns det en tät ungskog som ej medger sonderingar över cirka 300 meter. Resterande del av profilen sträcker sig över åkermark. Parallellt med denna åkermark finns en större regional kraftledning. Denna ledning ligger cirka 200-250 meter ifrån profilen vilket gör att aktsamhet för kopplingar och felaktiga resultat måste iakttas.

4.3.3.2 Förväntningsmodell

Se Figur 48 för bild av förväntningsmodell.

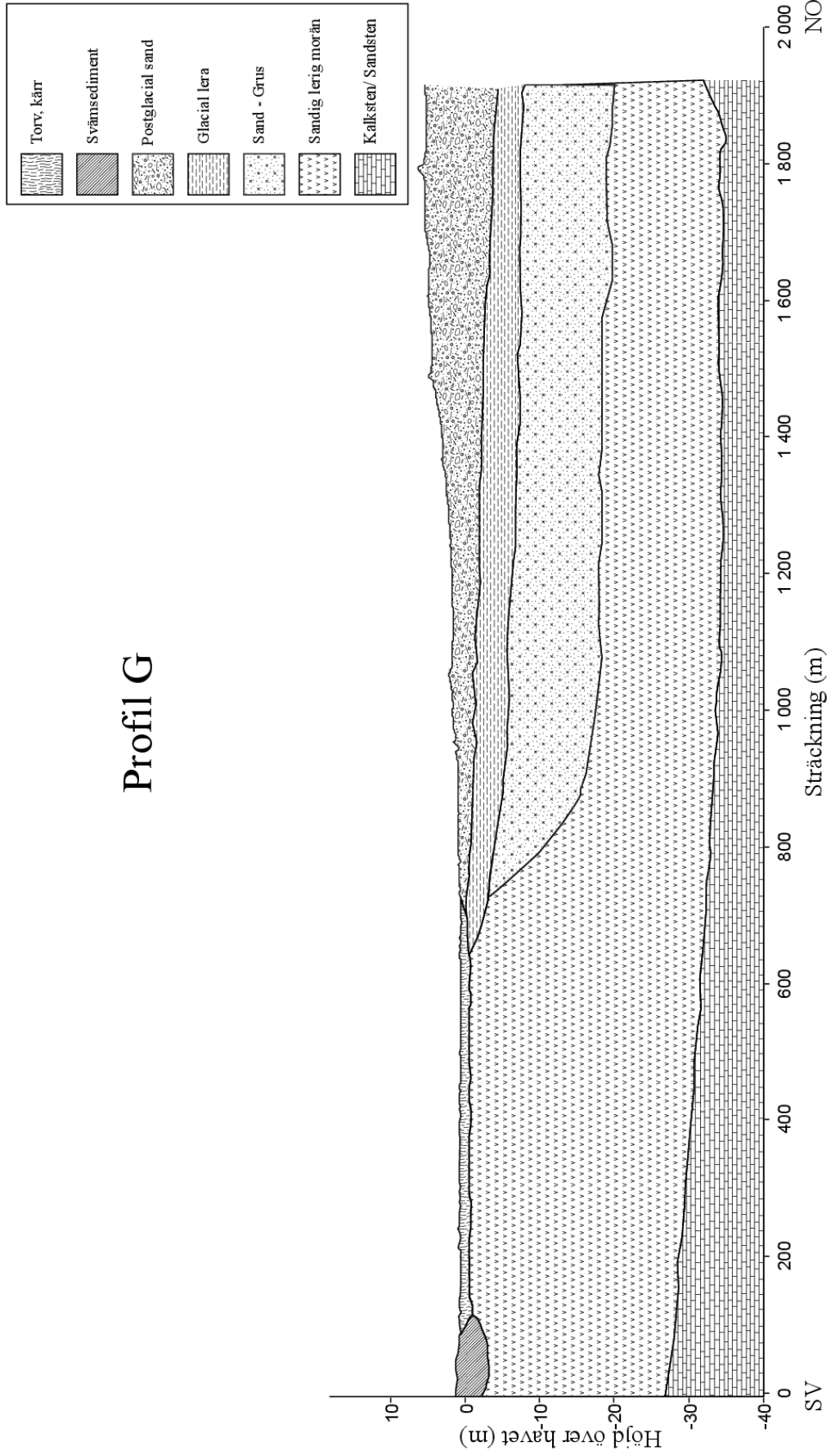
4.3.3.2.1 Geologi

Mäktigheten på jordlagerna är enligt närliggande brunnborrningar cirka 30-35 meter. Det är i området genomfört en sondering, markerad på hydrogeologiska kartan, som indikerar lagertjocklekarna. Enligt denna går det att anta att det i den nordöstra änden av profilen finns minst tre jordlager. Det översta består av cirka 7 meter postglacial sand. Detta underlagras av ett 5 meter tjockt lager lera. Det tredje jordlagret är en mäktigare sandavlagring på ungefär 13 meter. Dock så finns det i anslutning mot väster gentemot profilen även en sandig morän, det är därför troligt att dessa lagerföljder är underlagrade av denna. Berggrunden består av kalksten alternativt sandsten från yngre krita. Den sydvästra änden av profilen ligger närmare Helge å och där ses också avlagringar av svämsediment. I lågområden vid Hammarsjön har torv avsatts.

4.3.3.2.2 Hydrogeologi

Profilen sträcker sig över både en sluten sand- och grusakvifer samt en kvifer i en porös kalksten alternativt sandsten. Profilen passerar över en väldigt god grundvattentillgång med ett bedömt vattenuttag på cirka 20 l/s. Grundvattenytan bör finnas relativt ytligt i den sydvästra delen av profilen där kärren bildats. Landskapet är även det relativt flackt vilket innebär att endast små variationer bör finnas.

Profil G



Figur 48 Förväntningsmodell Profil G

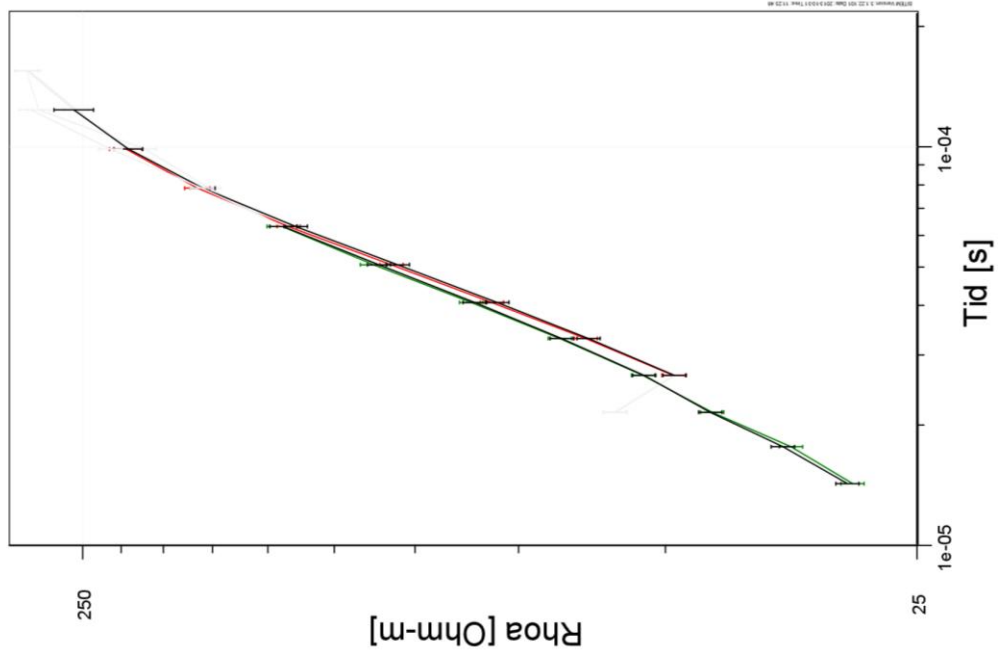
4.3.3.3 Mätresultat och analys

Sonderingarna som utfördes vid Horna och som är markerade på Figur 49 visar på väldigt säregna resultat. Sonderingarna kunde ej utföras längs med en linje då terrängen inte medgav detta, därför har sondering 3 samt 4 en offset på cirka 150-200 meter från den tänkta ursprungliga profilen.

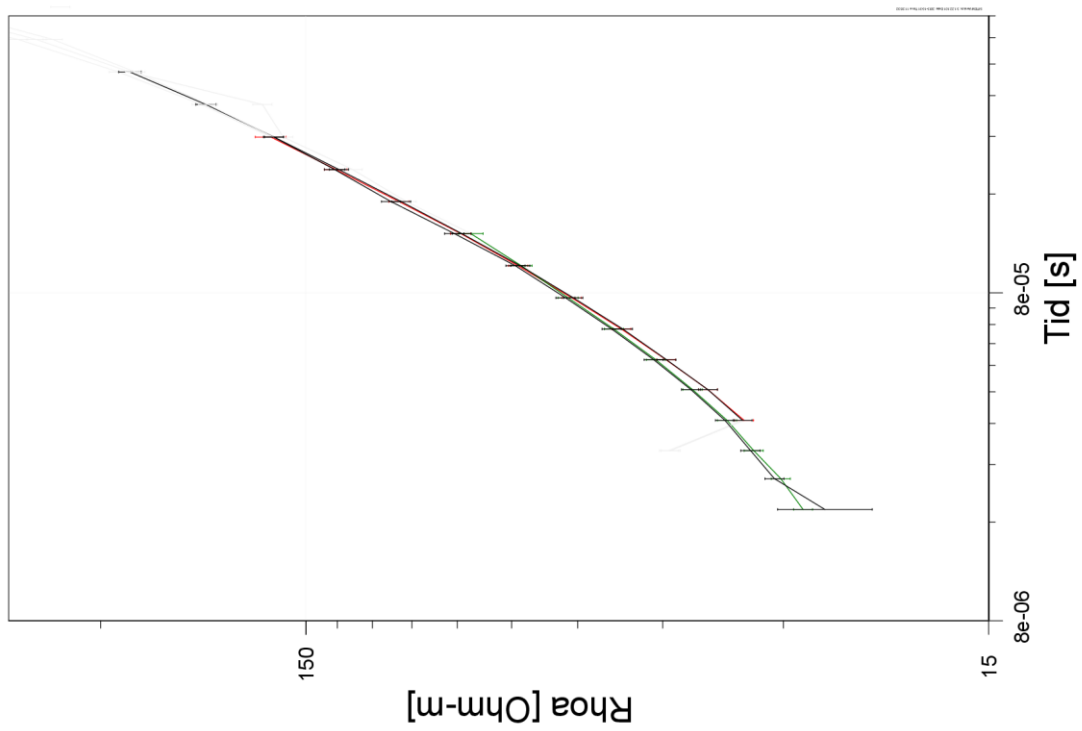


Figur 49 Sonderingspunkter längs med Profil G, sonderingen utfördes från vänster till höger. (Kartmaterial: Google Maps)

Det genomfördes totalt 5 sonderingar och ingen av dessa uppvisade någon koppling som tidigare befarades på grund av den närliggande kraftledningen. Alla sonderingar visar dessutom en samstämmighet i sitt resultat gällande den skenbara resistiviteten, alla kurvor har en ökad skenbar resistivitet med djupet. Figur 50 och Figur 51 visar två exempel från området för den skenbara resistiviteten. Det är cirka 1 000 meter mellan de båda sonderingarna och likheten mellan dessa är relativt stor. De visar båda på en avsevärd ökning i resistivitet mot djupet. De tre övriga kurvorna från området indikerar samma resultat.

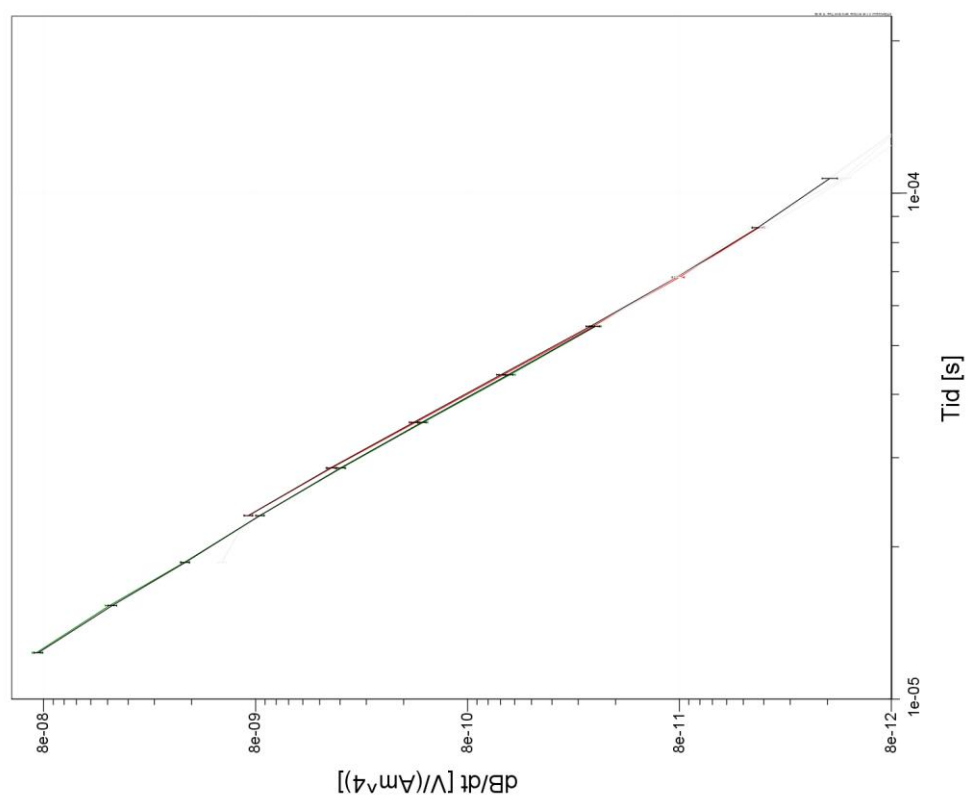


Figur 50 Skenbar resistivitet Profil G sondering 1

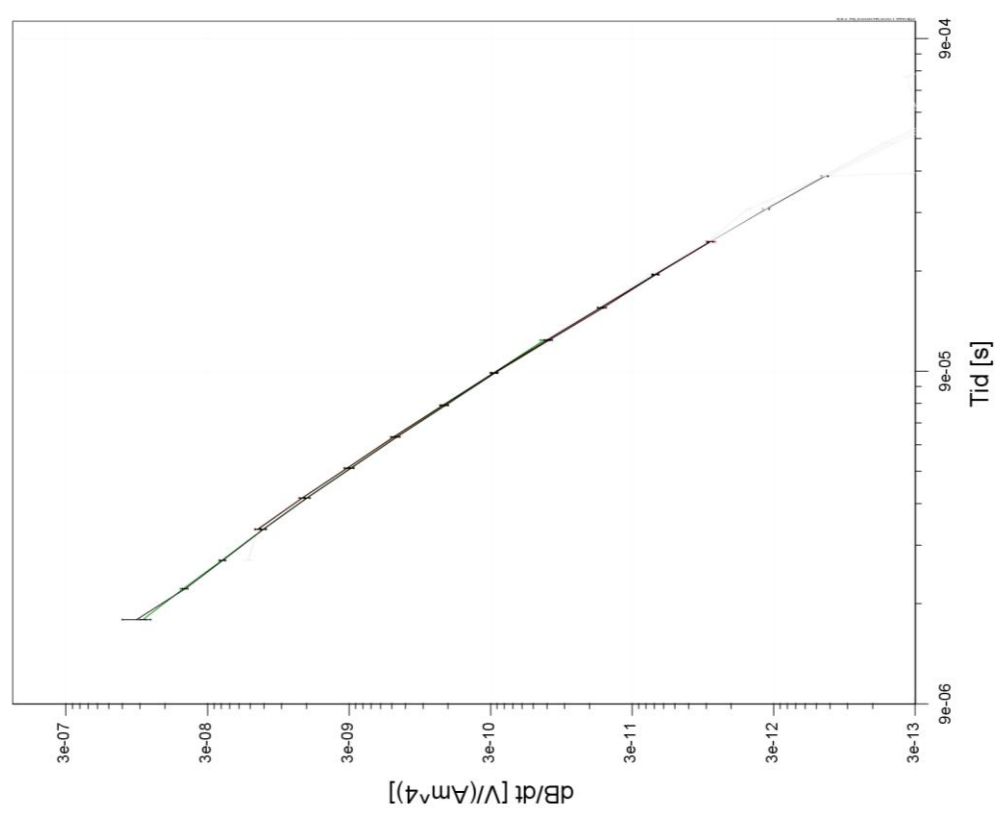


Figur 51 Skenbar resistivitet Profil G sondering 5

Detta resultat ses även i de normaliserade dB/dt kurvorna visade i Figur 52 samt Figur 53, där ses resultatet genom att kurvorna har en brant lutning vilket medför en snabb avklingning av det utsända momentet. För jämförelse se Figur 20 eller Figur 21.



Figur 52 Normaliserad dB/dt Profil G sondering nr 1



Figur 53 Normaliserad dB/dt Profil G sondering nr 5

Denna snabba avklingning i marken medför dock stora problem vid invers modellering. De inversioner som utförts visar på en väldigt dålig överensstämmelse med resultaten och en bra modellpassning går inte att erhålla, problemet kan komma av begränsningar i modelleringsprogramvaran. Därför redovisas ingen resistivitetsmodell för profilen då de modeller som erhållits ej visat samstämmighet med sonderingsresultaten.

Det går dock att dra vissa enkla slutsatser om detta resultat. I förväntningen fanns det att morän av en tjocklek omkring 20-25 meter skulle överlagra det sedimentära berget. Detta djup kan vara det som skapar de flesta inversionsproblemen.

Vid tidigare sonderingar har ofta djupet till berget varit betydligt större, ofta det dubbla eller ännu mer. Detta i kombination med de tidigare problemen att urskilja någon information ur de övre lagerna kan skapa denna situation. Det är troligt att berggrunden i området är kompakt och inte vittrad då resultaten indikerar en hög resistivitet.

Det kan ses en tendens i sondering 5 att signalen inte försvinner lika snabbt, detta skulle kunna styrka det faktum att det är djupare ner till berget. Då det överlagrande jordlagret kan ha en något lägre resistivitet.

4.3.4 Profil H - Olseröd

4.3.4.1 Allmän beskrivning

Profilen sträcker sig i en sydlig-nordlig riktning och är cirka 1 700 meter lång. Den är placerad över ett flertal fält som avskiljs med större diken. Ungefär hälften av fälten är uppodlad vall, vilket underlättar framkomligheten vid mätningarna.

4.3.4.2 Förväntningsmodell

Se Figur 54 för bild av förväntningsmodell.

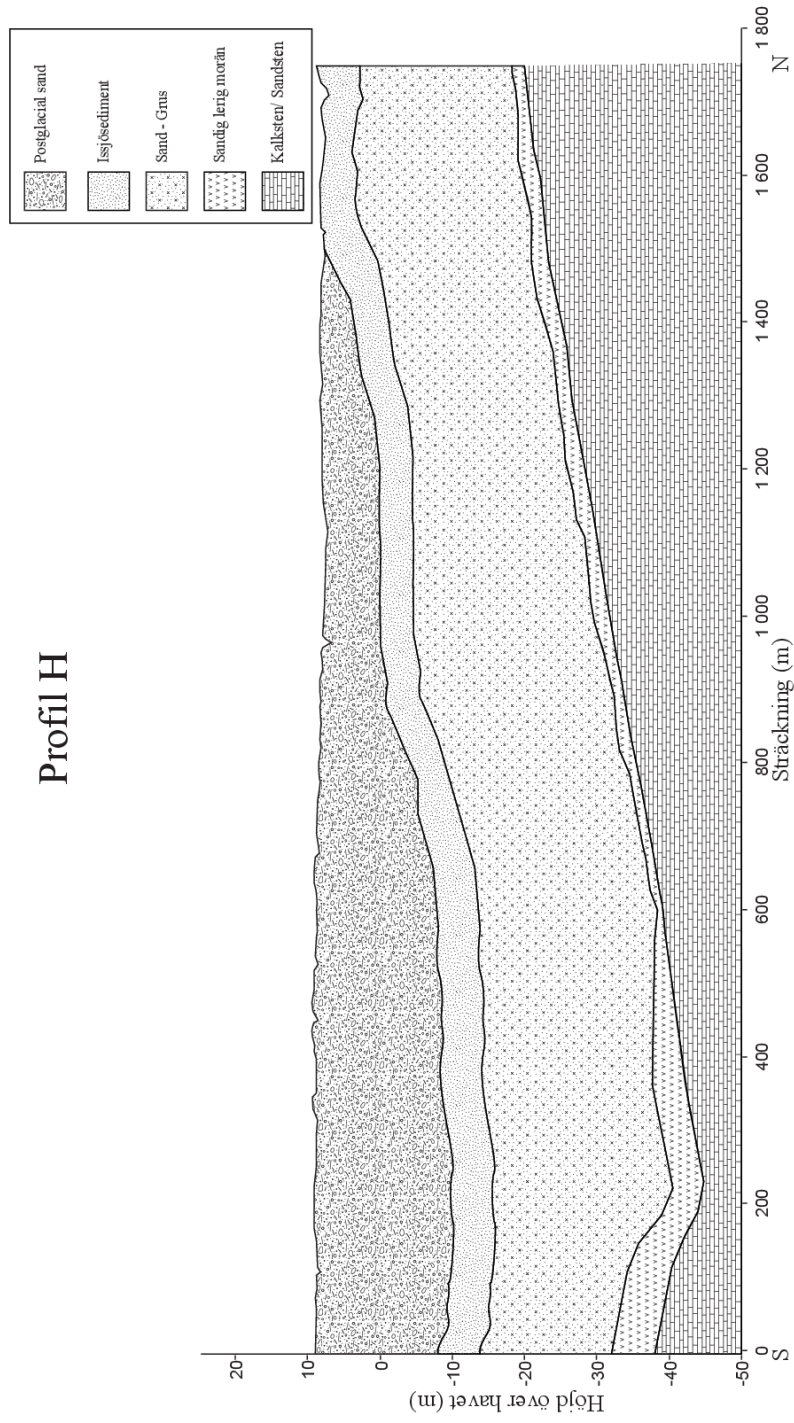
4.3.4.2.1 Geologi

Området som profilen genomgår är väldigt flackt, endast några fåtal meter skiljer mellan högsta och lägsta punkten. Det översta jordlagret består av en postglacial sand med inslag av silt. Under denna bör det finnas en tätare jordart då det enligt den hydrogeologiska kartan är en sluten sand- eller grusakvifer som är dominerande i området. Den tätare jordarten är troligen en silt eller siltig sand, detta då jordartskartan visar stora partier issjösediment precis nordväst om profilen. Djupet ned till berg kan förväntas vara mellan 40 och 50 meter, denna information kommer från tidigare brunnborrningar i området. Det kan tänkas finnas en tunnare bottenmorän närmast berggrunden, detta då det väster om profilen finns ett flertal områden där moränen sticker upp ur sanden. Moränen bör ha en mer sandig sammansättning.

4.3.4.2.2 Hydrogeologi

En sluten sand- och grusakvifer dominerar området under profilen. Den består troligen av en glacial sand av varierande mäktighet. Enligt boende i området varierar grundvattenytan mellan ungefär 2 och 3 meter i området. Enligt Hydrogeologiska kartan motsvarar området en stor sluten grundvattentillgång med en uttagsmöjlighet varierande mellan 5 -25 l/s. I närområdet finns även en porakvifer markerad som visar på ovanligt goda uttagsmöjligheter, denna bedöms ha en uttagskapacitet på cirka 20 l/s och finnas i anslutning till profilen.

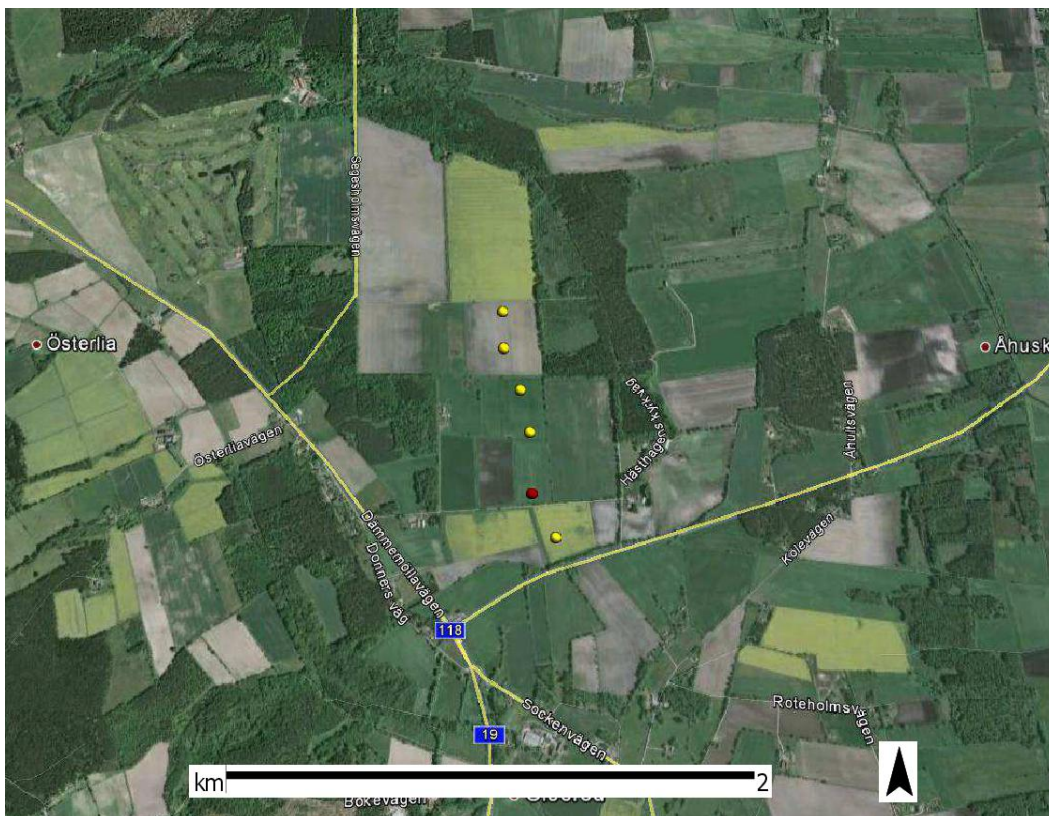
Profil H



Figur 54 Förväntningsmodell Profil H

4.3.4.3 Mätresultat och analys

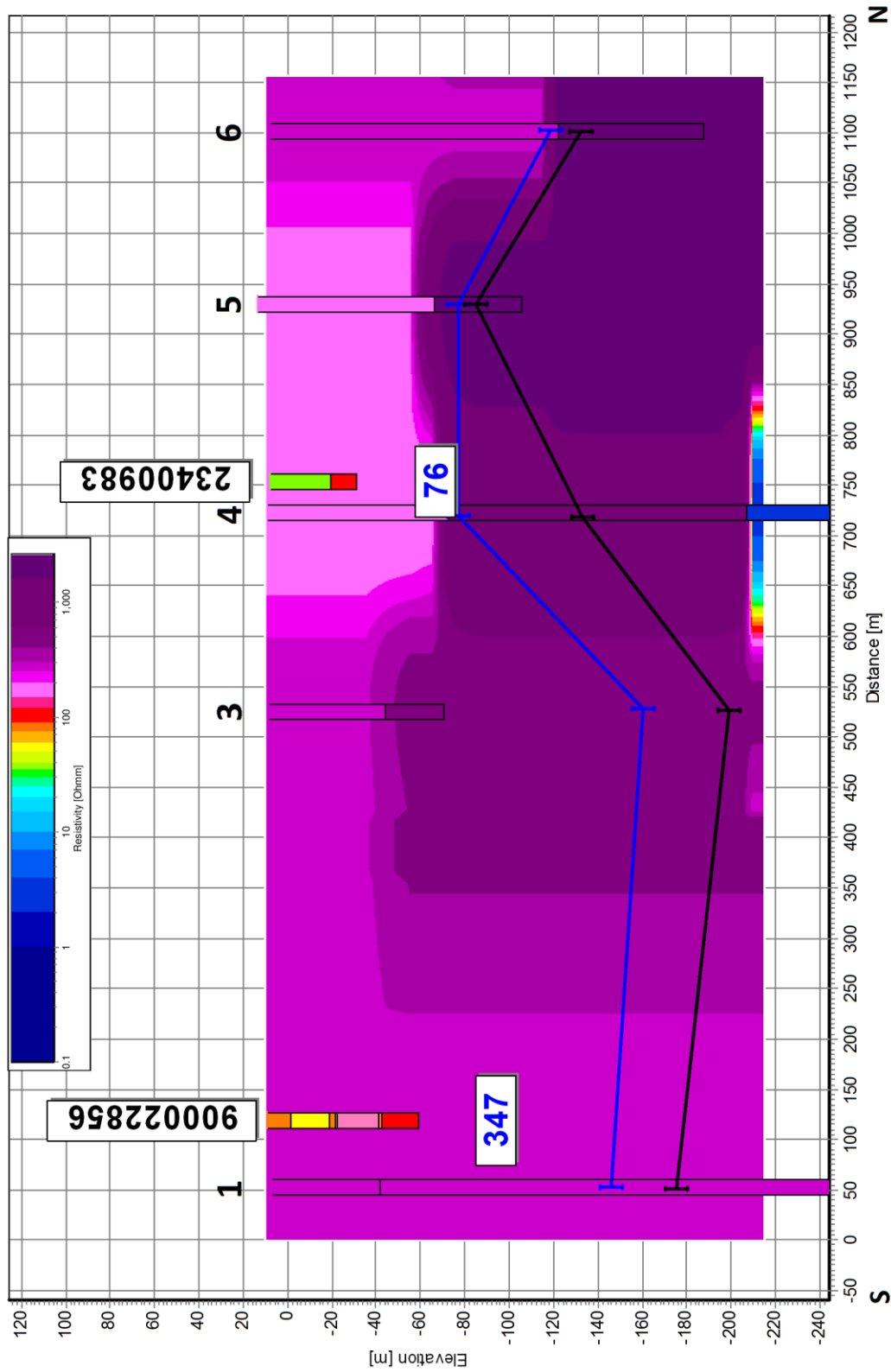
Profilen innehåller 6 stycken sonderingar men var i planeringsstadiet tänkt innehålla fyra sonderingar till. Detta blev dock inte realiserat då det fält som ansluter mot norr ovanför punkterna i Figur 55 var bevuxet med gröda som vid beträdande hade tagit skada. På grund av detta är profilens längd kortad till cirka 1100 meter. Sonderingarna utfördes från söder till norr. Alla sonderingar i området skedde med lätthet och endast en uppvisade kopplingar, se röd markering i Figur 55. Dessa var dock allvarliga, vilket innebar att hela sonderingen utslöts. Orsak kan vara eventuella dräneringsrör i marken eller eventuell nedgrävd elkabel i anslutning till den väg som finns precis söder om.



Figur 55 Sonderingspunkter längs med Profil H, sonderingen utfördes från söder till norr, röda markeringar indikerar defekta resultat. (Kartmaterial: Google Maps)

Den första sonderingen närmast riksvägen i söder visade även den på tendens till koppling, dock ansågs det vara så pass lite att resultatet kunde användas. Alla sonderingar utförda i området visar på en stigande resistivitet mot djupet. Penetrationsdjupet i dessa sonderingar är relativt grunt, vilket innebär att säkerheten i datan är låg. Nedträngningsdjupet ses markerat på Figur 56. Detta i kombination med metodens begränsningar gällande upplösning i högresistiva material gör att resistivitetsvärdena är relativt osäkra för denna profil.

Standardavvikelseerna för det översta lagret i alla sonderingar är dock lågt och skulle kunna ge indikation på ett mer homogent lager vid ytan. Resistiviteten varierar där mellan cirka 160 och 280 Ohm-m. Dessa är fortfarande relativt höga värden gällande metodens begränsningar men då förväntning finns på ett högresistivt lager vid ytan finns det sannolikhet i modellerna. Det finns en brunnborrning som indikerar ett högresistivt lager, dock så går inte gränsen mellan jord- och berglager uttyda med sonderingarna.



Figur 56 Resistivetsmodell Profil H, se Figur 15 för förklaringar gällande figuren.

4.3.5 Profil I - Friseboda

4.3.5.1 Allmän beskrivning

Denna profil blev omarbetad på grund av att originalsträckningen var placerad i ett fritidshusområde med risk för ett flertal störningskällor. Omplaceringen valdes så att profilen skulle ha en sträckning på åtminstone 1 000 meter och gå vinkelrätt in från havet, för originalförslagets sträckning se Figur 44.

Profilen sträcker sig från havet och vinkelrätt in i landet i en öst-västlig riktning och är cirka 2 100 meter lång. Landskapet närmast havet består av tallhedar och ett väldigt flackt landskap, cirka 600 meter in på profilen reser sig några mindre kullar och skogens täthet ökar avsevärt. Efter detta parti med en längd på 400 meter öppnar sig landskapet i ett stort åkerlandskap. Detta avskärmas dock av några djupa diken. De sista 500 metrarna av profilen passerar genom en mindre skog för att sedan avslutas på ett fält i träda.

4.3.5.2 Förväntningsmodell

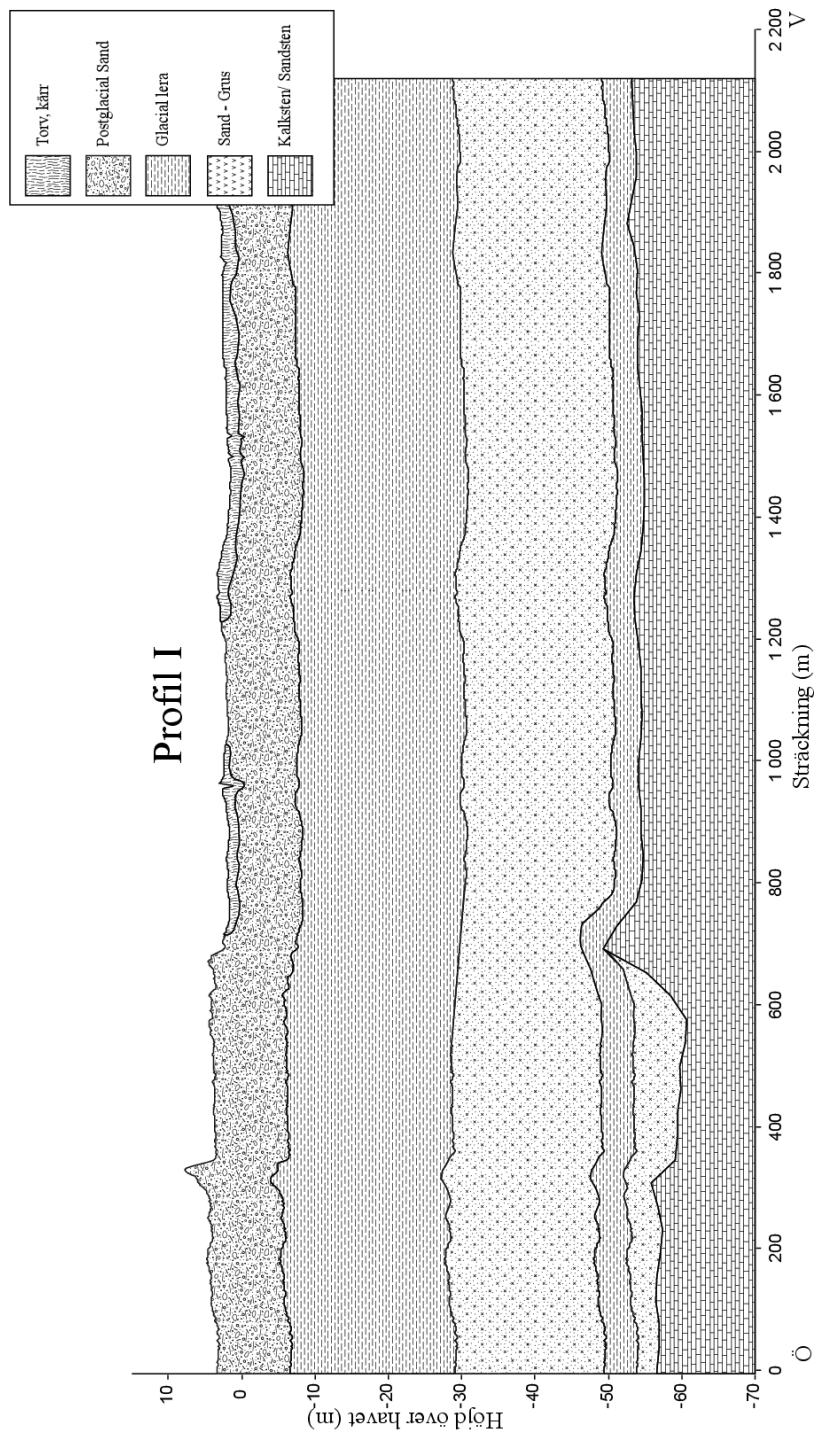
För bild av förväntningsmodell, se Figur 57.

4.3.5.2.1 Geologi

Geologin i området består av ett flertal lager. Jordlagren utgörs av sandavlagringar mellan ler- och siltlager. I ett närliggande borrhål antyds det att de områden som innehåller glacial lera även innehåller större mängder glacial silt. I översta jordlagret finns det vissa utbredda partier bestående av torv. De härstammar från perioder med ett högre vattenstånd. Berggrunden i området förväntas bestå av sandsten alternativt kalksten från Krita-perioden. Det finns delar i de västliga partierna av profilen som skulle kunna utgöras av gnejs, det är dock osäkert om detta kristallina berg är i kontakt med jordlagret.

4.3.5.2.2 Hydrogeologi

Den dominerande akviferen i området förväntas vara en större sandakvifer täckt av ett tjockare lager med lera. Den bedöms som att ha en stor uttagskapacitet på cirka 5-25 l/s. I närliggande områden med samma typ av berggrund finns det indikationer på goda grundvattenförhållanden, därav bör det även här finnas chans för bra vattenförande lager i berggrunden med en uttagskapacitet på cirka 20 l/s.



Figur 57 Förväntningsmodell Profil I

4.3.5.3 Mätresultat och analys

Mätningarna för profilen utfördes under två dagar med väldigt goda väderförhållanden och torrt väder i mitten av maj. Totalt utfördes nio sonderingar längs med profilen, dock så var endast tre av dessa användbara för vidare bearbetning, se figur nedan.

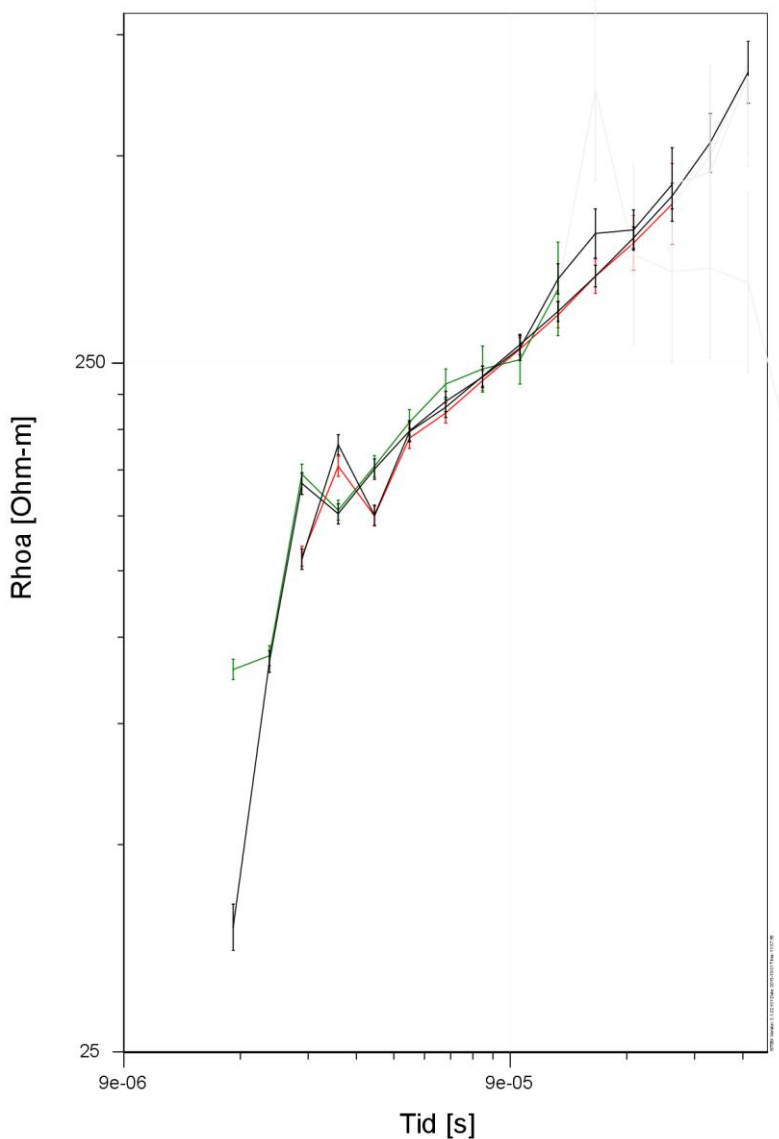


Figur 58 Utförda sonderingar längs med Profil I, gul indikerar använda sonderingar samt röd indikerar oanvändbara resultat (Kartmaterial: Google Maps).

Sonderingarna 4, 7, 8 samt 9 visade på en större mängd kapacitiva kopplingar, Figur 59 visar sondering 8 som kan anses vara representativ för de andra sonderingarna. Där ses det att den skenbara resistiviteten varierar avsevärt och oscillerar i sitt mönster. Detta speciellt i början och slutet av kurvan, denna oscillation kan även ses i de individuella gatesen då de visar på relativt stora intervall från resultatet av stackningen. Dessa mätningar utfördes på öppen åkermark och avstånd till synliga strukturer som skulle kunna ge upphov till kopplingar saknades.

Däremot finns möjligheten att dräneringsrör och/eller nedgrävda elkablar finns i närområdet, den höga resistiviteten i marken skapar också en situation där metoden är känsligare för kopplingar på större avstånd. Sondering 2 visar en tydlig galvanisk koppling i jämförelse med de två närliggande resultaten.

De tre sonderingarna som ansågs användbara är väldigt osäkra i sin datapassning. Den sondering som utfördes närmast havet visade på en 4-lagers modell men inversionen kunde ej hitta en passning som gav godtagbara standardavvikelser. Denna svårighet till att finna säkerhet i data beror troligen på de höga resistiviteter i området framförallt i berggrunden. Att resistiviteten ökar med djupet står relativt klart, dock går det ej att uttala sig med någon exakthet hur stor denna skillnad är. I Figur 60 ses de färdiga modellerna av inversionen.

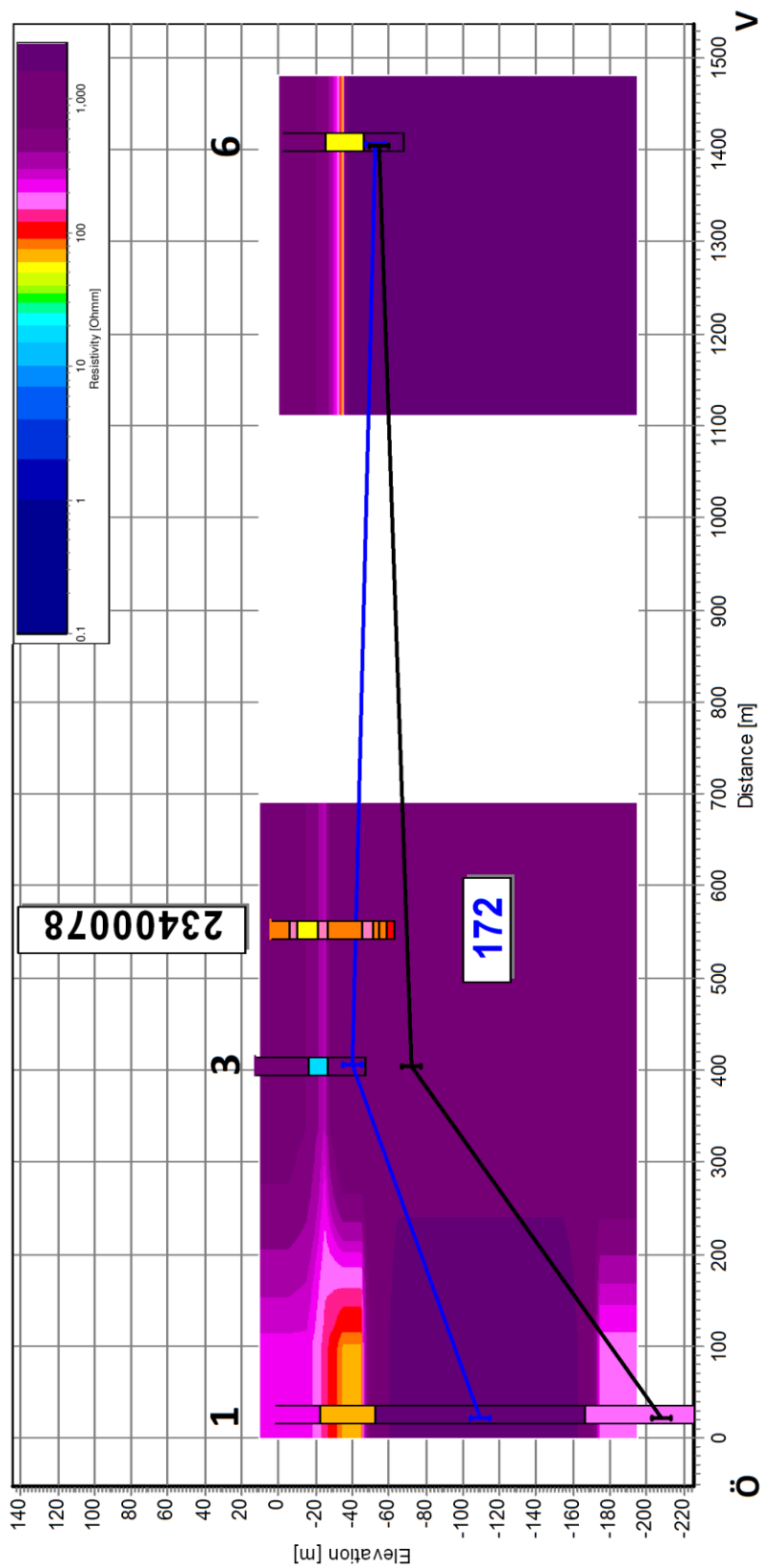


Figur 59 Skenbar resistivitet visandes kapacitiva kopplingar i hela sonderingen, Profil I sondering 8

Det enda resultatet i denna profil som skulle kunna vara en indikation är det andra lagret i sondering nummer 6. Detta har en standardavvikelse för resistiviteten på 3,68 och indikerar ett lager med en resistivitet på 50 Ohm-m och en tjocklek av cirka 20 meter. Djupet för detta lager stämmer någorlunda överens med förväntningen av att en glacial lera eller silt skall överlagra berggrunden. Lagret under detta är helt obestämt och uppvisar en resistivitet på 20 000 Ohm-m, detta lager skapar därför problem vid interpoleringen och framställandet av resistivitetsmodellen där det övre lågresistiva lagret ”släcks ut” i Figur 60. Som nämndes i förväntningsmodellen innan så kan gnejs ligga an mot jordlagren. Eventuellt skulle denna extremt höga resistivitet kunna antyda att detta stämmer.

Det finns ett borrhål utfört i mitten av profilen cirka 170 meter norrut, denna borring går tyvärr inte att korrelera till sonderingarna då osäkerheten i mätningarna är för stor.

Det går dock med relativt stor säkerhet säga att saltvatteninträngning ej har uppstått vid denna lokal, detta då en sådan geologisk företeelse hade gett tydliga utslag i resultateten med låga resistiviteter som följd.



Figur 60 Resistivitetsmodell Profil I, se Figur 15 för förklaringar gällande figuren.

5 Diskussion

5.1 Diskussion gällande resultat

Projektet har uppnått ett flertal intressanta resultat men problem under projektets gång har också existerat.

Det tydligaste som märks bland resultaten är den genomgående höga resistiviteten i de översta jordlagerna. Alla de 66 sonderingar som genomfördes under projektets gång visar på en resistivitet över 100 Ohm-m i det översta lagret. Detta resistiva lager har ofta haft ett djup som motsvarar jordlagrets tjocklek enligt borrhningar utförda i profilernas närhet.

Gemensamt för de genomförda sonderingarna är att det alltid funnits glacial- eller postglacial sand alternativt sandig morän i det översta lagret. Dessa typer av formationer har ofta väldigt höga resistiviteter naturligt. Det har även rått torra förhållanden vid i princip alla sonderingar vilket ökar på resistiviteten i marken. Inbäddat eller under dessa lager har det vid vissa profiler funnits en förväntning att glaciala leror eller formationer bestående av issjösediment skall existera. Dessa material innehar ofta en lägre resistivitet.

Dessa lager har dock inte kunnat ses vid någon lokal som undersökts, vilket ger en indikation att de undersökta lokalerna saknar inslag av konduktiva material i jordlagren. Det finns dock en aspekt till som gör tolkningen vid ytan relativt osäker. Detta då det ofta inte gått att använda data från de tidigaste gatesen. Det är oftast först efter 20-25 μs som data har varit användbar.

Orsaken är inte helt klarlagd men en möjlighet kan vara, som diskuterats ovan, den höga resistiviteten i ytan. Enligt Christiansen, et al. (2009) ökar risken för kopplingar med en högre resistivitet i marken. Det som noterats är att de första gatesen haft en tendens till att oscillera i de flesta sonderingarna. Det skulle därför kunna innebära att de mätningar som genomförts varit extra känsliga för elektriska störningar precis vid ytan.

Ett annat resultat som kan uppmärksammas är att det verkar finnas tydliga indikationer på att delar av berggrunden i inlandet har än lägre resistivitet än den berggrund som återfinns vid skånska kusten. Alla mätningar som genomförts i inlandet; Profil A, B, C, D samt E visar på en sjunkande resistivitet mot djupet. De profiler som mättes vid kusten, Profil F, G, H samt I, visar på en ökad resistivitet mot djupet. Enligt bergartskartor över områdena skall berggrunderna härstamma från samma tidsålder, yngre krita. Det är dock stora strukturer som sannolikt haft skilda bildningsmiljöer och materialsammansättningen kan även den skilja sig avsevärt. Slutsatsen av detta blir att berggrunden i inlandet består sannolikt i grova drag av en mer okonsoliderad/vitträd vattenförande bergart. Denna berggrund kan även tänkas innehålla mer lösta joner alternativt en högre vittringsgrad i sprickorna. Detta då mätningarna har visat på riktigt låga resistiviteter i vissa områden.

De höga resistiviteter som erhållits i det övre lagret på i princip alla sonderingar kan vara en god indikation till grovkorniga vattenförande lager, dock behövs viss komplettering göras för att utesluta morän och siltrika material.

De sonderingar som utfördes i östra Skåne har ytterligare en gemensam betingelse, i princip alla visar på en större felmarginal i data än de som utförts i inlandet. Denna felmarginal ses av att avklingningskurvorna och den skenbara resistiviteten inte är jämn i sin visuella presentation och en större osäkerhet finns mellan de olika stackningarna som utförts. Det är på grund av detta som det i många fall ej gått att erhålla en bra inversion för sonderingarna utförda längs med kusten. Orsaken kan vara en hög resistivitet i marken som gör att ytterst lite information erhålls.

Förekomsten av salint vatten i berggrunden kan inte uteslutas då undersökningsdjupet i vissa sonderingar är väldigt stort, ibland uppemot 200 meter under havsnivån. Dessa stora nedträngningsdjup har dock erhållits i de profiler som utförts mitt i Skåne. Därför skulle ytterligare tester behövas för att utreda dess förekomst.

Profilerna längs med kusten har inte visat några indikationer på salint grundvatten. Orsaken till avsaknaden kan vara att underliggande berggrund har för låg porositet för att innehålla nämnvärt med saltvatten. Men alternativt och mer troligt är dock att grundvattnets tryck i det sedimentära berget inte medger saltvatteninträning.

Profil G är den profil som inte gick att utföra invers analys på och erhålla några resultat som gav en acceptabel passning gällande kurvpassning och standardavvikelse. Detta antas bero på att berggrunden ansluter väldigt nära markytan och där kontrasten mellan jordlagren och berggrunden är så liten att skillnaden ej går att urskilja. Så antingen behövs ett större jorddjup ned till berg eller ett mer högkonduktivt lager vid ytan för att erhålla information.

De flesta modelleringar som utförts har visat på 3-lagersmodeller, utav dessa tre lager har ofta endast två varit indikativa för geologiska företeelser då det tredje lagret i de flesta fall utgjort gränsen för sonderingens penetrationsdjup. Därför kan det vara intressant att utföra ytterligare mätningar med olika storlekar på sändaren för att erhålla ett mer diversifierat resultat där laboreringar med olika penetrationsdjup utförs. Detta hade som nämnts tidigare i kapitel 4.2.2, Profil A, varit intressant då ett större penetrationsdjup kunnat avslöja fler detaljer gällande det lågresistiva parti som finns till sydväst på profilen.

De sonderingar som genomfördes i projektet utfördes enbart efter en profil i varje delområde. För att ha erhållit säkrare data gällande kopplingar och anomalier skulle dock parallella profiler ha utförts. Vilket hade medfört att det vore enklare att utesluta felaktig mätdata. Detta blev aldrig genomfört i projektet då denna information framkom för sent när större delen av sonderingarna genomförts. På ett flertal av lokalerna hade dock inte parallella profiler varit möjliga. Resultatet bör inte ha påverkats av detta då stor försiktighet har iakttagits vid databearbetningen gällande kopplingar.

Alla sonderingar har även utförts med dubbla mottagarspoler, vilket är den för mätinstrumentet gällande beskrivna metodiken. Det råder skilda meningar om förfarandet ger störningar i mätresultatet eller inte. För att utreda detta skulle omfattande tester behöva genomföras där olika konfigurationer med mottagarspolarna prövas. Det är även viktigt att i sådana fall reda ut hur stor påverkan spolarna har på varandra för att avgöra om datakvalitetens ökning motsvarar den ökade tidsförlusten. Detta är något som ej kan besvaras inom examensarbetets ramar.

5.2 Diskussion gällande projektet

Projektet har inte fortlöpt helt utan problem, det har under vissa perioder stått stilla på grund av problem med utrustning och programvaror. Den mätutrustning som användes anlände relativt sent i projektet vilket medförde att fältmätningarna ej kunde komma igång under mars och avslutas i början av maj vilket varit förhoppningen. Fältarbetet startade därför först i mitten av april och sista mätningen utfördes i början av juni. Det första instrumentet som anlände visade sig ha en defekt komponent i kraftmodulen, vilket löstes snabbt med ett ersättningsinstrument från ABEM. Detta instrument var en prototyp vid utvecklingen av WalkTEM, därför skilde sig instrumentet lite i sin uppbyggnad jämfört med det första. Dock skall funktionen fortfarande vara identisk. Det rådde dock viss osäkerhet gällande prototypinstrumentets kalibrering. På grund av detta gjordes en resa till Århus, Danmark, för att använda den vedertagna kalibreringslokalen som används av både ABEM och SkyTEM för att kontrollera instrument.

Där visade det sig att misstankarna var befogade och instrumentet genomgick ett flertal justeringar för att återge korrekta resultat vid framtida sonderingar. Det flertal sonderingar som utförts innan denna kalibrering gick att använda men först efter lite arbete med datafilerna. Dels var en förstärkarmodul i instrumentet felinställd, vilket innebar att en skalfaktor fick användas. Dels var konverteraren för analog till digital signal felinställd vilket innebar att formatkonverteringen blev lite mer omständlig men genomförbar. Det utfördes ett antal kontrollmätningar längs med Profil A för att korrelera resultaten och se om de tidigare sonderingarna var användbara. Resultaten var i princip identiska med endast små naturliga variationer.

Sedermera hamnade projektet i en dålig programutvecklingsfas där ett flertal av de program som skulle användas inte var funktionsdugliga. För att lösa dessa problem inleddes en intensiv korrespondens med buggrapporter till Hydrogeophysics Group vid Århus Universitet, som utvecklat programvarorna. De flesta problem blev lösta och kontentan av detta är att så fort en stabil version finns bör samma programversion användas över hela projektets livslängd, Detta för att minimera arbetsbörda och eventuella problem som kan uppkomma vid ändringar i så pass avancerade program.

Fältarbetet kunde genomföras relativt smidigt när väl all utrustning fungerade. Efter att ett antal sonderingar utförts utvecklades fältlogistiken vilket skyndade på etableringen av utrustning avsevärt. Den ungefärliga tiden mellan start av två sonderingar varierade mellan 30 och 50 minuter. Då är det framförallt terrängen som dikterar villkoren. För att hinna med en profil med en längd uppemot 2 000 meter i blandad terräng och ett sonderingsavstånd på cirka 200-250 meter behövs arbetspass på cirka 10-11 timmar. En profil med samma längd som bara sträcker sig över öppet fält med personal som utfört några sonderingar bör klaras av på 8-9 timmar. I denna tid är dock inte transport eller kontroll av data inräknad. Det är att föredra att viss kontroll kan ske av personalen i direkt anslutning till själva sonderingen. Vilket dock kan vara svårt vid vissa tillfällen och kopplingar är oftast inte synliggjorda innan import till SiTEM utförts. Detta då en del detaljer lätt missas, därför bör efterkontroll av kvaliteten på data ske för att avgöra om profilen är klar eller inte.

Databearbetningen är något som kräver viss erfarenhet för att erhålla snabba och bra resultat. Detta går även att se i data som bearbetats till denna rapport, profiler som är bearbetade senare i projektet visar ofta på en större tillförlitlighet och lägre standardavvikelser. Dock skall nämnas att trots viss erfarenhet och vana så går det inte erhålla bättre resultat på vissa profiler. Detta kan ha att göra med metodens tillkortakommande gällande höga resistiviteter.

6 Slutsatser

- Alla sonderingar har utförts där jordlagren består av grövre material vid markytan, såsom sand, grus och sandig morän. Detta har haft stor inverkan på resultaten då det inte gått att uttyda några indikationer för lagerföljderna i de översta 40-50 metrarna. Det är först variationer i berggrunden som gett tydliga resultat.
- Att jordlagren inte visat på någon lagerfördelning skulle kunna komma av att de vid dessa lokaler består av material som har en naturligt hög resistivitet och inga mellanlagrande konduktiva lager. Detta skulle innebära att dem i de flesta fall utgör goda grundvattenakviferer.
- Alla lokaler som undersökts har haft en underlagrande sedimentär berggrund, denna har dock gett stora skillnader i resultaten. Slutsatsen blir att berggrunden vid Åhus och delar av Skånes östra kust ej är passlig att sondera med markbaserad TEM för att kartlägga grundvattenakviferer. Dock kan metoden vara passande för att finna saltvatteninträning närmast kusten.
- Resultaten i Skånes inland har visat sig ge goda resultat gällande undersökningsdjup och upplösning i berggrunden. Där har ett flertal indikationer på möjliga akviferer funnits.
- Saltvatteninträning har ej varit möjligt att detektera närmast kusten vid Åhus.
- Det är av yttersta vikt att mätinstrumentet som används kalibreras vid en känd testlokal för att vetskapen om att rätt resultat erhålls.
- Fältarbetet bör genomföras av två personer, detta möjliggör transport till fots och snabb etablering av utrustningen. Under en fältdag med öppen terräng kan cirka 2 000 meter klaras av med ett sonderingsavstånd på cirka 200-250 meter. I terräng med vissa hinder sjunker längden på profilen till ungefär 1 500 meter.

6.1 Förslag på framtida studier

Då alla profiler utförts på lokaler där överytan utgjorts av högresistiva formationer kan det vara intressant att reda ut lagerfördelningen med andra geofysiska metoder såsom CVES (Continuous Vertical Electrical Sounding) eller ERT (Electrical Resistivity Tomography). GPR (Ground Penetrating Radar) skulle också kunna vara ett alternativ vid de lokaler som utgörs av sandiga sediment. Detta för att kunna skapa en mer komplett bedömning gällande kontakt mellan berg och jordlager samt eventuellt utvärdera akvifererna i jordlagren. Det kan även vara intressant att, som nämnts tidigare i diskussionen, använda olika sändare för att avslöja djupare formationer som nu ligger på gränsen för penetrationsdjupet.

Profilerna A, C och E skulle även dessa om möjligt kompletteras. På Profil A hade det varit intressant att utföra sonderingar mer mot sydväst för att avslöja fortsatt sträckning på den djupa anomalin men även för att reda ut om resistiviteten ökar i berggrunden mot sydväst. Profil C visade på goda resultat och relativt stor överensstämmelse med utförda borrhningar i området. På grund av detta borde ett intresse finnas att mäta i profilens närhet eller i det parti där sonderingar saknas. Detta skulle kunna vara möjligt om en bra dialog förs med djurhållaren som finns i området. Profil E hade varit intressant att komplettera mot norr där relativt grund data erhållits och för att se om det högresistiva lagret minskar i mäktighet. Detta kan dock vara svårt att genomföra då närhet till diverse anläggningar ökar.

Kontrollborrningar hade varit intressant att utföras på valda ställen. På Profil E ungefär vid 300 meter hade en kontrollborrning kunnat avgöra om fördjupningen i berggrunden möjligen utgör en akvifer eller inte. Det finns en förväntning på morän i området men ett intermoränt sediment skulle mycket troligt kunna existera.

Även en kontrollborrning på Profil B vore intressant för att reda ut den väldigt låga resistivitet som den förväntade berggrunden uppvisade. Detta då det nu i dagsläget är svårt att riktigt veta dess sammansättning. En kontrollborrning skulle då med fördel genomföras ungefär vid 800 meter då bra sonderingsresultat erhållits i denna punkt.

7 Referenser

- ABEM Instrument AB. (2012a). *WalkTEM User Guide*. Sundbyberg: ABEM Instrument AB.
- ABEM Instrument AB. (2012b). *WalkTEM Product Leaflet*. Sundbyberg: ABEM Instrument AB
- Andréasson, P-G. (red.) (2006) *Geobiosfären en introduktion*.Lund: Studentlitteratur AB.
- Christiansen, V. A., Auken, E., Sørensen, K. (2009) The transient electromagnetic method. I: R. Kirsch (red.), *Groundwater geophysics a tool for hydrogeology* (s. 179-225). Berlin: Springer
- Daniel, E., (1992). *Beskrivning till jordartskartan Tomelilla SV och Ystad NV*. Uppsala: Sveriges Geologiska Undersökning.
- Danielsen, J. E., Auken, E., Jorgensen, F., Sondergaard, V. & Sørensen, K. I., (2003). The application of the transient electromagnetic method in hydrogeophysical surveys. *Journal of Applied Geophysics, Issue 53*, 181-198.
- Fitterman, V. D., Labson, F. V., (2005) Electromagnetical induction methods for enviromental problems. I: D. K. Butler (red.), *Investigations in geophysics No. 13 Near-surface geophysics*, (s. 301-355). Tulsa: Society of Exploration Geophysicists.
- Gubbins, D., (2004) *Time Series Analysis and Inverse Theory for Geophysicists*. Cambridge: Cambridge University Press.
- McNeill, D. J., (1980) Technical note TN-7 *Application of transient electromagnetic techniques*. Ontario: Geonics Limited.
Tillgänglig på internet: <http://geonics.com/html/technicalnotes.html> [Hämtad: 4 okt 2013]
- McNeill, D. J., (1994) Technical note TN-27 *Principles and Application of time domain electromagnetic techniques for resistivity sounding*. Ontario: Geonics Limited.
Tillgänglig på internet: <http://geonics.com/html/technicalnotes.html> [Hämtad: 4 okt 2013]
- Reynolds, J. M., (2011). *An Introduction to Applied and Enviromental Geophysics*. 2nd ed. Oxford: John Wiley & Sons Ltd.
- Sveriges Geologiska Undersökning. (2000). *Karta över grundvattnet i Skåne län Ah nr 15, 1:200 000*. Uppsala: Sveriges Geologiska Undersökningar. Ah, 15.
- Sveriges Geologiska Undersökning. (2000). *Skånes jordarter Ba nr 55 1:250 000*. Uppsala: Sveriges Geologiska Undersökningar. Ba, 55.
- Sveriges Geologiska Undersökning (1988) *Skånes berggrund Ba nr 43/Ah nr 15 1:250 000*. Uppsala, Sveriges Geologiska Undersökningar. Ba, 43/Ah, 15.
- Vattenmyndigheten Södra Östersjön. (2010). *Förvaltningsplan Södra Östersjöns vattendistrikt 2009-2015*, Kalmar: Vattenmyndigheten i Södra Östersjöns vattendistrikt.



2013-06-04

P 7 beteckning
13 708:11628

Sida 1 (2)

Sändlista

Ert tjänsteställe, handläggare

Lunds Unvinersitet Philip Nilsson [REDACTED]

Vårt tjänsteställe, handläggare

Regstab/G3 handl Ewa Nilsson [REDACTED]
g3-p7@mil.se

Ert datum

2013-06-03

Vårt föregående datum

Er beteckning

Vår föregående beteckning

Svar på Lunds Universitet SGU undersökning på Rinkaby skjutfält.

Bakgrund

Lunds Universitet har inkommit med ansökan om undersökning av mark på uppdrag av Sveriges Geologiska Undersökningar 2013-06-05 kl 0800-1300.

Beslut

Lunds Universitet äger rätt att undersöka mark enl bif karta. Kontakt skall ske med Thomas Jönsson C Rinkaby skjutfält 2013-06-05 kl 0800-1300

Efter nyttjande skall visitation vara utförd av personal ur UtbStödE och samtliga nycklar återlämnas till Resurssekt.

Tillträdesbegränsningar

Vid tillträde till P 7s områden/objekt skall besöksanmälan lämnas, listan skall skickas till g2-p7@mil.se, 14 dagar före besök samt innehålla personnummer, namn och myndighet/företag.

Förfoganderätt och uppsägning

Förfoganderätten gäller enbart enligt ovan.

Om lag, förordning eller Försvarsmaktens Interna Bestämmelser så påkallar sägs avtalet omedelbart upp, utan uppsägningstid. Kan bli aktuellt vid exempelvis beredskapshöjning.

(ewni)

Postadress

247 82 SÖDRA SANDBY

Besöksadress

Revingehed

Telefon

046-36 80 00

Telefax

046-36 80 50

E-post, Internet

exp-p7@mil.se
www.p7.mil.se

Uppkomna kostnader

Kostnader för eventuella uppkomna skador eller onormalt slitage motsvarande bekostas av låntagaren. Även övriga uppkomna kostnader såsom arbetstidskostnad för personal inom P7 garnison eller mtrl-lån kopplad till förhyrningen kommer att debiteras låntagaren.

Mj Thomas Johansson
C G3 P7

Ewa Nilsson
Handl G3

Sändlista:

Philip Nilsson



Inom P 7:

G2(avsett för vakten)

G3

VB

UtbStödE

-Resurssekt

-C Revinge/Kabusa

Namn: Profil H - Olseröd Project 16

Bilaga 2

Datum/ tid:

2013-05-16 14:00

Väder:

Soligt

Markförhållanden:

Torr mark

Kommentar Inställningar:

Har använt script LM_HM_Noise_powerline_50Hz Ver.1

50 cykler och mättid på 700 sekunder.

RC-5 ChA

RC-200 ChB

| Station | Tid | Avstånd från start | Kommentar | Filnamn |
|---------|-------|--------------------|--------------------------------------------------------|------------|
| 1 | 09:00 | 0m | Första mätningen ca 100 meter från väg kan ge störning | 090056_984 |
| 2 | 09:40 | 250m | risk för koppling i dränrör | 094923_763 |
| 3 | 10:30 | 500m | | 103217_706 |
| 4 | 11:10 | 700m | | 111204_609 |
| 5 | 11:55 | 900m | | 120050_546 |
| 6 | 12:50 | 1100m | risk för koppling i dränrör | 124809_203 |
| 7 | | | Linje avslutad på grund av otillgänglig åkermark | |
| 8 | | | | |
| 9 | | | | |
| 10 | | | | |
| | | | | |

Övrigt

Alla mätningar utförda med låne-instrument.

Bilaga 3 - Scriptfil för mjukvara

```
[VERSION]
VERSION=1

[HARDWARE]
NHARDCH=2

[SOFTWARE]
SOFTCHIDS=1 2 3 4 5 6

[SOFTWAREID_1]
HARDCHID=0
MOMENTID=1

[SOFTWAREID_2]
HARDCHID=0
MOMENTID=2

[SOFTWAREID_3]
HARDCHID=0
MOMENTID=3

[SOFTWAREID_4]
HARDCHID=1
MOMENTID=1

[SOFTWAREID_5]
HARDCHID=1
MOMENTID=2

[SOFTWAREID_6]
HARDCHID=1
MOMENTID=3

[DATASEQSET]
DATASEQSETIDS=1

[DATASEQSETID_1]
MOMENTIDS=1 2 3

[MOMENT]
MOMENTIDS=1 2 3

[MOMENTID_1]
TXCOILID=160
TXLOOPAREA=001.0
GAINID=2
BANDFILTID=1
NDATASERIES=500
NPATTERNREP=250
SIGNPATTERN=+1 -1
TXON=1
PERIODTIME=20000E-6
ONTIME=10000E-6
CURRENTMEATIME=9800E-6
CURRENTMEAOFFTIME=18000E-6
STARTMEATIME=10000E-6
LENGTHMEATIME=9743E-6
FRONTGATETIME=10020E-6
STOONTIME=100E-6
NIndex=32
StartSlaveMeaTime=0E-6
LengthSlaveMeaTime=0E-6
FrontGateSlaveTime=0E-6
NSlaveIndex=0

[MOMENTID_2]
TXCOILID=128

TXLOOPAREA=001.0
GAINID=2
BANDFILTID=1
NDATASERIES=1100
NPATTERNREP=550
SIGNPATTERN=+1 -1
TXON=1
PERIODTIME=2250E-6
ONTIME=1000E-6
CURRENTMEATIME=900E-6
CURRENTMEAOFFTIME=1800E-6
STARTMEATIME=1000E-6
LENGTHMEATIME=1000E-6
FRONTGATETIME=1000E-6
STOONTIME=1000E-6
NIndex=22
StartSlaveMeaTime=0E-6
LengthSlaveMeaTime=0E-6
FrontGateSlaveTime=0E-6
NSlaveIndex=0

[MOMENTID_3]
TXCOILID=0
TXLOOPAREA=001.0
GAINID=2
BANDFILTID=1
NDATASERIES=100
NPATTERNREP=50
SIGNPATTERN=+1 -1
TXON=1
PERIODTIME=20000E-6
ONTIME=10000E-6
CURRENTMEATIME=9900E-6
CURRENTMEAOFFTIME=10900E-6
STARTMEATIME=10000E-6
LENGTHMEATIME=9743E-6
FRONTGATETIME=10000E-6
STOONTIME=100E-6
NIndex=32
StartSlaveMeaTime=0E-6
LengthSlaveMeaTime=0E-6
FrontGateSlaveTime=0E-6
NSlaveIndex=0

[MOMENTID_1_SAMPLE_1]
SAMPLEINDEX=4
SAMPLEFACTOR=1.2651375e-06
SAMPLECENTERTIME=2.1900000e-06

[MOMENTID_1_SAMPLE_2]
SAMPLEINDEX=8
SAMPLEFACTOR=3.3946751e-07
SAMPLECENTERTIME=6.1900000e-06

[MOMENTID_1_SAMPLE_3]
SAMPLEINDEX=12
SAMPLEFACTOR=3.3946751e-07
SAMPLECENTERTIME=1.0190000e-05

[MOMENTID_1_SAMPLE_4]
SAMPLEINDEX=16
SAMPLEFACTOR=3.3946751e-07
SAMPLECENTERTIME=1.4190000e-05

[MOMENTID_1_SAMPLE_5]
SAMPLEINDEX=20
SAMPLEFACTOR=3.3946751e-07

SAMPLECENTERTIME=1.8190000e-05

[MOMENTID_1_SAMPLE_6]
SAMPLEINDEX=25
SAMPLEFACTOR=2.6598969e-07
SAMPLECENTERTIME=2.2690000e-05

[MOMENTID_1_SAMPLE_7]
SAMPLEINDEX=32
SAMPLEFACTOR=1.8563027e-07
SAMPLECENTERTIME=2.8690000e-05

[MOMENTID_1_SAMPLE_8]
SAMPLEINDEX=40
SAMPLEFACTOR=1.6126934e-07
SAMPLECENTERTIME=3.6190000e-05

[MOMENTID_1_SAMPLE_9]
SAMPLEINDEX=50
SAMPLEFACTOR=1.2774141e-07
SAMPLECENTERTIME=4.5190000e-05

[MOMENTID_1_SAMPLE_10]
SAMPLEINDEX=63
SAMPLEFACTOR=9.7374991e-08
SAMPLECENTERTIME=5.6690000e-05

[MOMENTID_1_SAMPLE_11]
SAMPLEINDEX=79
SAMPLEFACTOR=7.8673008e-08
SAMPLECENTERTIME=7.1190000e-05

[MOMENTID_1_SAMPLE_12]
SAMPLEINDEX=100
SAMPLEFACTOR=5.9596139e-08
SAMPLECENTERTIME=8.9690000e-05

[MOMENTID_1_SAMPLE_13]
SAMPLEINDEX=126
SAMPLEFACTOR=4.7965355e-08
SAMPLECENTERTIME=1.1319000e-04

[MOMENTID_1_SAMPLE_14]
SAMPLEINDEX=158
SAMPLEFACTOR=3.8863769e-08
SAMPLECENTERTIME=1.4219000e-04

[MOMENTID_1_SAMPLE_15]
SAMPLEINDEX=200
SAMPLEFACTOR=2.9526006e-08
SAMPLECENTERTIME=1.7919000e-04

[MOMENTID_1_SAMPLE_16]
SAMPLEINDEX=251
SAMPLEFACTOR=2.4276420e-08
SAMPLECENTERTIME=2.2569000e-04

[MOMENTID_1_SAMPLE_17]
SAMPLEINDEX=316
SAMPLEFACTOR=1.9016905e-08
SAMPLECENTERTIME=2.8369000e-04

[MOMENTID_1_SAMPLE_18]
SAMPLEINDEX=398
SAMPLEFACTOR=1.5056020e-08
SAMPLECENTERTIME=3.5719000e-04
```

[MOMENTID_1_SAMPLE_19]
SAMPLEINDEX=501
SAMPLEFACTOR=1.1974979e-08
SAMPLECENTERTIME=4.4969000e-04

[MOMENTID_1_SAMPLE_20]
SAMPLEINDEX=631
SAMPLEFACTOR=9.4805770e-09
SAMPLECENTERTIME=5.6619000e-04

[MOMENTID_1_SAMPLE_21]
SAMPLEINDEX=794
SAMPLEFACTOR=7.5567113e-09
SAMPLECENTERTIME=7.1269000e-04

[MOMENTID_1_SAMPLE_22]
SAMPLEINDEX=1000
SAMPLEFACTOR=5.9764244e-09
SAMPLECENTERTIME=8.9719000e-04

[MOMENTID_1_SAMPLE_23]
SAMPLEINDEX=1259
SAMPLEFACTOR=4.7516526e-09
SAMPLECENTERTIME=1.1296900e-03

[MOMENTID_1_SAMPLE_24]
SAMPLEINDEX=1585
SAMPLEFACTOR=3.7739463e-09
SAMPLECENTERTIME=1.4221900e-03

[MOMENTID_1_SAMPLE_25]
SAMPLEINDEX=1995
SAMPLEFACTOR=3.0000302e-09
SAMPLECENTERTIME=1.7901900e-03

[MOMENTID_1_SAMPLE_26]
SAMPLEINDEX=2512
SAMPLEFACTOR=2.3786775e-09
SAMPLECENTERTIME=2.2536900e-03

[MOMENTID_1_SAMPLE_27]
SAMPLEINDEX=3162
SAMPLEFACTOR=1.8916788e-09
SAMPLECENTERTIME=2.8371900e-03

[MOMENTID_1_SAMPLE_28]
SAMPLEINDEX=3981
SAMPLEFACTOR=1.5011512e-09
SAMPLECENTERTIME=3.5716900e-03

[MOMENTID_1_SAMPLE_29]
SAMPLEINDEX=5012
SAMPLEFACTOR=1.1923623e-09
SAMPLECENTERTIME=4.4966900e-03

[MOMENTID_1_SAMPLE_30]
SAMPLEINDEX=6310
SAMPLEFACTOR=9.4702023e-10
SAMPLECENTERTIME=5.6611900e-03

[MOMENTID_1_SAMPLE_31]
SAMPLEINDEX=7943
SAMPLEFACTOR=7.5269958e-10
SAMPLECENTERTIME=7.1266900e-03

[MOMENTID_1_SAMPLE_32]
SAMPLEINDEX=9743
SAMPLEFACTOR=6.8285104e-10
SAMPLECENTERTIME=8.8431900e-03

[MOMENTID_2_SAMPLE_1]

SAMPLEINDEX=4
SAMPLEFACTOR=1.2651375e-06
SAMPLECENTERTIME=2.1900000e-06

[MOMENTID_2_SAMPLE_2]
SAMPLEINDEX=8
SAMPLEFACTOR=3.3946751e-07
SAMPLECENTERTIME=6.1900000e-06

[MOMENTID_2_SAMPLE_3]
SAMPLEINDEX=12
SAMPLEFACTOR=3.3946751e-07
SAMPLECENTERTIME=1.0190000e-05

[MOMENTID_2_SAMPLE_4]
SAMPLEINDEX=16
SAMPLEFACTOR=3.3946751e-07
SAMPLECENTERTIME=1.4190000e-05

[MOMENTID_2_SAMPLE_5]
SAMPLEINDEX=20
SAMPLEFACTOR=3.3946751e-07
SAMPLECENTERTIME=1.8190000e-05

[MOMENTID_2_SAMPLE_6]
SAMPLEINDEX=25
SAMPLEFACTOR=2.6598969e-07
SAMPLECENTERTIME=2.2690000e-05

[MOMENTID_2_SAMPLE_7]
SAMPLEINDEX=32
SAMPLEFACTOR=1.8563027e-07
SAMPLECENTERTIME=2.8690000e-05

[MOMENTID_2_SAMPLE_8]
SAMPLEINDEX=40
SAMPLEFACTOR=1.6126934e-07
SAMPLECENTERTIME=3.6190000e-05

[MOMENTID_2_SAMPLE_9]
SAMPLEINDEX=50
SAMPLEFACTOR=1.2774141e-07
SAMPLECENTERTIME=4.5190000e-05

[MOMENTID_2_SAMPLE_10]
SAMPLEINDEX=63
SAMPLEFACTOR=9.7374991e-08
SAMPLECENTERTIME=5.6690000e-05

[MOMENTID_2_SAMPLE_11]
SAMPLEINDEX=79
SAMPLEFACTOR=7.8673008e-08
SAMPLECENTERTIME=7.1190000e-05

[MOMENTID_2_SAMPLE_12]
SAMPLEINDEX=100
SAMPLEFACTOR=5.9596139e-08
SAMPLECENTERTIME=8.9690000e-05

[MOMENTID_2_SAMPLE_13]
SAMPLEINDEX=126
SAMPLEFACTOR=4.7965355e-08
SAMPLECENTERTIME=1.1319000e-04

[MOMENTID_2_SAMPLE_14]
SAMPLEINDEX=158
SAMPLEFACTOR=3.8863769e-08
SAMPLECENTERTIME=1.4219000e-04

[MOMENTID_2_SAMPLE_15]
SAMPLEINDEX=200

SAMPLEFACTOR=2.9526006e-08
SAMPLECENTERTIME=1.7919000e-04

[MOMENTID_2_SAMPLE_16]
SAMPLEINDEX=251
SAMPLEFACTOR=2.4276420e-08
SAMPLECENTERTIME=2.2569000e-04

[MOMENTID_2_SAMPLE_17]
SAMPLEINDEX=316
SAMPLEFACTOR=1.9016905e-08
SAMPLECENTERTIME=2.8369000e-04

[MOMENTID_2_SAMPLE_18]
SAMPLEINDEX=398
SAMPLEFACTOR=1.5056020e-08
SAMPLECENTERTIME=3.5719000e-04

[MOMENTID_2_SAMPLE_19]
SAMPLEINDEX=501
SAMPLEFACTOR=1.1974979e-08
SAMPLECENTERTIME=4.4969000e-04

[MOMENTID_2_SAMPLE_20]
SAMPLEINDEX=631
SAMPLEFACTOR=9.4805770e-09
SAMPLECENTERTIME=5.6619000e-04

[MOMENTID_2_SAMPLE_21]
SAMPLEINDEX=794
SAMPLEFACTOR=7.5567113e-09
SAMPLECENTERTIME=7.1269000e-04

[MOMENTID_2_SAMPLE_22]
SAMPLEINDEX=1000
SAMPLEFACTOR=5.9764244e-09
SAMPLECENTERTIME=8.9719000e-04

[MOMENTID_3_SAMPLE_1]
SAMPLEINDEX=4
SAMPLEFACTOR=1.2651375e-06
SAMPLECENTERTIME=2.1900000e-06

[MOMENTID_3_SAMPLE_2]
SAMPLEINDEX=8
SAMPLEFACTOR=3.3946751e-07
SAMPLECENTERTIME=6.1900000e-06

[MOMENTID_3_SAMPLE_3]
SAMPLEINDEX=12
SAMPLEFACTOR=3.3946751e-07
SAMPLECENTERTIME=1.0190000e-05

[MOMENTID_3_SAMPLE_4]
SAMPLEINDEX=16
SAMPLEFACTOR=3.3946751e-07
SAMPLECENTERTIME=1.4190000e-05

[MOMENTID_3_SAMPLE_5]
SAMPLEINDEX=20
SAMPLEFACTOR=3.3946751e-07
SAMPLECENTERTIME=1.8190000e-05

[MOMENTID_3_SAMPLE_6]
SAMPLEINDEX=25
SAMPLEFACTOR=2.6598969e-07
SAMPLECENTERTIME=2.2690000e-05

[MOMENTID_3_SAMPLE_7]
SAMPLEINDEX=32
SAMPLEFACTOR=1.8563027e-07

SAMPLECENTERTIME=2.8690000e-05

[MOMENTID_3_SAMPLE_8]

SAMPLEINDEX=40

SAMPLEFACTOR=1.6126934e-07

SAMPLECENTERTIME=3.6190000e-05

[MOMENTID_3_SAMPLE_9]

SAMPLEINDEX=50

SAMPLEFACTOR=1.2774141e-07

SAMPLECENTERTIME=4.5190000e-05

[MOMENTID_3_SAMPLE_10]

SAMPLEINDEX=63

SAMPLEFACTOR=9.7374991e-08

SAMPLECENTERTIME=5.6690000e-05

[MOMENTID_3_SAMPLE_11]

SAMPLEINDEX=79

SAMPLEFACTOR=7.8673008e-08

SAMPLECENTERTIME=7.1190000e-05

[MOMENTID_3_SAMPLE_12]

SAMPLEINDEX=100

SAMPLEFACTOR=5.9596139e-08

SAMPLECENTERTIME=8.9690000e-05

[MOMENTID_3_SAMPLE_13]

SAMPLEINDEX=126

SAMPLEFACTOR=4.7965355e-08

SAMPLECENTERTIME=1.1319000e-04

[MOMENTID_3_SAMPLE_14]

SAMPLEINDEX=158

SAMPLEFACTOR=3.8863769e-08

SAMPLECENTERTIME=1.4219000e-04

[MOMENTID_3_SAMPLE_15]

SAMPLEINDEX=200

SAMPLEFACTOR=2.9526006e-08

SAMPLECENTERTIME=1.7919000e-04

[MOMENTID_3_SAMPLE_16]

SAMPLEINDEX=251

SAMPLEFACTOR=2.4276420e-08

SAMPLECENTERTIME=2.2569000e-04

[MOMENTID_3_SAMPLE_17]

SAMPLEINDEX=316

SAMPLEFACTOR=1.9016905e-08

SAMPLECENTERTIME=2.8369000e-04

[MOMENTID_3_SAMPLE_18]

SAMPLEINDEX=398

SAMPLEFACTOR=1.5056020e-08

SAMPLECENTERTIME=3.5719000e-04

[MOMENTID_3_SAMPLE_19]

SAMPLEINDEX=501

SAMPLEFACTOR=1.1974979e-08

SAMPLECENTERTIME=4.4969000e-04

[MOMENTID_3_SAMPLE_20]

SAMPLEINDEX=631

SAMPLEFACTOR=9.4805770e-09

SAMPLECENTERTIME=5.6619000e-04

[MOMENTID_3_SAMPLE_21]

SAMPLEINDEX=794

SAMPLEFACTOR=7.5567113e-09

SAMPLECENTERTIME=7.1269000e-04

[MOMENTID_3_SAMPLE_22]

SAMPLEINDEX=1000

SAMPLEFACTOR=5.9764244e-09

SAMPLECENTERTIME=8.9719000e-04

[MOMENTID_3_SAMPLE_23]

SAMPLEINDEX=1259

SAMPLEFACTOR=4.7516526e-09

SAMPLECENTERTIME=1.1296900e-03

[MOMENTID_3_SAMPLE_24]

SAMPLEINDEX=1585

SAMPLEFACTOR=3.7739463e-09

SAMPLECENTERTIME=1.4221900e-03

[MOMENTID_3_SAMPLE_25]

SAMPLEINDEX=1995

SAMPLEFACTOR=3.0000302e-09

SAMPLECENTERTIME=1.7901900e-03

[MOMENTID_3_SAMPLE_26]

SAMPLEINDEX=2512

SAMPLEFACTOR=2.3786775e-09

SAMPLECENTERTIME=2.2536900e-03

[MOMENTID_3_SAMPLE_27]

SAMPLEINDEX=3162

SAMPLEFACTOR=1.8916788e-09

SAMPLECENTERTIME=2.8371900e-03

[MOMENTID_3_SAMPLE_28]

SAMPLEINDEX=3981

SAMPLEFACTOR=1.5011512e-09

SAMPLECENTERTIME=3.5716900e-03

[MOMENTID_3_SAMPLE_29]

SAMPLEINDEX=5012

SAMPLEFACTOR=1.1923623e-09

SAMPLECENTERTIME=4.4966900e-03

[MOMENTID_3_SAMPLE_30]

SAMPLEINDEX=6310

SAMPLEFACTOR=9.4702023e-10

SAMPLECENTERTIME=5.6611900e-03

[MOMENTID_3_SAMPLE_31]

SAMPLEINDEX=7943

SAMPLEFACTOR=7.5269958e-10

SAMPLECENTERTIME=7.1266900e-03

[MOMENTID_3_SAMPLE_32]

SAMPLEINDEX=9743

SAMPLEFACTOR=6.8285104e-10

SAMPLECENTERTIME=8.8431900e-03

Bilaga 4 - Konverteringsparametrar

Högt Moment

/FIELD_SHIFT_FACTOR: 1

/LOOP_SIZE: 40.0, 40.0

/LOOP_TURNS: 1

/TIME_DELAY: 2.5E-6

/RAMP_TIME: 1E-5

/RAMP_TIME_ON: 1E-5

/RX_FRONTGATE: 2E-5

/LOW_PASS: 450000, 1, 450000, 1

Lågt Moment

/FIELD_SHIFT_FACTOR: 1

/LOOP_SIZE: 40.0, 40.0

/LOOP_TURNS: 1

/TIME_DELAY: 2.5E-6

/RAMP_TIME: 1E-5

/RAMP_TIME_ON: 1E-5

/RX_FRONTGATE: 0

/LOW_PASS: 450000, 1, 450000, 1

Bilaga 6 - Inversionsresultat alla sonderingar

| Profil A - Silvåkra | Lager | Resistivitet (Ωm) | Tjocklek (m) | Djup (m) | STD Res | STD Tj | STD Dj |
|----------------------------|--------------|--------------------------------------------|---------------------|-----------------|----------------|---------------|---------------|
| Sondering 1 | | | | | | | |
| | Lager 1 | 348,7 | 51,1 | 51,1 | 9,95 | 1,87 | 1,87 |
| | Lager 2 | 50 | 133,7 | 184,8 | 1,44 | 1,61 | 1,19 |
| | Lager 3 | 3,7 | | | 3,52 | | |
| Sondering 2 | | | | | | | |
| | Lager 1 | 443,7 | 43,5 | 43,5 | 6,51 | 1,53 | 1,53 |
| | Lager 2 | 54,1 | 84,5 | 128 | 1,18 | 1,78 | 1,25 |
| | Lager 3 | 149,4 | | | 2,18 | | |
| Sondering 4 | | | | | | | |
| | Lager 1 | 640,9 | 35,8 | 35,8 | 1,56 | 1,56 | 1,56 |
| | Lager 2 | 36,9 | 66 | 101,8 | 1,16 | 1,9 | 1,27 |
| | Lager 3 | 60,1 | 151 | 252,8 | 1,28 | 1,33 | 1,1 |
| | Lager 4 | 12,6 | | | 1,61 | | |
| Sondering 5 | | | | | | | |
| | Lager 1 | 511,8 | 33,9 | 33,9 | 99 | 1,3 | 1,3 |
| | Lager 2 | 37,9 | 114 | 147,9 | 1,05 | 1,75 | 1,39 |
| | Lager 3 | 150,5 | 96,7 | 244,5 | 99 | 3,38 | 1,22 |
| | Lager 4 | 18,1 | | | 1,52 | | |
| Sondering 6 | | | | | | | |
| | Lager 1 | 228,9 | 43,5 | 43,5 | 1,2 | 1,06 | 1,06 |
| | Lager 2 | 32 | 93,1 | 136,6 | 1,04 | 1,33 | 1,18 |
| | Lager 3 | 79,9 | 132,9 | 269,5 | 2,32 | 2,15 | 1,29 |
| | Lager 4 | 24,8 | | | 1,91 | | |
| Sondering 8 | | | | | | | |
| | Lager 1 | 248,9 | 52,1 | 52,1 | 1,08 | 1,03 | 1,03 |
| | Lager 2 | 30 | 107,3 | 159,4 | 1,03 | 1,38 | 1,21 |
| | Lager 3 | 55,9 | 135,6 | 295 | 2 | 1,75 | 1,15 |
| | Lager 4 | 13,2 | | | 2,07 | | |

| Profil B - Vomb | Lager | Resistivitet (Ωm) | Tjocklek (m) | Djup (m) | STD Res | STD Tj | STD Dj |
|------------------------|--------------|--------------------------------------------|---------------------|-----------------|----------------|---------------|---------------|
| Sondering 1 | Lager 1 | 1051,2 | 63,3 | 63,3 | 99 | 1,75 | 1,75 |
| | Lager 2 | 30,2 | 41 | 94,3 | 1,77 | 1,54 | 1,13 |
| | Lager 3 | 15,7 | | | 1,04 | | |
| Sondering 2 | Lager 1 | 767,7 | 44,6 | 44,6 | 99 | 3,82 | 3,82 |
| | Lager 2 | 38,6 | 40,4 | 85 | 2,77 | 3,1 | 1,17 |
| | Lager 3 | 16,9 | | | 1,03 | | |
| Sondering 3 | Lager 1 | 194,8 | 49,2 | 49,2 | 1,83 | 1,75 | 1,75 |
| | Lager 2 | 42,7 | 33,8 | 82,9 | 2,14 | 1,7 | 1,12 |
| | Lager 3 | 16,3 | | | 1,03 | | |
| Sondering 4 | Lager 1 | 177,5 | 48 | 48 | 1,13 | 1,16 | 1,16 |
| | Lager 2 | 31,7 | 27 | 75 | 1,46 | 1,1 | 1,09 |
| | Lager 3 | 16,5 | | | 1,03 | | |
| Sondering 5 | Lager 1 | 306,8 | 42,8 | 42,8 | 99 | 5,22 | 5,22 |
| | Lager 2 | 46,4 | 33,6 | 76,4 | 5,6 | 4,98 | 1,22 |
| | Lager 3 | 18,9 | | | 1,03 | | |
| Sondering 6 | Lager 1 | 183,2 | 60,7 | 60,7 | 1,03 | 1,01 | 1,01 |
| | Lager 2 | 21,7 | | | 1,02 | | |
| Sondering 7 | Lager 1 | 373,2 | 57,2 | 57,2 | 1,17 | 1,02 | 1,02 |
| | Lager 2 | 24,3 | | | 1,02 | | |
| Sondering 8 | Lager 1 | 1589,3 | 53,6 | 53,6 | 4,82 | 1,04 | 1,04 |
| | Lager 2 | 26,5 | | | 1,02 | | |
| Sondering 9 | Lager 1 | 396,7 | 58,3 | 58,3 | 1,19 | 1,02 | 1,02 |
| | Lager 2 | 29,2 | | | 1,02 | | |
| Sondering 10 | Lager 1 | 751,4 | 51 | 51 | 99 | 4,96 | 4,96 |
| | Lager 2 | 46,4 | 38,2 | 89,2 | 5,02 | 3,24 | 1,42 |
| | Lager 3 | 28,8 | | | 1,03 | | |

| Profil C - Sövdesjön | Lager | Resistivitet (Ωm) | Tjocklek (m) | Djup (m) | STD Res | STD Tj | STD Dj |
|-----------------------------|--------------------------------------------|--------------------------------------------|---------------------|-----------------|----------------|---------------|---------------|
| Sondering 1 | | | | | | | |
| | Lager 1 | 553,5 | 27,3 | 27,3 | 9,52 | 1,37 | 1,37 |
| | Lager 2 | 43,9 | 80 | 107,3 | 1,06 | 1,13 | 1,12 |
| | Lager 3 | 29,3 | | | 1,1 | | |
| Sondering 2 | | | | | | | |
| | Lager 1 | 480,2 | 51,1 | 51,1 | 1,19 | 1,03 | 1,03 |
| | Lager 2 | 45,5 | 115,4 | 166,5 | 1,02 | 1,1 | 1,07 |
| | Lager 3 | 26,4 | | | 1,12 | | |
| Profil D - Fyledalen | | | | | | | |
| Lager | Resistivitet (Ωm) | Tjocklek (m) | Djup (m) | STD Res | STD Tj | STD Dj | |
| Sondering 1 | | | | | | | |
| Lager 1 | 732 | 39,1 | 39,1 | 5,41 | 1,35 | 1,35 | |
| Lager 2 | 91,1 | 137,8 | 176,9 | 1,05 | 1,22 | 1,19 | |
| Lager 3 | 64,4 | | | 1,19 | | | |
| Sondering 2 | | | | | | | |
| Lager 1 | 538,7 | 51,1 | 51,1 | 1,3 | 1,08 | 1,08 | |
| Lager 2 | 85,2 | 209 | 260,1 | 1,02 | 1,1 | 1,08 | |
| Lager 3 | 40,5 | | | 1,23 | | | |
| Sondering 4 | | | | | | | |
| Lager 1 | 378,9 | 62,9 | 62,9 | 1,07 | 1,05 | 1,05 | |
| Lager 2 | 89,2 | 209,9 | 272,7 | 1,03 | 1,08 | 1,06 | |
| Lager 3 | 31,6 | | | 1,32 | | | |
| Sondering 5 | | | | | | | |
| Lager 1 | 526 | 64,8 | 64,8 | 1,08 | 1,03 | 1,03 | |
| Lager 2 | 89,1 | 203,8 | 268,6 | 1,02 | 1,05 | 1,04 | |
| Lager 3 | 31,7 | | | 1,15 | | | |
| Sondering 6 | | | | | | | |
| Lager 1 | 584,4 | 61,7 | 61,7 | 1,45 | 1,11 | 1,11 | |
| Lager 2 | 89,2 | 181,5 | 253,1 | 1,04 | 1,08 | 1,06 | |
| Lager 3 | 36,4 | | | 1,25 | | | |
| Sondering 7 | | | | | | | |
| Lager 1 | 616,9 | 61,7 | 61,7 | 2,06 | 1,2 | 1,2 | |
| Lager 2 | 96,6 | 180 | 241,7 | 1,05 | 1,07 | 1,05 | |
| Lager 3 | 37,7 | | | 1,15 | | | |

| Profil E - Högestad | Lager | Resistivitet (Ωm) | Tjocklek (m) | Djup (m) | STD Res | STD Tj | STD Dj |
|----------------------------|--------------|--------------------------------------------|---------------------|-----------------|----------------|---------------|---------------|
| Sondering 1 | | | | | | | |
| | Lager 1 | 279,4 | 27,3 | 27,3 | 5,11 | 1,97 | 1,97 |
| | Lager 2 | 59 | 69,9 | 97,1 | 1,15 | 2,67 | 2,84 |
| | Lager 3 | 51,6 | | | 2,2 | | |
| Sondering 2 | | | | | | | |
| | Lager 1 | 606,1 | 32,7 | 32,7 | 4,42 | 1,21 | 1,21 |
| | Lager 2 | 48,4 | 147,8 | 180,4 | 1,05 | 1,26 | 1,21 |
| | Lager 3 | 28,9 | | | 2,2 | | |
| Sondering 3 | | | | | | | |
| | Lager 1 | 155,2 | 34,8 | 34,8 | 1,12 | 1,34 | 1,34 |
| | Lager 2 | 31,1 | 15,2 | 50 | 2,57 | 7,38 | 1,41 |
| | Lager 3 | 53,3 | | | 1,06 | | |
| Sondering 4 | | | | | | | |
| | Lager 1 | 473,3 | 31,8 | 31,8 | 99 | 2,89 | 2,89 |
| | Lager 2 | 45,2 | 46,9 | 78,7 | 1,47 | 6,29 | 1,71 |
| | Lager 3 | 56,6 | | | 1,14 | | |
| Sondering 5 | | | | | | | |
| | Lager 1 | 269,6 | 33,5 | 33,5 | 1,68 | 1,19 | 1,19 |
| | Lager 2 | 53,2 | | | 1,04 | | |
| Sondering 6 | | | | | | | |
| | Lager 1 | 214,1 | 65,2 | 65,2 | 1,08 | 1,52 | 1,52 |
| | Lager 2 | 74,7 | 30,6 | 95,9 | 3,11 | 1,32 | 1,23 |
| | Lager 3 | 39,2 | | | 1,03 | | |
| Sondering 7 | | | | | | | |
| | Lager 1 | 281,8 | 41,8 | 41,8 | 1,3 | 1,08 | 1,08 |
| | Lager 2 | 42,9 | | | 1,04 | | |

| Profil F - Rinkaby | Lager | Resistivitet (Ωm) | Tjocklek (m) | Djup (m) | STD Res | STD Tj | STD Dj |
|---------------------------|--------------|--------------------------------------------|---------------------|-----------------|----------------|---------------|---------------|
| Sondering 3 | | | | | | | |
| | Lager 1 | 271,9 | 96,5 | 96,5 | 1,3 | 99 | 99 |
| | Lager 2 | 1008,3 | 88,2 | 184,7 | 99 | 99 | 3,01 |
| | Lager 3 | 223,8 | | | 2,35 | | |
| Sondering 4 | | | | | | | |
| | Lager 1 | 396,9 | 32,5 | 32,5 | 99 | 99 | 99 |
| | Lager 2 | 80,8 | 23,6 | 56,2 | 99 | 99 | 4,44 |
| | Lager 3 | 1629 | 111,3 | 167,5 | 99 | 99 | 4,05 |
| | Lager 4 | 289,8 | | | 3,16 | | |
| Sondering 5 | | | | | | | |
| | Lager 1 | 174,1 | 73,2 | 73,2 | 1,01 | 1,06 | 1,06 |
| | Lager 2 | 1195,1 | | | 1,35 | | |
| Sondering 6 | | | | | | | |
| | Lager 1 | 110,9 | 18,9 | 18,9 | 1,73 | 99 | 99 |
| | Lager 2 | 141,4 | 43 | 64,9 | 3,12 | 8,4 | 1,51 |
| | Lager 3 | 6525,4 | | | 99 | | |
| Sondering 7 | | | | | | | |
| | Lager 1 | 214,4 | 98,4 | 98,4 | 1,02 | 1,12 | 1,12 |
| | Lager 2 | 20000 | | | 99 | | |

| Profil I - Olseröd | Lager | Resistivitet (Ωm) | Tjocklek (m) | Djup (m) | STD Res | STD Tj | STD Dj |
|---------------------------|--------------|--------------------------------------------|---------------------|-----------------|----------------|---------------|---------------|
| Sondering 1 | | | | | | | |
| | Lager 1 | 259,7 | 49,5 | 49,5 | 1,31 | 99 | 99 |
| | Lager 2 | 293 | 251,8 | 301,3 | 1,25 | 1,92 | 1,15 |
| | Lager 3 | 2,4 | | | 2,3 | | |
| Sondering 3 | | | | | | | |
| | Lager 1 | 282,9 | 53,2 | 53,2 | 1,21 | 2,12 | 2,12 |
| | Lager 2 | 455,4 | | | 1,08 | | |
| Sondering 4 | | | | | | | |
| | Lager 1 | 164,2 | 82,5 | 82,5 | 1,01 | 1,09 | 1,09 |
| | Lager 2 | 1464,1 | 134,3 | 216,7 | 1,99 | 1,23 | 1,1 |
| | Lager 3 | 3,1 | | | 2,07 | | |
| Sondering 5 | | | | | | | |
| | Lager 1 | 171 | 79,9 | 79,9 | 1,04 | 1,1 | 1,1 |
| | Lager 2 | 2663,4 | | | 1,91 | | |
| Sondering 6 | | | | | | | |
| | Lager 1 | 273,3 | 130,7 | 130,7 | 1,01 | 1,07 | 1,07 |
| | Lager 2 | 3546,5 | | | 2,25 | | |

| Profil H - Friseboda | Lager | Resistivitet (Ωm) | Tjocklek (m) | Djup (m) | STD Res | STD Tj | STD Dj |
|-----------------------------|----------------|--------------------------------------------|---------------------|-----------------|----------------|---------------|---------------|
| Sondering 1 | | | | | | | |
| | <i>Lager 1</i> | 232,4 | 26,5 | 26,5 | 99 | 99 | 99 |
| | <i>Lager 2</i> | 72,7 | 30,2 | 56,7 | 99 | 99 | 4,52 |
| | <i>Lager 3</i> | 1947,4 | 113,8 | 170,5 | 99 | 10,74 | 4,02 |
| | <i>Lager 4</i> | 173 | | | 2,42 | | |
| Sondering 3 | | | | | | | |
| | <i>Lager 1</i> | 815,9 | 30,2 | 30,2 | 99 | 6,22 | 6,22 |
| | <i>Lager 2</i> | 17,9 | 10,9 | 41,2 | 99 | 99 | 1,18 |
| | <i>Lager 3</i> | 1404,6 | | | 1,82 | | |
| Sondering 6 | | | | | | | |
| | <i>Lager 1</i> | 721 | 24,5 | 24,5 | 99 | 3,16 | 3,16 |
| | <i>Lager 2</i> | 50 | 20,4 | 44,8 | 3,58 | 6,24 | 1,26 |
| | <i>Lager 3</i> | 20000 | | | 99 | | |

Bilaga 7 - Penetrationsdjup

Penetrationsdjupet angivet i meter (m)

| <u>Profil A - Silvåkra</u> | <u>Övre gräns penetration</u> | <u>Undre gräns penetration</u> | <u>Markytans höjd (m ö.h.)</u> |
|----------------------------|-------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|
| <i>Sondering 1</i> | 165 | 213 | 32 |
| <i>Sondering 2</i> | 133 | 167 | 34 |
| <i>Sondering 4</i> | 149 | 186 | 25 |
| <i>Sondering 5</i> | 142 | 163 | 22 |
| <i>Sondering 6</i> | 145 | 179 | 23 |
| <i>Sondering 8</i> | 159 | 188 | 16 |

| <u>Profil B - Vomb</u> | <u>Övre gräns penetration</u> | <u>Undre gräns penetration</u> | <u>Markytans höjd (m ö.h.)</u> |
|------------------------|-------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|
| <i>Sondering 1</i> | 172 | 203 | 35 |
| <i>Sondering 2</i> | 185 | 216 | 38 |
| <i>Sondering 3</i> | 187 | 218 | 43 |
| <i>Sondering 4</i> | 161 | 194 | 29 |
| <i>Sondering 5</i> | 178 | 211 | 44 |
| <i>Sondering 6</i> | 177 | 212 | 45 |
| <i>Sondering 7</i> | 175 | 210 | 46 |
| <i>Sondering 8</i> | 189 | 220 | 40 |
| <i>Sondering 9</i> | 192 | 222 | 41 |
| <i>Sondering 10</i> | 190 | 220 | 47 |

| <u>Profil C - Sövdesjön</u> | <u>Övre gräns penetration</u> | <u>Undre gräns penetration</u> | <u>Markytans höjd (m ö.h.)</u> |
|-----------------------------|-------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|
| <i>Sondering 1</i> | 147 | 179 | 43 |
| <i>Sondering 2</i> | 188 | 218 | 52 |

| <u>Profil D - Fyledalen</u> | <u>Övre gräns penetration</u> | <u>Undre gräns penetration</u> | <u>Markytans höjd (m ö.h.)</u> |
|-----------------------------|-------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|
| <i>Sondering 1</i> | 178 | 213 | 83 |
| <i>Sondering 2</i> | 187 | 217 | 90 |
| <i>Sondering 4</i> | 182 | 214 | 84 |
| <i>Sondering 5</i> | 193 | 220 | 87 |
| <i>Sondering 6</i> | 191 | 219 | 82 |
| <i>Sondering 7</i> | 194 | 221 | 86 |

| <u>Profil E - Högestad</u> | <u>Övre gräns penetration</u> | <u>Undre gräns penetration</u> | <u>Markytans höjd (m ö.h.)</u> |
|----------------------------|-------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|
| <i>Sondering 1</i> | 144 | 180 | 47 |
| <i>Sondering 2</i> | 147 | 188 | 41 |
| <i>Sondering 3</i> | 136 | 175 | 35 |
| <i>Sondering 4</i> | 143 | 179 | 47 |
| <i>Sondering 5</i> | 136 | 172 | 44 |
| <i>Sondering 6</i> | 192 | 221 | 48 |
| <i>Sondering 7</i> | 140 | 171 | 40 |

| <u>Profil F - Rinkaby</u> | <u>Övre gräns penetration</u> | <u>Undre gräns penetration</u> | <u>Markytans höjd (m ö.h.)</u> |
|----------------------------------|--------------------------------------|---------------------------------------|---------------------------------------|
| <i>Sondering 3</i> | 179 | 222 | 9 |
| <i>Sondering 4</i> | 96 | 192 | 4 |
| <i>Sondering 5</i> | 80 | 112 | 5 |
| <i>Sondering 6</i> | 60 | 68 | 9 |
| <i>Sondering 7</i> | 92 | 100 | 8 |

| <u>Profil H - Friseboda</u> | <u>Övre gräns penetration</u> | <u>Undre gräns penetration</u> | <u>Markytans höjd (m ö.h.)</u> |
|------------------------------------|--------------------------------------|---------------------------------------|---------------------------------------|
| <i>Sondering 1</i> | 153 | 182 | 7 |
| <i>Sondering 3</i> | 170 | 208 | 9 |
| <i>Sondering 4</i> | 86 | 142 | 9 |
| <i>Sondering 5</i> | 90 | 98 | 13 |
| <i>Sondering 6</i> | 127 | 140 | 8 |

| <u>Profil I - Olesröd</u> | <u>Övre gräns penetration</u> | <u>Undre gräns penetration</u> | <u>Markytans höjd (m ö.h.)</u> |
|----------------------------------|--------------------------------------|---------------------------------------|---------------------------------------|
| <i>Sondering 1</i> | 113 | 211 | 3 |
| <i>Sondering 3</i> | 52 | 85 | 13 |
| <i>Sondering 6</i> | 51 | 52 | -2 |

Bilaga 8 - Koordinater (WGS-84)

Angivna i UTM och zon 33N.

| <u>Profil A - Silvåkra</u> | <u>E</u> | <u>N</u> |
|----------------------------|-----------|------------|
| <i>Sondering 1</i> | 405878,21 | 6172275,87 |
| <i>Sondering 2</i> | 406064,85 | 6172388,66 |
| <i>Sondering 3</i> | 406244,00 | 6172521,00 |
| <i>Sondering 4</i> | 406410,00 | 6172613,00 |
| <i>Sondering 5</i> | 406630,00 | 6172743,00 |
| <i>Sondering 6</i> | 406870,00 | 6172829,00 |
| <i>Sondering 7</i> | 407087,00 | 6173006,00 |
| <i>Sondering 8</i> | 407247,00 | 6173087,00 |
| <i>Sondering 9</i> | 407441,00 | 6173143,00 |
| <i>Sondering 10</i> | 407680,00 | 6173214,00 |

| <u>Profil B - Vomb</u> | <u>E</u> | <u>N</u> |
|------------------------|-----------|------------|
| <i>Sondering 1</i> | 410850,00 | 6169612,00 |
| <i>Sondering 2</i> | 410790,00 | 6169391,00 |
| <i>Sondering 3</i> | 410744,00 | 6169149,00 |
| <i>Sondering 4</i> | 410694,00 | 6168956,00 |
| <i>Sondering 5</i> | 410647,00 | 6168747,00 |
| <i>Sondering 6</i> | 410589,00 | 6168460,00 |
| <i>Sondering 7</i> | 410537,00 | 6168218,00 |
| <i>Sondering 8</i> | 410495,00 | 6168021,00 |
| <i>Sondering 9</i> | 410449,00 | 6167818,00 |
| <i>Sondering 10</i> | 410420,00 | 6167693,00 |

| <u>Profil C - Sövdesjön</u> | <u>E</u> | <u>N</u> |
|-----------------------------|-----------|------------|
| <i>Sondering 1</i> | 416882,33 | 6158913,15 |
| <i>Sondering 2</i> | 418202,78 | 6158063,36 |

| <u>Profil D - Fyledalen</u> | <u>E</u> | <u>N</u> |
|-----------------------------|-----------|------------|
| <i>Sondering 1</i> | 426060,07 | 6157700,43 |
| <i>Sondering 2</i> | 426138,16 | 6157519,55 |
| <i>Sondering 3</i> | 426233,37 | 6157300,03 |
| <i>Sondering 4</i> | 426311,00 | 6156860,00 |
| <i>Sondering 5</i> | 426444,00 | 6156716,00 |
| <i>Sondering 6</i> | 426570,00 | 6156562,00 |
| <i>Sondering 7</i> | 426653,00 | 6156389,00 |
| <i>Sondering 8</i> | 426716,00 | 6156189,00 |

| Profil E - Högestad | E | N |
|----------------------------|-----------|------------|
| <i>Sondering 1</i> | 428910,00 | 6151380,00 |
| <i>Sondering 2</i> | 428910,00 | 6151206,00 |
| <i>Sondering 3</i> | 428857,00 | 6151010,00 |
| <i>Sondering 4</i> | 428949,00 | 6150815,00 |
| <i>Sondering 5</i> | 428994,00 | 6150557,00 |
| <i>Sondering 6</i> | 428960,00 | 6150254,00 |
| <i>Sondering 7</i> | 429020,00 | 6149985,00 |
| <i>Sondering 8</i> | 429013,00 | 6149738,00 |
| <i>Sondering 9</i> | 429072,00 | 6149534,00 |

| Profil F - Rinkaby | E | N |
|---------------------------|-----------|------------|
| <i>Sondering 1</i> | 455155,44 | 6203908,50 |
| <i>Sondering 2</i> | 455258,90 | 6203729,38 |
| <i>Sondering 3</i> | 455340,66 | 6203548,63 |
| <i>Sondering 4</i> | 455451,85 | 6203384,54 |
| <i>Sondering 5</i> | 455532,47 | 6203196,82 |
| <i>Sondering 6</i> | 455626,57 | 6203016,10 |
| <i>Sondering 7</i> | 455839,60 | 6202745,85 |

| Profil G - Horna | E | N |
|-------------------------|-----------|------------|
| <i>Sondering 1</i> | 451772,96 | 6199937,67 |
| <i>Sondering 2</i> | 451934,28 | 6199979,24 |
| <i>Sondering 3</i> | 452444,78 | 6199940,74 |
| <i>Sondering 4</i> | 452610,65 | 6200122,32 |
| <i>Sondering 5</i> | 452707,37 | 6200332,55 |

| Profil I - Olseröd | E | N |
|---------------------------|-----------|------------|
| <i>Sondering 1</i> | 446899,81 | 6185155,94 |
| <i>Sondering 2</i> | 446802,83 | 6185345,52 |
| <i>Sondering 3</i> | 446797,82 | 6185617,35 |
| <i>Sondering 4</i> | 446759,83 | 6185810,80 |
| <i>Sondering 5</i> | 446688,76 | 6186007,93 |
| <i>Sondering 6</i> | 446685,24 | 6186182,49 |

| Profil H - Friseboda | E | N |
|-----------------------------|-----------|------------|
| <i>Sondering 1</i> | 450142,79 | 6184443,42 |
| <i>Sondering 2</i> | 449983,38 | 6184509,20 |
| <i>Sondering 3</i> | 449810,78 | 6184633,08 |
| <i>Sondering 4</i> | 449385,15 | 6184662,08 |
| <i>Sondering 5</i> | 449128,57 | 6184842,84 |
| <i>Sondering 6</i> | 448846,83 | 6184926,78 |
| <i>Sondering 7</i> | 448653,82 | 6184937,79 |
| <i>Sondering 8</i> | 448426,45 | 6184983,74 |
| <i>Sondering 9</i> | 448237,34 | 6185071,81 |

Bilaga 9 - Borrhållssonderingar

SGU Brunns-ID 23300724
DrillDepth 46
Elevation 25
VerticalRef DVR90
XUTM 405379
YUTM 6171967
UTMZone 33
Datum EUREF89

| Top | Bottom | Totaldescr | RockSymbol |
|-----|--------|------------|------------|
| 0 | 36 | finsand | s |
| 36 | 46 | kalksten | ds |

SGU Brunns-ID 23100157
DrillDepth 67
Elevation 32
VerticalRef DVR90
XUTM 409627
YUTM 6167619
UTMZone 33
Datum EUREF89

| Top | Bottom | Totaldescr | RockSymbol |
|------|--------|------------|------------|
| 0 | 12,5 | sand | s |
| 12,5 | 14 | moränlera | ml |
| 14 | 21 | mo | di |
| 21 | 23,6 | lera | m |
| 23,6 | 25,1 | grovmo | s |
| 25,1 | 26,8 | lera | m |
| 26,8 | 27,4 | grovmo | s |
| 27,4 | 39,5 | morän | ml |
| 39,5 | 45 | lera | m |
| 45 | 63 | morän | ml |
| 63 | 67 | märgel | bk |

SGU Brunns-ID 23100148
DrillDepth 95,5
Elevation 41
VerticalRef DVR90
XUTM 417926
YUTM 6158819
UTMZone 33
Datum EUREF89

| Top | Bottom | Totaldescr | RockSymbol |
|------|--------|------------------|------------|
| 0 | 12,5 | sand | s |
| 12,5 | 21,5 | grusblandad lera | m |
| 21,5 | 28 | lerblandad grus | g |
| 28 | 35 | fingrus | g |
| 35 | 46,5 | sjösand | s |
| 46,5 | 78 | lera | m |
| 78 | 95,5 | berg | b |

SGU Brunns-ID 23100215
DrillDepth 59
Elevation 44
VerticalRef DVR90
XUTM 418736
YUTM 6157930
UTMZone 33
Datum EUREF89

| Top | Bottom | Totaldescr | RockSymbol |
|-----|--------|------------|------------|
| 0 | 5 | lera | m |
| 5 | 8 | grus | g |
| 8 | 51 | morän | ml |
| 51 | 59 | sand | s |

| SGU Brunns-ID | 23200291 | | |
|---------------|----------|------------|------------|
| DrillDepth | 70 | | |
| Elevation | 84 | | |
| VerticalRef | DVR90 | | |
| XUTM | 425857 | | |
| YUTM | 6155913 | | |
| UTMZone | 33 | | |
| Datum | EUREF89 | | |
| Top | Bottom | Totaldescr | RockSymbol |
| 0 | 36 | morän | ml |
| 36 | 45 | sand | s |
| 45 | 70 | märgel | bk |

| SGU Brunns-ID | 903109627 | | |
|---------------|-----------|-------------------------|------------|
| DrillDepth | 52 | | |
| Elevation | 65 | | |
| VerticalRef | DVR90 | | |
| XUTM | 429282 | | |
| YUTM | 6151802 | | |
| UTMZone | 33 | | |
| Datum | EUREF89 | | |
| Top | Bottom | Totaldescr | RockSymbol |
| 0 | 10 | sand grus | g |
| 10 | 30,5 | lerblandad sand | s |
| 30,5 | 33 | mosten | ds |
| 33 | 52 | mosten lersten kalksten | ds |

| SGU Brunns-ID | 23200263 | | |
|---------------|----------|------------|------------|
| DrillDepth | 51 | | |
| Elevation | 50 | | |
| VerticalRef | DVR90 | | |
| XUTM | 429516 | | |
| YUTM | 6150659 | | |
| UTMZone | 33 | | |
| Datum | EUREF89 | | |
| Top | Bottom | Totaldescr | RockSymbol |
| 0 | 25 | sand | s |
| 25 | 51 | märgel | ds |

SGU Brunns-ID 34150015
DrillDepth 192
Elevation 10
VerticalRef DVR90
XUTM 454881
YUTM 6204230
UTMZone 33
Datum EUREF89

| Top | Bottom | Totaldescr | RockSymbol |
|-----|--------|---------------|------------|
| 0 | 1,5 | grovmo | s |
| 1,5 | 6 | lera | m |
| 6 | 15 | mjäla | s |
| 15 | 24 | mo sand | s |
| 24 | 27 | sand | s |
| 27 | 30 | grus | g |
| 30 | 33 | grovmo | s |
| 33 | 38 | morän | ml |
| 38 | 60 | kalksten | ds |
| 60 | 78 | flinta | zk |
| 78 | 150 | kalksten | ds |
| 150 | 192 | glaukonitsand | bk |

SGU Brunns-ID 91114392
DrillDepth 70
Elevation 4
VerticalRef DVR90
XUTM 451656
YUTM 6199747
UTMZone 33
Datum EUREF89

| Top | Bottom | Totaldescr | RockSymbol |
|-----|--------|------------|------------|
| 0 | 33 | grus | g |
| 33 | 70 | kalksten | ds |

| SGU Brunns-ID | 34151028 | | |
|---------------|----------|------------|------------|
| DrillDepth | 48 | | |
| Elevation | 7 | | |
| VerticalRef | DVR90 | | |
| XUTM | 455467 | | |
| YUTM | 6202311 | | |
| UTMZone | 33 | | |
| Datum | EUREF89 | | |
| Top | Bottom | Totaldescr | RockSymbol |
| 0 | 21 | sand | s |
| 21 | 36 | lera | m |
| 36 | 40 | sand grus | s |
| 40 | 48 | kalksand | ds |

| SGU Brunns-ID | 34150074 | | |
|---------------|----------|------------|------------|
| DrillDepth | 46,5 | | |
| Elevation | 5 | | |
| VerticalRef | DVR90 | | |
| XUTM | 453323 | | |
| YUTM | 6200714 | | |
| UTMZone | 33 | | |
| Datum | EUREF89 | | |
| Top | Bottom | Totaldescr | RockSymbol |
| 0 | 7 | sand | s |
| 7 | 12 | lera | m |
| 12 | 43 | sand | s |
| 43 | 46,5 | kalksand | ds |

| SGU Brunns-ID | 34150030 | | |
|---------------|----------|-------------------|------------|
| DrillDepth | 68,5 | | |
| Elevation | 1 | | |
| VerticalRef | DVR90 | | |
| XUTM | 451635 | | |
| YUTM | 6199694 | | |
| UTMZone | 33 | | |
| Datum | EUREF89 | | |
| Top | Bottom | Totaldescr | RockSymbol |
| 0 | 5 | sand | s |
| 5 | 5,5 | grus | g |
| 5,5 | 23 | morän | ml |
| 23 | 50 | kalksten | ds |
| 50 | 62 | sandsten | zk |
| 62 | 68,5 | glaukonitsandsten | bk |

| SGU Brunns-ID | 34150101 | | |
|---------------|----------|---------------|------------|
| DrillDepth | 60 | | |
| Elevation | 1 | | |
| VerticalRef | DVR90 | | |
| XUTM | 451433 | | |
| YUTM | 6199892 | | |
| UTMZone | 33 | | |
| Datum | EUREF89 | | |
| Top | Bottom | Totaldescr | RockSymbol |
| 0 | 13,5 | moränlera | ml |
| 13,5 | 27,5 | lera med grus | m |
| 27,5 | 60 | kalk med sand | ds |

| SGU Brunns-ID | 900022856 | | |
|---------------|-----------|---------------|------------|
| DrillDepth | 69 | | |
| Elevation | 9 | | |
| VerticalRef | DVR90 | | |
| XUTM | 447217 | | |
| YUTM | 6185292 | | |
| UTMZone | 33 | | |
| Datum | EUREF89 | | |
| Top | Bottom | Totaldescr | RockSymbol |
| 0 | 11,5 | sand | s |
| 11,5 | 28,5 | lera med silt | m |
| 28,5 | 31,5 | sand | s |
| 31,5 | 32 | lera | m |
| 32 | 51 | silt | di |
| 51 | 52 | sand | s |
| 52 | 69 | kalksten | ds |

| SGU Brunns-ID | 23400983 | | |
|---------------|----------|------------|------------|
| DrillDepth | 40 | | |
| Elevation | 8 | | |
| VerticalRef | DVR90 | | |
| XUTM | 446816 | | |
| YUTM | 6185855 | | |
| UTMZone | 33 | | |
| Datum | EUREF89 | | |
| Top | Bottom | Totaldescr | RockSymbol |
| 0 | 28 | grus sand | g |
| 28 | 40 | kalksten | ds |

SGU Brunns-ID 23400078
 DrillDepth 68,5
 Elevation 5
 VerticalRef DVR90
 XUTM 449710
 YUTM 6184778
 UTMZone 32
 Datum EUREF89

| Top | Bottom | Totaldescr | RockSymbol |
|------|--------|------------|------------|
| 0 | 12 | sand | s |
| 12 | 16 | grovmo | di |
| 16 | 27,5 | lera | m |
| 27,5 | 33 | mo | di |
| 33 | 51,8 | sand | s |
| 51,8 | 58 | grovmo | di |
| 58 | 60,3 | sand | s |
| 60,3 | 60,8 | grovmo | di |
| 60,8 | 65 | sand | s |
| 65 | 68,5 | kalksand | ds |

SGU Brunns-ID 90516398
 DrillDepth 72
 Elevation 6
 VerticalRef DVR90
 XUTM 448200
 YUTM 6185500
 UTMZone 33
 Datum EUREF89

| Top | Bottom | Totaldescr | RockSymbol |
|-----|--------|-------------|------------|
| 0 | 1,5 | sand | s |
| 1,5 | 20 | lera | m |
| 20 | 32 | Sand lera | s |
| 32 | 59 | grusig sand | s |
| 59 | 72 | kalksten | ds |
| 32 | 59 | grusig sand | s |
| 59 | 72 | kalksten | ds |