



Forureningsundersøgelse af GTO pladsen i Sisimiut

Afleveret den 19. december 2008



Rapport udarbejdet af:

Eskild Thulani Paamand s052952

Dorte Moon Pade s052051

Vejleder:

Pernille Erland Jensen

Forureningsundersøgelse af GTO pladsen i Sisimiut

Rapport udarbejdet af

Dorte Moon Pade

s052051@student.dtu.dk

Eskild Thulani Paamand

s052952@student.dtu.dk

Vejleder

Pernille Erland Jensen

pej@byg.dtu.dk

Teknisk vejleder

Caroline Burger

cab@byg.dtu.dk

Thomas Ingeman-Nielsen

tin@byg.dtu.dk

Resumé

Der er tidligere blevet udført to undersøgelser på GTO pladsen. Først af Carl Bro 1995 og siden af nogle ARTEK studerende i 2002. Det blev fundet, at der forekom olieforurening i såkaldte "hot spots" rundt om på pladsen. ARTEK finder at koncentrationerne i jorden er næsten halveret i 2002 i forhold til 1995. Der blev derfor igen i 2008 lavet en serie målinger for, at få information om grundens nuværende forureningstilstand.

Der er i 2008 fundet koncentrationer af lette kulbrinter fra en halv meter under terræn og ned efter. I det nord-vestlige hjørne kan der tillige have været et nyere spild, hvor forureningen findes, at være helt overfladenær. Fra Miljøstyrelsen er det besluttet, at der ikke må bygges på en grund hvis der er forurening i de øverste 50cm af jorden. Ud fra analyser foretaget både i 1995, 2002 og 2008 er det fundet at forureningen generelt er koncentreret i fire hot-spots og at den geografiske udbredelse er lille. Der er i 2008 foretaget gravning og prøvetagning i de fire hot spots.

Forureningskoncentrationerne blev målt til at ligge mellem 170 og 42000 mg/kg fordelt i dybder ned til 2 meter under terræn. Dette ligger generelt lavere end hvad ARTEK fandt i 2002 selvom lokale forskelle giver et lidt uklart billede. Forureningen som blev fundet i gravning 1 blev afgrænset nedadtil i 2 meters dybde, mens der i gravning 3 og 4 kan være forurening dybere end de 1,5 hhv. 1,6 meter der blev gravet til. Brønden på pladsen, som var tidligere drikkevandsforsyning, blev ligeledes testet for indhold af olie og her blev der ikke fundet noget. Der er altså intet som tyder på, at olien transporteres med grundvandet. Der er ligeledes ikke fundet indikationer på væsentlig stoftransport i jorden.

Umiddelbart er forureningen ikke til fare for mennesker, så længe afdækningslaget forbliver indtakt. Dog er der fundet helt overfladenær forurening ved grundens nord-vestlige hjørne, som kan stamme fra et nyere spild. Her er yderligere afdækning eller opgravning påkrævet.

Vandet i grøfterne omkring grunden blev testet for olie og tungmetaller. Koncentrationerne af metaller overskred grænseværdier for 4 ud af 7 testede tungmetaller.

Det er fundet, at et samlet jordvolumen på 200m³ udgør den væsentligste del af forureningen. Hvis formålet med en oprensning ikke er at fjerne al forureningen, men bare at gøre grunden brugbar for almindeligt byggeri kan der derfor nøjes med at fjerne et væsentligt mindre jordvolumen end det af Carl Bro udregnede i 1995. Det nuværende afdækningslag bør dog bibeholdes på resten af pladsen, samt reetableres efter afgravning således, at der ikke findes forurenede jord i de øverste 50cm.

GTO/Nunatek har ifølge litteraturstudiet 12 grunde som den omtalte GTO grund i Sisimiut spredt rundt i Grønland. Det bør derfor også undersøges hvordan disse grunde er håndteret før der tages endeligt stilling til hvad der skal foretages på GTO pladsen i Sisimiut. Eventuelt kunne der laves et samlet løsningsforslag for alle 12 grunde.

Forord

Denne rapport er blevet udarbejdet i efterårssemesteret 2008 ved DTU•BYG, ARTEK. Rapporten omhandler en forureningsundersøgelse af GTO pladsen i Sisimiut. Rapporten er blevet udarbejdet af Eskild Thulani Paamand og Dorte Moon Pade, som begge læser på 7.semester på linjen miljøteknologi på instituttet DTU Miljø ved Danmarks Tekniske Universitet.

Rapporten er et produkt af feltarbejde, som blev foretaget på Grønland i august 2008, samt planlægningen af forureningsundersøgelsen, som blev udført i foråret 2008. Der blev endvidere udarbejdet to feltmanualer som produkt af feltarbejdet (se vedlagte CD).

Projektet er samlet normeret til 20 ECTS point, hvoraf denne rapport udgør 10 ECTS point.

Projektet er blevet udført, under vejledning af Pernille Erland Jensen fra ARTEK på DTU samt som tekniske vejledere Thomas Ingeman-Nielsen og Caroline Burger, ligeledes begge fra ARTEK.

I forbindelse med projektets udarbejdelse ønsker vi, at takke laborant Caroline Burger for hjælp i laboratoriet, Bygge & Anlægsskolen i Sisimiut for lån af gravko og Thomas Ingeman-Nielsen for hjælp i felten med håndtering af geofysiske måleinstrumenter samt processering af dataene.

Sidst men ikke mindst, vil vi takke vores projektvejleder Pernille Erland Jensen for hjælp til planlægningen af forureningsundersøgelsen og generel vejledning gennem hele projektet.

Lyngby den 19. december 2008

Dorte Moon Pade

Eskild Thulani Paamand

Indholdsfortegnelse

1	INDLEDNING/BAGGRUND	1
1.1	PROBLEMFORMULERING.....	1
2	LOKALITETSBEKRIVELSE	3
2.1	HISTORIK AF GTO PLADSEN I SISIMIUT.....	3
2.1.1	<i>Grønlands Tekniske Organisation (GTO) - et overblik</i>	<i>3</i>
2.1.2	<i>GTO pladsen i Sisimiut.....</i>	<i>4</i>
2.2	TIDLIGERE UNDERSØGELSER FORETAGET PÅ GTO PLADSEN, 1995-2002	6
2.3	DISKUSSION AF HJDTIDIGE RESULTATER 1995-2002.....	9
3	TEORI.....	11
3.1	OLIEFORURENING.....	11
3.1.1	<i>Non Aquaqueous-Phase Liquids (NAPL).....</i>	<i>11</i>
3.1.2	<i>Transport og Fasefordeling.....</i>	<i>12</i>
3.1.3	<i>Olieprodukter.....</i>	<i>13</i>
3.1.4	<i>Nedbrydning.....</i>	<i>14</i>
3.1.5	<i>Risikovurdering - grænseværdier.....</i>	<i>15</i>
4	MATERIALER OG METODER - SUPPLERENDE UNDERSØGELSER 2008.....	19
4.1	GRAVNINGER	19
4.2	GEOFYSISKE MÅLINGER	21
4.2.1	<i>Georadar.....</i>	<i>21</i>
4.2.2	<i>MEP.....</i>	<i>28</i>
4.2.3	<i>Stangsligram.....</i>	<i>33</i>
4.3	KEMISKE ANALYSER.....	35
4.3.1	<i>Photo Ioniserings Detektor (PID).....</i>	<i>36</i>
4.3.2	<i>Bestemmelse af vandindhold og organisk indhold i jordprøverne.....</i>	<i>36</i>
4.3.3	<i>Gas Chromatograf (GC).....</i>	<i>37</i>
4.3.4	<i>Tungmetaller.....</i>	<i>39</i>
5	RESULTATER.....	41
5.1	GRAVNINGER	41
5.2	GEOFYSISKE MÅLINGER	42
5.2.1	<i>Georadar.....</i>	<i>42</i>
5.2.2	<i>MEP.....</i>	<i>45</i>
5.2.3	<i>Stangsligram.....</i>	<i>48</i>
5.3	KEMISKE ANALYSER.....	50
5.3.1	<i>Bestemmelse af vandindhold og organisk indhold.....</i>	<i>51</i>
5.3.2	<i>PID målinger</i>	<i>52</i>
5.3.3	<i>GC.....</i>	<i>53</i>
5.3.4	<i>Tungmetaller.....</i>	<i>54</i>
6	DISKUSSION	57
6.1	KONCEPTUEL MODEL OVER DEN GEOLOGISKE LAGSERIE.....	57
6.2	KEMISKE ANALYSER.....	60
6.3	SAMMENFATNING.....	66
7	KONKLUSION	69
8	PERSPEKTIVERING OG ANBEFALINGER TIL FREMTIDIGE UNDERSØGELSER.....	71
	LITTERATURLISTE	73

BILAGS OVERSIGT:

BILAG A: TABEL MED KVALITETSKRITERIER	75
BILAG B: GPS KOORDINATER	77
BILAG C: BOREPROFILER FOR DE 4 GRAVNINGER.....	81
BILAG D: TUNGMETAL STANDARDER.....	85
BILAG E: OVERSIGT OVER GEORADAR NUMMERERINGER.....	87
BILAG F: MEP.....	89
BILAG G: STANGSLINGRAMME - WIREFRAME	97
BILAG H: GAS CHROMATOGRAF – VANDPRØVER	99

1 Indledning/baggrund

Midt i Sisimiut, Grønland, er en af de mest attraktive grunde afspærret på grund af en formodning om forurening /*Greenland Survey 2003*/. Det er en gammel GTO grund, men det lader ikke til, at der umiddelbart er nogen som ved, hvad den har været brugt til. Dette ønskes undersøgt, da indbyggerne i Sisimiut gerne vil kunne benytte grunden. For placering af grunden se figur 1 i afsnit 2.1.2.

I dette projekt, er der blevet udarbejdet en historik over grunden og kortlagt, hvordan en forureningsundersøgelse på den pågældende grund kunne udføres. Denne forureningsundersøgelse blev udført over 3 uger i august 2008, og de efterfølgende kemiske analyser samt rapport skrivning blev udført i efteråret 2008.

Efter intensiv søgning på Internettet, søgning gennem diverse firmaer og personer og i ARTEKs arkiver er det fundet, at der tidligere er lavet to undersøgelser på grunden. I 1995 har Carl Bro lavet en orienterende miljøundersøgelse i Sisimiut, der bl.a. beskriver forureningen ved GTO pladsen. Og i 2002 har en gruppe studerende fra ARTEK lavet en rapport om undersøgelse af den olieforurenede GTO plads i Sisimiut, samt rensning af jorden ved kompostering. Rapporten, lavet af de studerende, tager udgangspunkt i Carl Bro's arbejde fra 1995 og prøver, at lokalisere de hot spots, der menes at være på grunden.

Der er endnu ikke lavet nogen egentlig strategi for, hvad der videre skal ske med GTO pladsen, hvilket også er grunden til, at den stadig henligger som bar grusplads. Vi mener derfor, at det er nødvendigt, at genoptage problemstillingen omkring den forurenede grund og tage stilling til, hvad der videre skal ske.

1.1 Problemformulering

Vi vil derfor sammenfatte de hidtidige undersøgelser på GTO pladsen og komme med et bud på, hvilke tiltag der skal foretages for, at grunden igen kan tages i brug. Dette vil vi gøre ved, at undersøge det eksisterende datamateriale og på baggrund af dette karakterisere forureningen på grunden og undersøge de mulige sprednings- og fjernelsesmekanismer. Der vil ligeledes blive udarbejdet en konceptuel model af de geologiske lag på pladsen. I august 2008 blev der foretaget en ny målerunde på GTO pladsen for, at indsamle materiale om den nuværende forureningssituation og på baggrund af det samlede datamateriale anbefales en strategi for GTO pladsens skæbne.

2 Lokalitetsbeskrivelse

2.1 Historik af GTO pladsen i Sisimiut

Der er i foråret 2008 blevet lavet en historik over GTO pladsen i Sisimiut. Dette viste sig vanskeligt, da der kun findes et meget sparsomt arkiv materiale for grunden og en af de væsentlige kilder, var en rapport udarbejdet af Carl Bro i 1995, som viste sig meget svær af fremskaffe. Historikken er derfor, i første omgang lavet ud fra historiske fakta fra Rigsarkivets Samlinger og Statens Arkiver, samt kilder baseret på mailudveksling med relevante personer i Sisimiut og Geodatagruppen i ASIAQ /Bo Naamansen/.

Under feltarbejdet i august 2008, er den yderligere blevet udbygget efter samtaler med blandt andre Lone Kristensen fra Kommunen, Jørn Hansen fra Rambøll's kontor i Sisimiut, Kurt som er den ansvarlige for Nukissiorfiits værksted, beliggende i indhegningen på pladsen, samt Jan B. Zachariassen som er nuværende driftschef for Nukissiorfiit (Grønlands energi- og vandforsyning). Under feltarbejdet lykkedes det via Lone Kristensen fra Sisimiut Kommune at fremskaffe Carl Bro rapporten fra Hjemmestyrets arkiv i Nuuk. Historikken er herefter sammenholdt med hvad Carl Bro havde fundet i 1995.

Dette afsnit vil indledningsvis introducere hvad GTO er, hvad de har lavet samt beskrive, hvilke aktiviteter der har været på pladsen.

2.1.1 Grønlands Tekniske Organisation (GTO) - et overblik

Grønlands tekniske organisation (GTO) blev stiftet den 1. juni 1950 på forslag fra Grønlandskommissionen. GTO var dengang en afdeling under det samtidigt oprettede Grønlandsparlament i Statsministeriet. Den blev i første omgang stiftet for at lede bygge- og anlægsvirksomheden samt drive elværker, vandværker og lignende /Statens Arkiver/.

I 1955 blev Grønlandsparlamentet erstattet af Ministeriet for Grønland og GTO skiftede i den forbindelse status til et direktorat. Opgaverne var stadig teknisk ekspertise for offentlige myndigheder og private institutioner.

Organisationen bestod nu af følgende organer/*Rigsarkivets samlinger*/:

- Et sekretariat der varetog licitationer, entreprisekontrakter, teknisk-økonomiske sager, anlægs- og driftsbudgetter samt statistikker og lign.
- Et Anlægs- og driftskontor der lavede anlægs- og byggearbejder, drift af el- og vandværker, værksteder og brandvæsen.

- Et arkitekt kontor lavede regions- og byplanlægning samt andre arkitektmæssige opgaver sammen med ingeniørkontoret der varetog den tekniske del heraf.
- Radiokontoret stod for udbygning af vedligeholdelse af telekommunikation og radionavigation.

Arbejdsområdet for GTO var både planlægning, projektering og gennemførelse af så godt som alle kommunale og kommunaltekniske anlæg herunder bolig, institution, erhverv og trafik. Også driften af forsyningsvirksomheder som el, varme, vand, telekommunikation og værksteder var pålagt GTO. */Rigsarkivets samlinger/*

Under omstruktureringen op gennem 1960'erne blev flere af de udøvende opgaver lagt på private hænder, og GTO varetog næsten udelukkende forvaltende opgaver, såsom byplanlægning og anden arealanvendelse og udformede retningslinjer for de private firmaer. Fra 1975 etablerede man tekniske forvaltninger i de grønlandske kommuner, der efterhånden overtog GTO's forvaltende opgaver. Fra 1977 overgik også flere af opgaverne om byplanlægning og arealanvendelse til de grønlandske myndigheder.

I 1981 nedsatte Ministeriet for Grønland et udvalg der skulle planlægge GTO's fremtid, med henblik på, at overføre deres opgaver til Grønlands Hjemmestyre og i 1987 overgik GTO til Hjemmestyret og skiftede derved navn til Nunatek */Rigsarkivets samlinger/*.

2.1.2 GTO pladsen i Sisimiut

GTO pladsen i Sisimiut er placeret umiddelbart øst for den gamle kirke. Den er til tre sider omkranset af tre, efter grønlandsk standard, befærdede veje. Nord for pladsen ligger Aqqusinersuaq som er vejen som kommer nedefra havnen, syd for pladsen ligger Nikkorsuit som kommer fra den syd-vestlige del af byen og øst for pladsen ligger Glahnip Aqq. som er den vej som fører op forbi brandstationen og Bygge & anlægsskolen i den sydlige del af Sisimiut. For kort se figur 0.

GTO pladsen i Sisimiut har fra 1959 til 1993 fungeret som Byggevæsenets Entreprenørplads, hvilket er årsagen til, at den i dag i folkemunde kaldes den gamle entreprenør plads. Før denne tid henlå området som en del af et vådområde */Carl Bro 1995/*. Vandsø 1 har været beliggende på en del af pladsen */Kurt 2008/*. Denne blev dog tørlagt, da grunden skulle bruges som entreprenørplads. Der forefindes stadig en brønd på pladsen, hvor der står grundvand i 1½-2 m.u.t.

Pladsen husede i sin tid GTO's elvirksomhed, rørværksted inkl. Lager, autoværksted og kontor bygninger */Jørn Hansen/* og */Lone Kristensen/*. Der er i dag stadig 3 bygninger på GTO pladsen som alle ejes af Nukissiorfiit (Grønlands energi- og vandforsyning). Heraf bruges en til reparation

af biler og snescootere /*Lone Kristensen*/, en anden til lager /*Jørn Hansen*/ og den sidste lejes ud til kontor og beboelse. Alle bygningerne er indhegnet i det nord-vestlige hjørne af pladsen. Bygningerne blev overtaget af Nukissiorfiit i 1993 /*Jan B. Zachariassen*/.



FIGUR 0: PLACERING AF GTO PLADSEN I SISIMIUT, GRØNLAND. DEN LIGGER LIGE VED SIDEN AF DEN GAMLE KIRKE, IKKE SÅ LANGT FRA HAVNEN.

GTO pladsen er en flad græs/grus plads på ca. 8.500m^2 /*Carl Bro 1995*/ der ifølge Jørgen Hansen, er forurenet og derfor forbudt at anvende. Dette bekræftes af Carl Bros rapport fra 1995.

Forureningen stammer blandt andet fra, at man på grunden, har ladet olie løbe direkte ud på jorden ved olieskift af maskiner, ligesom man engang gjorde i Danmark. Udover sådanne spild kan der være forekommet spild i forbindelse med opfyldning af olietanke.

Der har kørt sager om anvendelse af området, som alle er blevet afvist af hjemmestyret pga. manglende afklaring af spørgsmålet om den formodede forurening. Ifølge lokale kilder, var der værkstedsbygninger på grundens sydlige del som stadig var i brug i 1980'erne men for nedadgående aktivitet. Her var ligeledes energiforsyningens elværksted og håndværkslager og en række træbarakker /*Lone Kristensen*/.

De mest almindelige forureningstyper der forventes, at kunne forekomme i grønlandske registrerede arealer efter nedlagte erhvervsaktivitet eller affaldsdepoter er, ifølge en registrerings-undersøgelse af potentielle forureninger på Grønland, forurening med olieprodukter, opløsningsmidler og

tungmetaller /*Greenland Survey 2003*/. Samme undersøgelse registrerer GTO pladsen i Sisimiut, områdenummer 2-1, som en passiv¹ forurenings type. GTO/Nunatek har ifølge denne undersøgelse 12 af disse grunde spredt rundt i Grønland men ingen af dem er aktive.

2.2 Tidligere undersøgelser foretaget på GTO pladsen, 1995-2002

Efter en omfattende litteratursøgning er det lykkedes, at finde tre kilder med tidligere undersøgelser på GTO pladsen. Den første er lavet af Carl Bro i 1995 og omhandler orienterende miljøundersøgelse i Sisimiut, hvorunder forureningen ved GTO pladsen er en af dem. Den anden bygger oven på Carl Bro's undersøgelser fra 1995 og er foretaget af studerende fra ARTEK i 2002. Rapportens titel er "Undersøgelse af olieforurenet grund i Sisimiut samt rensning af jorden ved kompostering". I sidste nævnte rapport er der lagt op til et meget omfattende arbejde, som dog i nogen grad aldrig er færdiggjort. Den tredje kilde er fra en registrerings-undersøgelse af potentielle forureninger på Grønland der registrerer GTO pladsen i Sisimiut som passiv forureningskilde (aktivitet ophørt), som er potentielt forurenet med olieprodukter og tungmetaller /*Greenland Survey 2003*/.

I det følgende afsnit bliver det summeret op, hvad der ellers foreligger af materiale om jordbundsforholdene for GTO pladsen samt, hvad der tidligere er fundet omkring GTO pladsen ved undersøgelserne foretaget af Carl Bro i 1995 og ARTEK studerende i 2002.

Ved en forespørgsel hos Fagkoordinator for Geodatagruppen i ASIAQ, Bo Naamansen, er det blevet oplyst, at ASIAQ ligger inde med information om et enkelt hot spot på GTO pladsen. Informationen stammer fra en oversigt over jordbundsundersøgelser i forbindelse med anlægsbestemte forundersøgelser.

Forureningen på GTO pladsen betegnes ifølge disse undersøgelser ligeledes som passiv. Yderligere information om alle jordbundsundersøgelserne for området, foreligger desværre kun på analog form og i flere forskellige arkiver på Grønland. Det vurderes derfor, at ASIAQ ikke ligger inde med mere specifik let tilgængelig information omkring denne passive forurening, og at en eventuelt dyberegående undersøgelse vil være for tidskrævende, i forhold til kvalitet og kvantitet af datamaterialet.

I Carl Bro rapporten fra 1995 kommer de frem til, at der er nogle hot spots rundt om på pladsen med meget høje koncentrationer af olie. Blandt andet findes der fri fase ved boring G1. Alle borerne blev foretaget med en rendegraver. Der er blevet lavet to kemiske analyser på alle de

¹ En igangværende erhvervsaktivitet, som kan være forurenings skabende kaldes aktiv, mens en tilsvarende erhvervsaktivitet der er ophørt kaldes en passiv /*Greenland Survey 2003*/.

udtagne prøver. Til disse analyser er der blevet benyttet en Photo Ioniserings Detektor (PID) og en Gas Chromatograf (GC). Jordprøven til GC målingerne blev opbevaret køligt (ved ca. 5°C) indtil målingen blev foretaget. PID målingen er foretaget på MicroTip II Photo Ionisations Detektor kalibreret med 100 ppm isobutylen gas, 12 timer efter prøvetagning med opbevaring i luftfyldt rilsan-pose ved stuetemperatur. Ud fra PID målingen er udvalgte prøver blevet analyseret på GC for at finde total-indholdet af olier, samt så det var muligt at skelne hvilke olier der var tale om. En af prøverne er desuden analyseret for indhold af metaller.

Udvalgte resultater fra Carl Bro's rapport er vist i tabel 1 og boringernes placering kan ses i figur 1. Yderligere har Carl Bro angivet, hvilke forureninger der er, ved de forskellige boringer de har udført. De vigtigste og mest relevante i dette projekt er: Ved boringerne G1 og G2 er der sket oliespild i forbindelse med påfyldning af trucks og tøndes, der har været en tidligere overjordisk tank her og der har været sket et større udslip (ca. 2000 L). Ved denne boring fandt Carl Bro fri oliefase i en dybde af 0,1-0,3 m.u.t.. Ved G3 og G4 har der været spild/lækage ved eksisterende nedgravet olietank, samt påfyldning af entreprenørmaskiner. Ved G7 har der tidligere været en benzinstander (fjernet før 1969), den tilhørende tank er sandsynligvis blevet gravet op. Ved G8 er der en 1200 L overfladisk tank, der anvendes til påfyldning af tromler, små tanke mv. der har her været tydeligt oliespild på jorden og fundamentet.

I rapporten udarbejdet i 2002 af ARTEK studerende konkluderes det, at forureningens PID tal er halveret på de 6 år, der er gået. Denne forskel kan dog skyldes, at der er målt med et forskelligt instrument, at der ikke er blevet målt præcis samme sted eller at forureningen er blevet spredt. Komposteringsforsøgene, som blev foretaget i forbindelse med rapporten, blev desværre ikke færdiggjort pga. tidsmangel. Der bliver dog konkluderet, at kompostering kan være en mulig oprensningss metode.

På figur 1 ses en skitse af grunden. Markeret med grønne og røde kryds er de boringer og gravninger som Carl Bro, hhv. ARTEK har lavet i 1995 og 2002. De sorte streger viser de eksisterende (i år 2002) bygninger samt andre markante linjer på grunden og de grå streger viser bygninger og tidligere placering af olietanke fra 1995.



FIGUR 1: SKITSE AF GTO PLADSEN. MARKERET MED GRØNNE OG RØDE KRYDS ER DE BORINGER OG GRAVNINGER SOM ARTEK, HHV. CARL BRO HAR LAVET I 2002 OG 1995. DE SORTE STREGER VISER DE EKSISTERENDE (1 ÅR 2002) BYGNINGER SAMT ANDRE MARKANTE LINJER PÅ GRUNDEN OG DE GRÅ STREGER VISER BYGNINGER OG TIDLIGERE PLACERING AF OLJETANKE FRA 1995.

I tabel 1 er en liste over borerne og de målte PID tal af hhv. Carl Bro og ARTEK. Det markante fald i PID tal mellem Carl Bro's målinger og ARTEK's vurderes hovedsageligt at skyldes, at der er gået 7 år mellem de to målinger, hvilket bevirker, at de lette olier er fordampet og opløselige fraktioner skyllet ud.

Det ses også, at der kan være stor variation i PID tallet mellem prøverne taget på samme tidspunkt. Denne trend følges både af Carl Bro's- og ARTEK's målinger. ARTEK finder, ved at sammenligne PID og GC målinger, at et højt total indhold af kulbrinter (målt på GC'en) modsvarer af et højt PID tal. Der kan ud fra dette konkluderes, at olieforureningen på trods af, at der er gået 7 år mellem de to målinger stadig er koncentreret i hot spots i 2002.

TABEL 1: DATA FRA TIDLIGERE UNDERSØGELSER FORETAGET PÅ GTO PLADSEN /CARL BRO 1995/ & /ARTEK 2002/

Område	Målt af	Dybde	PID tal [mg/l]	GC [mg/kg]	År	Kommentar
G1 / NYG1	Carl Bro / ARTEK	1m	360-460 / 193	- / 16200	1996 / 2002	Tidl. overjordisk olietank, større udslip
		1.7m / 1.6 m	390 / 188	9600 / 1250		
		2m	- / 4.5	- / <20		
G2	Carl Bro	1.7m	300	6000	1995	1-2 meter nord for G1
		1m	60			Tidligere olietank
G3	Carl Bro	1.7m	96	960	1995	
G4	Carl Bro	1m	288	-	1995	Tidligere olietank
		1.7m	330	4400		
G5	Carl Bro	1m	-	-	1995	Ved tidl. overfladisk tank på den SØ del af grunden
G6	Carl Bro	1m	21	-	1995	Ved tidl. overfladisk tank på den SØ del af grunden
		1.7m	17	-		
G7	Carl Bro	0.7m	350	1000	1995	Tidl. Benzintank
		1.5m	190	-		
G8	Carl Bro	1m	330	-	1995	Overjordisk olietank, tydelige spild på jorden
		1.5m	250	95		
G9	Carl Bro	1m	-	-	1995	Tidligere bygning
G10	Carl Bro	1m	23	<10-50	1995	Gravning i uforurenet område på den SØ del af grunden
		2m	22	-		
A1	ARTEK	1m	1.5		2002	Tidligere bygning
		2.15m	5.2			
A2	ARTEK	1m	7.2	-	2002	Tidligere olietank
A3	ARTEK	1m	218	18200	2002	Tidligere olietank
		2m	45.6	465		
A4	ARTEK	1m	2.7	-	2002	Prøve
A5	ARTEK	1m	3.8	25	2002	Ved tidligere bygning
A6	ARTEK	1m	4.2	75	2002	Prøve
		1.75m	7.1	21		
A7	ARTEK	1m	22.9	542	2002	Prøve
A8	ARTEK	0.8m	2.3	139	2002	Prøve

2.3 Diskussion af hidtidige resultater 1995-2002

Af tabel 1 kan det ses, at der i målingerne foretaget af ARTEK i 2002, der er placeret på samme steder som Carl Bro har undersøgt i 1995, er målt lavere PID værdi i 2002. Dette skyldes, at være fordi de lette olier i 2002 er ved at være fordampet og den opløselige fraktion skyllet ud. At det mest er de tunge olier, der ligger tilbage i jorden kan blandt andet ses, ved at det gennemsnitlige GC/PID forhold for de tilgængelige data fra 1995 er beregnet til 11,8 og at det for data fra 2002 er beregnet til 24,7. En mindre del af forskellen kan muligvis også tilskrives en vis måleusikkerhed og forskellighed i metode og apparatur der er benyttet til målingen.

Både i 1995 og 2002 ses store spring i målingerne fra de forskellige dybder i samme boring. I NYG1 f.eks. springer PID målingen fra 188 i 1,6 meters dybde til 4,5 i 2 meter. I boring A3 springer det fra 218 i 1 meter til 45,6 i 2 meters dybde. For Carl Bro's målinger er mønsteret det samme om end mindre markant. Der er altså indikationer på lavpermeable mellemlag i den geologiske lagserie.

Resultatet af en grundvandspejling i 2002 er ikke medtaget i tabellen, men viste en svag gradient hældende mod øst /ARTEK 2002/. Som nævnt i introduktionen er pladsen tidligere vådområde,

vandsø 1, og det formodes, på baggrund af topografien i området, at den generelle grundvandsstrømning fører ned mod havnen i nord-vestlig retning. Der kan dog ikke ud fra de foreliggende målinger påvises nogen form for stoftransport i de nævnte retninger. Sammenlignes målingerne fra A3 og A4 ses ikke umiddelbare tegn på stoftransport i østlig retning. I A3 er der målt et total indhold af kulbrinter i en meters dybde på 18.200 mg/kg og et PID tal på 218, mens der i A4 øst for, er fundet så lavt et PID tal, at der ikke er målt på det totale kulbrinte indhold på GC'en. Tilsvarende ses i A5 og A1 der ligger hhv. nord og syd for NYG1 heller ikke er umiddelbare tegn på stoftransport i nord hhv. syd gående retning. Det ses derfor som en hypotese, at forureningen ikke har spredt sig i nævneværdig grad, men stadig er koncentreret i hot spots omkring de mulige kildepladser. Mængder og koncentrationer fra feltundersøgelserne i august 2008 vil blive præsenteret i resultatafsnittet. Fortolkning af udviklingen og den nuværende tilstand findes i diskussionsafsnittet.

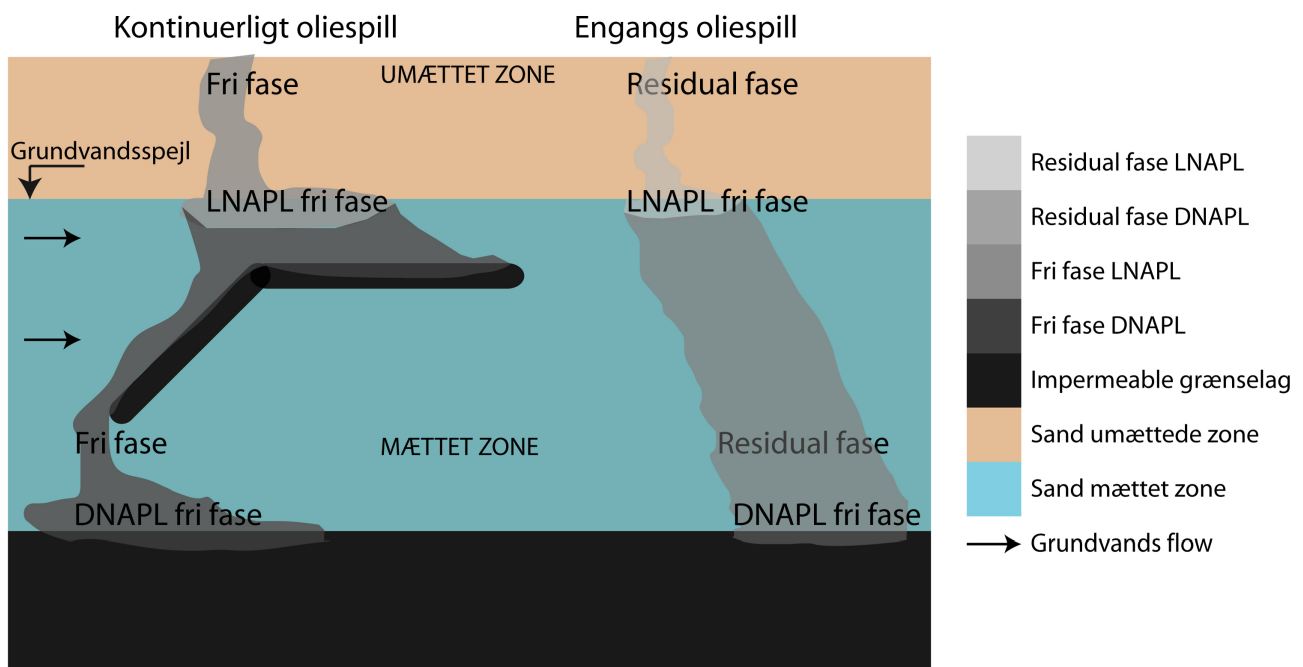
3 Teori

3.1 Olieforurening

3.1.1 Non Aqueous-Phase Liquids (NAPL)

NonAqueous-Phase Liquids (NAPL) er en betegnelse som bruges for stoffer, som blander sig meget dårligt med vand. Olieforbindelser, som oftest er hydrofobe, er en del af disse NAPL'er. NAPL'er vil ofte samle sig i en separat fase, for at der er en så lille overflade som muligt i kontakt med vand. Denne fase kan sprede sig i jorden afhængig af de fysiske påvirkninger /Bedient, P. et al 1994/ & /Rasbak 1994/.

Nogle af NAPL-forbindelserne er tungere end vand, disse kaldes Dense-NAPL og forkortes DNAPL. Disse kan trænge gennem grundvandsspejlet, pga. deres højere densitet end vand. I modsætning til disse findes der også nogle NAPL-forbindelser som vil flyde oven på grundvandsspejlet, disse kaldes Light-NAPL og forkortes LNAPL. De vil på grund af den lavere densitet ligge sig ovenpå grundvandsspejlet og flyde i samme retning som grundvandsstrømmen /Rasbak 1994/. En konceptuel skitse af det ovenstående er vist på figur 2.



FIGUR 2: KONCEPTUEL SKITSE AF NEDSIVNINGEN FOR EN BLANDING AF DNAPL OG LNAPL

3.1.2 Transport og Fasefordeling

Nedsivnings- og spredningshastigheden afhænger af jordens permeabilitet og vandindhold samt væskens viskositet og overfladespænding */Rasbak 1994/*. De mest hydrofobe stoffer vil normalt ikke spredes særlig langt men forblive overfladenære, da de ikke blander sig særlig godt med vand */Jensen 2000/*. Kun en mindre del vil rent faktisk være fordelt i selve vandfasen */Bedient, P. et al 1994/*.

Olieprodukter såsom benzin og diesel er LNAPL og vil derfor primært findes i den umættede zone. Ved kontinuerlig tilførsel fra forureningskilden vil NAPL-komponenter findes som en sammenhængende forureningsfane af fri fase der spreder sig fra kilden, mens en ukontinuerlig kilde eller en tidligere kilde vil medføre formation af bobler der fanges i individuelle grupper. Derfor vil det være meget svært, at fjerne en forurening med NAPL fuldstændig. Et system der indeholder bobler af undfanget NAPL kaldes en residual mætning. En residual mætning har typisk en oliemætningsgrad på under 50 % af det totale porevolumen. Til sammenligning ligger mætningsgraden for fri fase mellem 50 og 100 % af det totale porevolumen */Bedient, P. et al 1994/*.

I den umættede zone afhænger mætningsgraden af de kapilære forhold i jorden. De kapilære forhold siger noget om, hvor meget kraft der skal til, at presse fri fase NAPL ind i pore hulrummene. En forurening med LNAPL vil ifølge */Bedient, P. et al 1994/* lægge sig som en linse oven på grundvandsspejlet med en mindre del af den samlede forureningsmasse opløst i grundvandsfasen. Forureningen vil sprede sig i en fane oven på grundvandsspejlet i retning af grundvandsstrømmen indtil trykket fra forureningskilden ophører. Herefter vil fanen opløses til residual fase.

Mætningsgraden af NAPL i den mættede zone vil typisk være større end i den umættede, da væsker har en større densitet end gas og derfor vil presse sig ned i den mættede zone.

Tabel 2 viser fasefordelingen for benzin og benzen. Sidste nævnte er en almindelig aromat i brændstof som ikke er en NAPL. Dette vil der blive vendt tilbage til i afsnit 3.1.3 om olieprodukter. De viste fordelingsstal er kun gældende hvis der er indtruffet total ligevægt mellem alle tre faser, men giver en god vurdering af hvor stofferne vil ende op i nærmiljøet. Da systemet er defineret som en kubikmeter jord er tilnærmelsen god i det nære miljø men vil ikke være gældende på regional eller global skala hvor volumenerne af hhv. vand, luft og jord vil være markant anderledes. I modellen er der endvidere antaget massebevarelse, hvorfor der ikke er taget højde for at noget af stoffet kan nedbrydes, eller at stoffet skylles ud af det nære system og ender op i et regionalt system. Om antagelsen med ligevægt skal det bemærkes, at et faldende vandspejl ligeledes vil sænke det flydende NAPL lag og lave en umættet residual fase. Når vandspejlet igen stiger vil fasen blive til en mættet residual fase. Dette vil skabe en større kontakt mellem vand og NAPL og systemet vil komme tættere på ligevægt. Som det ses af fasefordelingen for benzin vil dette medføre

en større sorberet del til jordpartiklerne i stedet for fri fase som formodes at være udgangspunktet, mens det for benzen vil skabe en større opløst fraktion i vandfasen.

TABEL 2: FASEFORDELING FOR ISO-OCTANE (CAS: 540-84-1) OG BENZENE (CAS: 71-43-2) I ET TRE-FASE SYSTEM UDREGNET MED FUGACITY BEREGNING FOR EN KUBIKMETER JORD DER HAR EN TØRDENSITET PÅ 1,5 KG/L, ET VANDINDHOLD PÅ 7% OG EN PORØSITET PÅ 0,25., FOR UDREGNINGER SE EXCEL-ARK PÅ VEDLAGTE CD. FYSISK KEMISKE DATA ER FRA /TOXNET/.

Fase fordeling	Benzin [%]	Benzen [%]
Air	6.38	18.82
Water	0.04	66.97
Soil	93.58	14.21

En forurening med DNAPL vil trænge gennem grundvandsspejlet. Hvis trykket fra fanen er konstant vil DNAPL fortsætte nedad indtil den møder en impermeabel grænse, samtidig med at den bevæger sig i horisontal retning med grundvandsstrømmen /Rasbak 1994/. Når væsken møder et impermeabelt lag, vil den bevæge sig langs hældningsretningen på dette lag som ikke nødvendigvis er den samme som grundvandets strømningsretning /Rasbak 1994/. Hvis trykket ovenfra ophører, vil den samlede fri fase opløses til residual fase. I den umættede zone vil der typisk være 10 til 20 % af porevolumenet der er fyldt med residual NAPL noget tid efter at kilden er ophørt /Bedient, P. et al 1994/.

3.1.3 Olieprodukter

En af de mest udbredte typer af forureninger med NAPL udgøres af olieprodukter, hvis forbrug er mest udbredt i form af benzin, dieseolie og fyringsolie /Rasbak 1994/ & /Jensen 2000/.

Sammensætningen er meget varierende med en hovedbestanddel af kulbrinterne: alkaner, alkener, cycloalkaner og –alkener, samt aromatiske komponenter (der ikke er NAPL'er). Alle forbindelserne kan have mindre urenheder med komponenter af nitrogen-, svovl- og oxygenforbindelser samt forskellige metal forbindelser /Jensen 2000/.

Aromaterne betegnes som de farligste, da de har en opløselighed i størrelsesordenen 0,2-2,0g/L /Toxnet/, betegnes de som forholdsvis letopløselige og spredes derfor let med grundvandet. Dette er specielt gældende for BTEX'erne: Benzen, toluen, ethylbenzen og xylen. Benzen er desuden under mistanke for at være kræftfremkaldende /Rasbak 1994/ & /Jensen 2000/. Til sammenligning er ISO-oktan praktisk talt uopløselig i vand /Toxnet/.

Det ses af tabel 3, at alkanerne udgør den største del af de nævnte olieprodukter. Selvom de ikke er de mest giftige i toksikologisk forstand, er det dem der udledes til miljøet i langt de største mængder.

Ved olie- og benzinanlæg er forureningsproblemerne som oftest /Rasbak 1994/ & /Jensen 2000/:

- Spild i forbindelse med overfyldning af jordtanke.
- Spild omkring påfyldningsstandere.

- Utætheder i forbindelse med rør og ledninger.
- Utætte olieudskillere.
- Spild og uheld i forbindelse med håndtering af motorolie, rustbeskyttelsesmidler, kølevæske, akkumulatorer mv.

TABEL 3: SAMMENSÆTNINGEN AF KULBRINTER I FORSKELLIGE BENZIN- OG OLIEPRODUKTER /MILJØSTYRELSEN 1993/

vol%	Motorbenzin	Flybenzin	Dieselolie	Fyringsolie	Marinediesel
Alkaner	30-70	75-95	65-95	60-90	60-90
Alkener	0-30	0-1	0-10	0-10	0-10
Aromater	10-50	5-25	5-30	5-40	5-40

3.1.4 Nedbrydning

Alle organiske stoffer kan principielt nedbrydes under gunstige forhold. I jorden sker nedbrydningen hovedsageligt bakterielt, hvorfor de fysiske forhold i høj grad er styrende for nedbrydningsraten. Herunder specielt stoffets biotilgængelighed, fordeling mellem de forskellige faser, kemiske egenskaber samt redox forholdende i jorden. Jordens evne til at nedbryde kemiske stoffer er derfor i nogen grad proportional med indholdet af mikroorganismer. Vand har ligeledes indflydelse på den naturlige nedbrydning. Dette skyldes, at vand er nødvendigt for de mikrobiologiske processer, hvor både for lidt og for meget vand kan være et problem. Den biologiske nedbrydning af organiske stoffer kræver aerobe forhold i jorden og går helt eller delvist i stå ved temperaturer under 4°C /Rasbak 1994/. For lige uforgrenede kulstofkæder sker der først en oxidation til alkohol (-OH), dernæst til en aldehyd (-CHO) og til slut til en carboxylsyre (-COOH). Herfra nedbrydes molekylet af coenzym A efter en så kaldt ”β-oxidation” hvor acetat molekyler (CH₃OcoA), ”klippes af” for hver oxidations-cyklus og nedbrydes for sig /Jensen 2000/. For de forgrenede-, substituerede- og aromatiske kulbrinter sker nedbrydelsen generelt langsommere og via andre nedbrydningsveje.

ARTEK 2002 har fundet, at der generelt er to metoder til rensning af forurennet jord der benytter mikrobiologisk nedbrydning.

- Kompostering
- Landfarming

Generelt foregår behandling af forurennet jord ved kompostering på specielle jordbehandlingsanlæg, hvor forholdene kan reguleres til de mest optimale for mikrobiologisk nedbrydning, mens Landfarming er en *in situ* metode hvor forholdene for nedbrydning forsøges forbedret på stedet. En tredje løsning der kan anvendes for overfladenære forureninger er det såkaldte Phyto-oprensning, hvor man udnytter planters evne til at optage og akkumulere eller omsætte

forureningskomponenter fra jorden og dermed fjerne forureningen fra jordmiljøet */Miljøstyrelsen 1999/*. Fælles for de nævnte metoder er, at koncentrationen af forurening ikke må være så høj, at det nedsætter de biologiske processer i jorden væsentligt.

3.1.5 Risikovurdering - grænseværdier

Ved udarbejdelse af en risikovurdering vurderer man de miljø- og sundhedsmæssige konsekvenser en forurening kan have. Dette gøres med det overordnede formål, at afklare behovet for afværgeforanstaltninger. I en risikovurdering tages der altid udgangspunkt i konkrete situationer og fakta. Vurderingen bygger således på oplysninger om de forurenende stoffer, mulige sprednings- og eksponeringsvejene samt den målgruppe, der er aktuel i den givne situation. Risikoen i relation til anvendelsen af jorden, afdampning og i relation til grundvandet vurderes hver for sig ud fra de forskellige kvalitetskriterier også kaldet grænseværdier.

Når man taler om grænseværdier skal man huske at tænke på, at disse altid sættes meget lavt da man altid følger princippet ”better safe than sorry”. Man kan derfor opfatte dem som sikkerhedsgrenser i stedet for faregrænser, da det er betydeligt højere koncentrationer der kan virke skadelige. Det er dog stadig vigtigt at huske, at der er en grund til at de er blevet sat. Om en forurening reelt udgør en risiko ved arealanvendelse afhænger selvfølgelig af anvendelsens art og risikoen der er for eksponering. Forurenet jord skal vurderes i forhold til følgende fire kvalitetskriterier */Miljøstyrelsen 2008/*:

- Jordkvalitetskriteriet
- Grundvandskvalitetskriteriet
- Afdampningskriteriet
- Afskæringskriteriet (fastlagt for særlige kemiske stoffer)

I det følgende vil de fire kriterier kort blive beskrevet. Et overblik over grænseværdierne findes i figur 3 mens grænseværdierne kan findes i tabel 4.

Jordkvalitetskriteriet er en grænseværdi, som angiver den højeste koncentration af et kemisk stof uden der forventes negative effekter på menneskers sundhed eller på miljøet. Denne grænseværdi er baseret på, at man skal kunne være udsat for stoffet i denne koncentration hele livet, uden at der forekommer negative effekter. Den skal sikre at den fri og mest følsomme anvendelse af jorden er sundhedsmæssigt forsvarlig. Dette kunne eksempelvis være i forbindelse med private haver, børnehaver og legepladser. Udover at jorden skal efterleve jordkvalitetskriterierne skal jorden ved inspektionen ikke syne forurenet eller afgive lugt som følge af forurening. Hvis disse to kriterier ikke er overskredet betegnes jorden uforurenet, der er i sådanne tilfælde ikke grund til at tage særlige forholdsregler i den daglige håndtering af jorden.

Grundvandskvalitetskriteriet er udarbejdet for grundvandsmagasiner, som udnyttes som drikkevandsforsyning eller som i fremtiden vil kunne anvendes til drikkevandsforsyning.

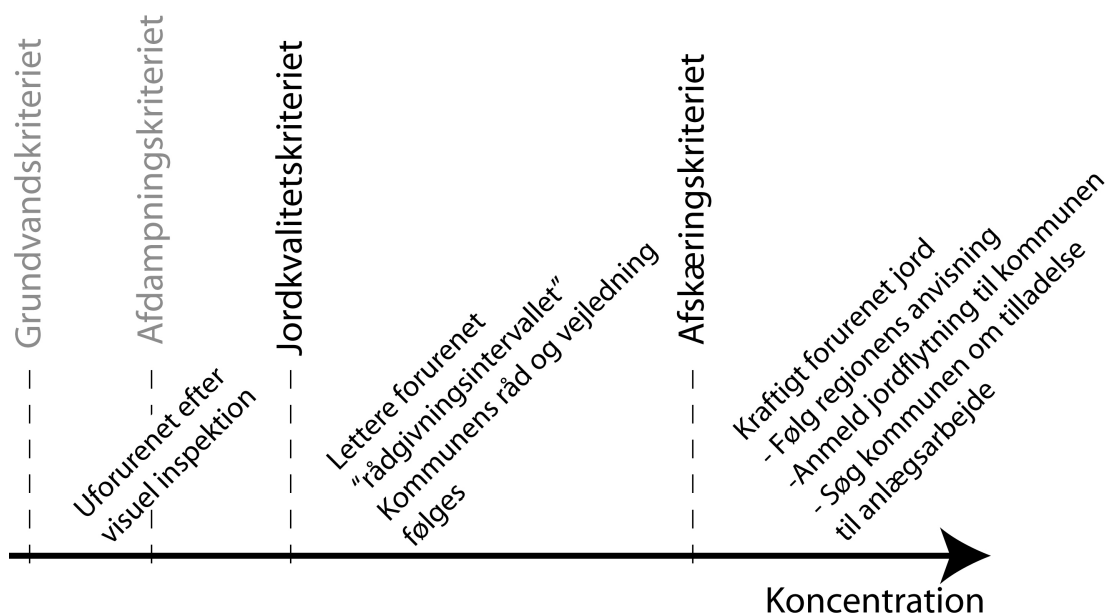
Grundvandskvalitetskriterierne er udarbejdet til brug for fastsættelsen af krav til grundvandet under forurenede grunde (gamle fabriksgrunde, gamle benzinstationer o.l.) ved offentlige finansierede oprydninger, og således ikke kvalitetskriterier der kan bruges generelt for grundvandet. Da der ikke benyttes grundvand til drikkevand i Sisimiut bliver dette ikke uddybet nærmere.

Afdampningskriteriet er et udtryk for, hvor stor en del afdampningen fra jorden maksimalt må udgøre ved påvirkning af indeklimate eller udeluft. Der er tale om en bidrags-værdi og altså ikke om en total-værdi. Afdampningskriteriet er som udgangspunkt lig Luftkvalitetskriteriet.

Afskæringskriteriet er en grænseværdi som angiver en koncentration af et kemisk stof, hvor der er en forurening og hvor der bør gøres en indsats. Hvis denne grænseværdi er overskredet for et eller flere stoffer, betyder det, at forureningen skal kortlægges og der skal foretages en fuldstændig afskæring fra jorden, så ingen komme i kontakt med den forurenede jord. Der skal ryddes op hvis jorden skal blive anvendt til bolig, børneinstitution eller offentlig legeplads.

Kvalitetskriterierne for de forskellige medier er uafhængige af hinanden og skal derfor alle fire overholdes. En forurening er altså ikke automatisk problemfri i forhold til afdampning, indeklimate eller nedsivning til grundvand, bare fordi jordkvalitetskriteriet er overholdt.

Hvis der er et eller flere stoffer i jorden, hvor koncentrationen overskrider jordkvalitetskriteriet, men samtidig ligger under afskæringskriteriet, bliver jorden betegnet som lettere forurenet. Sådanne jorder skal hverken kortlægges eller nødvendigvis fjernes. Dette interval bliver også kaldt rådgivningsintervallet. Hvis forureningen ligger inden for dette interval må jorden kun anvendes til den mest følsomme anvendelse, hvis lokale myndigheder rådgiver offentligheden om forholdsreglerne ved sådan brug. Afskæringsværdier er kun fastlagt for nogle immobile og forholdsvis persistente kemikalier (metaller, polyaromatiske kulbrinter, PAH). For overblik over grænseværdier se figur 3.



FIGUR 3: OVERBLIK OVER GRÆNSEVÆRDIER I FORBINDELSE MED JORDFORURENING. EFTER DATA FRA /MILJØSTYRELSEN 2008/.

Grænseværdier for olieprodukter kan ses af tabel 4. Som det ses, er der ikke sat noget afskærings-, grundvands-, eller afdampnings kriterium for enkeltkomponenter af kulbrintemolekyler, men kun for totalindholdet. Jordkvalitetskriteriet derimod ligger højere jo større et kulbrintemolekyle der betragtes. Dette skyldes at mobiliteten af de små molekyler er større hvorfor de betragtes som mere skadelige for miljøet. Grundet særlig struktur eller andre fysisk-kemiske egenskaber kan andre enkelt stoffer have specielle grænseværdier. F.eks. er jordkvalitetskriteriet for benzen, der som tidligere nævnt er væsentligt mere vandopløseligt og sværere at nedbryde end benzin, en grænseværdi helt nede på 1,5 mg/kg mens der for andre enkeltkomponenter i størrelsen C6 til C10 ligger på 25 mg/kg.

TABEL 4: DE FIRE KVALITETSKRITERIER FOR UDVALGTE STOFFER SOM ER RELATERET TIL MULIG OLIEFORURENING /MILJØSTYRELSEN 2008/. FOR AT SE HVILKE STOFFER DER ER RELATERET TIL HHV. BENZIN ELLER DIESELOLIE SE BILAG A.

Stofnavn	Jordkvalitets- kriterium mg/kg	Afskærings- kriterium mg/kg	Grundvandskvalitets- kriterium mg/kg	Afdampnings- kriterium mg/kg
Kulbrinter fra olie og/eller benzinprodukter				
C ₆ -C ₁₀ kulbrinter	25	-	-	-
>C ₁₀ -C ₁₅ kulbrinter	40	-	-	-
>C ₁₅ -C ₂₀ kulbrinter	55	-	-	-
>C ₂₀ -C ₄₀ kulbrinter	150	-	-	-
Sum af kulbrinter C ₆ -C ₄₀	150 ^m	-	0,009	0,1
Benzen	1,5	-	1	0,00013
Bly, uorganisk	40	400	1	-

m: Både kriterier for de enkelte kulbrintefraktioner og kriteriet for sum af kulbrinter skal være opfyldt samtidig

Bebyggelse af en forurenede grund

Ifølge Miljøstyrelsen er det et krav, hvis du ønsker at bygge bolig, børneinstitution, offentlig legeplads, kolonihave eller sommerhus, at de øverste 50 cm af jorden ikke er forurenede. Dette er også gældende, hvis der udføres tilbygninger eller andre bygge- og anlægsarbejder på en grund, der i forvejen anvendes til bolig, børneinstitution, offentlig legeplads, kolonihave eller sommerhus. Kravet fraviges dog, hvis der er tale om en tilbygning til et eksisterende 1- eller 2- familiehus. Som alternativ kan ejeren eller brugeren sørge for, at der bliver etableret en varig, fast belægning oven på den forurenede jord. Det kan f.eks. være fliser, asfalt eller lignende. Man skal altid huske at kontakte sin kommune før man bygger */Miljøstyrelsen/*.

4 Materialer og metoder - supplerende undersøgelser 2008

For at få et bedre overblik over den nuværende situation af forureningen på GTO pladsen, blev det besluttet, at foretage nogle supplerende undersøgelser i august 2008. Dette var med henblik på, bedre at kunne vurdere, hvor store mængder jord der stadig er forurenet og i, hvilke koncentrationer denne forurening forekommer.

Der blev indsamlet geofysiske data for hele grunden for, at beskrive geologien på grunden og vurdere, hvor forureningskomponenter kan være transporteret hen. På baggrund af nogle af disse målinger blev der udvalgt placering af nogle gravninger for, at kunne bestemme lagfølger og udtage jordprøver.

Der blev foretaget PID målinger for, at se, hvor mange af de lette olier der stadig var til stede. Disse målinger blev suppleret med GC målinger for, at bestemme det totale indhold af tunge olier. Alle analyser og målinger sammenlignes med det der er målt i 2002 og 1995, for at se om der er sket en nedbrydning eller fjernelse/fortynding.

Der blev ligeledes indsamlet visuel information om tilstanden af grøfter og dræningskanaler på grunden, der ligeledes tages ind i vurderingen sammen med prøver af grundvandet.

I laboratoriet i efteråret 2008 blev der ligeledes udført analyser for indhold af tungmetaller.

4.1 Gravninger

I forbindelse med prøveudtagningerne blev der gravet 4 huller på GTO pladsen. Dette blev gjort med en rendegraver (se figur 4), venligt udlånt af Bygge & Anlægsskolen i Sisimiut. Det blev besluttet, at benytte en rendegraver, da det fra tidligere undersøgelser /ARTEK 2002/ var fundet, at det øverste dæklag var meget besværligt at komme igennem med andet end en rendegraver. Dette skyldtes at det var fyldt op med sprængsten og andre store sten.

Gravningerne blev foretaget efter pladsen var blevet undersøgt med Georadar, men før både MEP og Stangslinogram målingerne blev foretaget. Placeringen af de forskellige gravninger blev bestemt ud fra screeningen foretaget med Georadar, samt ud fra hvor der tidligere havde været udtaget prøver. Placeringen af gravningerne fremgår af figur 5.



FIGUR 4: RENDEGRAVER SOM VAR VENLIGT UDLÅNT AF BYGGE & ANLÆGSSKOLEN. DENNE BLEV BENYTTET TIL, AT GRAVE 4 HULLER DEN 13. AUGUST 2008. DETTE ER DEN FØRSTE GRAVNING SOM LIGE ER PÅBEGYNDT. DET FREMGÅR AF BILLEDET AF DER I DET ØVERSTE LAG FOREFINDES MANGE STORE STEN.



FIGUR 5: PLACERING AF GRAVNINGERNE DER BLEV FORETAGET DEN 13. AUGUST 2008

4.2 Geofysiske målinger

Det blev besluttet, at udføre 3 forskellige former for geofysiske målinger da de supplerer hinanden godt og hver især kommer med nye data. Der blev udvalgt Georadar, MEP og Stangsligram til brug af dataindsamling. Disse er alle tre gode og bruges ofte til at supplerer hinanden.

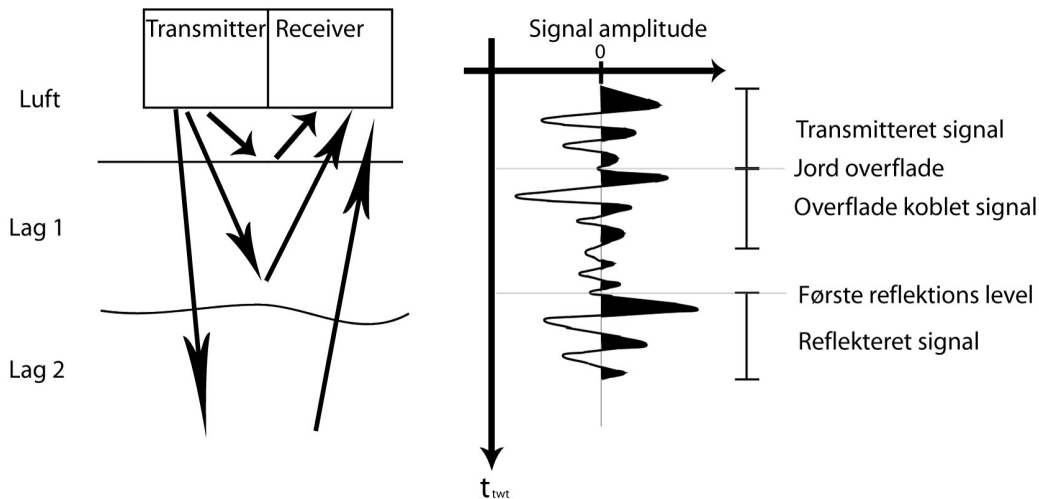
Georadaren er nem at indsamle store mængder af data, hvis det skal indsamles fra en nogenlunde plan overflade. Metoden blev første gang introduceret til Danmark i 1980'erne og er god til at kortlægge sand-og grusforekomster, forudsat at der ikke ligger et tykt lerlag som det øverste lag /Christensen/. Radargrammerne giver mulighed for, at placere et begrænset antal borerer optimalt og gøre det muligt at ekstrapolere det område der er mellem sådanne borerer. Med en georadar er det muligt, at opløse tektonisk forstyrrede aflejringer, hvilket ikke er muligt med andre kendte metoder /Christensen/.

MEP'en giver et meget detaljeret profil af jorden, hvor man kan se forskellen i resistivitet i forhold til de forskellige lag, den er dog lidt besværlig at sætte op.

Stangsligrammen er god at indsamle mange data med og egner sig godt til at identificere gode ledere. Denne metode er velegnet til at identificere terrænnære gode ledere, disse kan dog let overses hvis de er underlejret af ler eller hvis grundvandsspejlet er mindre end 10 m.u.t. og overjordstykkelsen er over 3 m. Den er et godt økonomisk alternativ, da én mand kan betjene den, og måle adskilligt længere profiler end med andre geoelektriske målemetoder/profileringer såsom MEP.

4.2.1 Georadar

En Georadar benyttes til, at registrere lagfølger og strukturer i jorden ved hjælp af højfrekvente radarbølger. Tolkningmæssigt læner metoden sig op af den klassiske seismik. Der er dog den store forskel, at når man bruger Georadar bliver der benyttet elektromagnetisk energi i stedet for akustisk energi. Når en radarbølge rammer et begravet objekt eller en laggrænse med en anden dielektrisk konstant, vil modtager antennen modtage variationer i det reflekterede retursignal, se figur 6. Mere præcist måles tiden fra et radar signal udsendes til refleksionerne fra forskellige reflektorer modtages. Resultatet bliver et plot af refleksionens amplitude som funktion af tiden (et wiggle-plot, se figur 6). På denne måde registreres laggrænser, idet det er ændring af materialet (reflektoren) signalet rejser igennem, der skaber refleksionen.



FIGUR 6: TIL VENSTRE I FIGUREN KAN DER SES HVORDAN RADARBØLGERNE BLIVER REFLEKTERET AF DE FORSKELLIGE LAGGRÆNSER. TIL HØJRE KAN SES ET WIGGLE PLOT, HVOR SIGNALET'S AMPLITUDE ER EN FUNKTION AF TO-VEJS-TIDEN (T_{TWT}).

Reflekterens egenskaber til, at reflektere et radarsignal, afhænger som tidligere nævnt blandt andet af materialets elektriske egenskaber der definerer dielektricitets konstanten også kaldet den relative permittivitet. Denne er konstant for et bestemt materiale eller en bestemt materialesammensætning og da det er kontraster i permittiviteten der skaber den refleksion der ses på radargrammet kan det afgøres, hvor dybt denne kontrast ligger i forhold til det overliggende lag. Ved hjælp af udbredelseshastigheden, V , er det muligt, at finde den reelle dybde til en reflektor ud fra to-vejs-tiden (T_{TWT}). Ifølge *Reynolds 2005*/ kan udbredelseshastigheden udtrykkes ved ligningen:

$$V = \frac{c}{\sqrt{\left(\frac{\epsilon_r \mu_r}{2}\right) \cdot ((1 + P^2) + 1)}} \quad (1)$$

Hvor c er lysets hastighed i free space, ϵ_r er den relative permittivitet, μ_r er den relative magnetiske permittivitet og P er en *loss factor*. P er givet ved *Reynolds 2005*/:

$$P = \frac{\sigma}{\omega \cdot \epsilon}$$

Hvor ω betegner vinkelfrekvensen $2\pi f$, og f er frekvensen målt i Hertz. For umagnetiske materialer er μ_r i formel (1) lig 1 og tillige kan loss faktoren, P , ofte tilnærmelsesvis sættes lig nul, da sigma er lille og omega er meget stor. Hvorefter formel (1) kan reduceres til:

$$V = \frac{c}{\sqrt{\epsilon_r}}$$

Udbredelseshastigheder og permittivitet for forskellige materialer kan findes i tabel 5.

TABEL 5: DEN RELATIVE DIELEKTRISKE KONSTANT OG UDBREDELSESHASTIGHED FOR RELEVANTE MATERIALER /REYNOLDS 2005, s.704/

Materiale	ϵ_r	V [mm/ns]
Luft	1	300
Vand	81	33
Sand (vådt)	25-30	55-60
Ler (vådt)	8-15	86-110
Is	3,2	167
Permafrost	1-8	106-300
Granit	5-8	106-120

Indtrængningsdybde og Skin dybde

Indtrængningsdybden af Georadaren er begrænset af den elektriske ledningsevne af jorden, den sendte center frekvens og den sendte energi. Når ledningsevnen i det undersøgte materiale stiger, vil indtrængningsdybden falde. Dette skyldes, at den elektromagnetiske energi nemmere vil sprede sig til varme, hvilket medfører et svagere signal og derved lavere indtrængningsdybde. Høje frekvenser trænger ikke så dybt ned som lave frekvenser, men de giver til gengæld en bedre opløsning.

Optimal indtrængnings dybde er opnået i is, hvor man kan nå ned til dybder på flere hundrede meter. God indtrængningsdybde er ligeledes opnået i tør sandet jord, granit, kalksten, beton, hvor det er muligt at se ned til 15 m. I fugtige og lerede jorder eller andre jorder med høj elektrisk ledningsevne kan indtrængningsdybden være så lille som i cm /Reynolds 2005/.

Indtrængningsdybden kan beskrives ud fra *skin dybden*, der defineres som den dybde ved hvilken det reflekterede signal er dæmpet til 1/e svarende til ca. 37 % af det oprindelige signal. Følgende formel kan benyttes til udregning af skin dybden, δ , for georadaren /Reynolds 2005/:

$$\delta = \frac{2}{\sigma} \cdot \sqrt{\frac{\epsilon}{\mu}}$$

Hvor σ er konduktiviteten, μ er den magnetiske permitivitetskonstant og ϵ er den dielektriske permitivitet (hvor ϵ_r er lig 10 for tørt strand sand). Formlen er kun gældende hvis *loss factor*, $P \ll 1$. For de antenner der er arbejdet med i denne rapport er skin dybden udregnet til, at ligge mellem ca. 2 til 17 meter svarende til en T_{wt} på 21 til 179 ns med en hastighed på 95 mm/ns. For udregninger se Excelark på vedlagte CD.

Opstilling

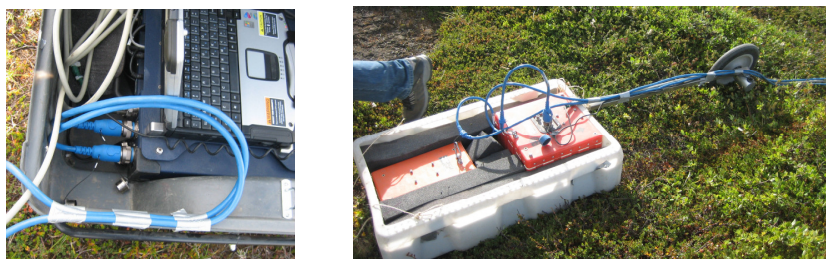
Målingerne blev i praksis udført ved, at trække antennerne hen over jorden i en fiskekasse for de højfrekvente antenner, mens de lavfrekvente blev båret frem og tilbage i dertil beregnet bæresystem, se figur 7. På denne måde blev der dannet et profil langs med den retning der blev

gået. Før målingerne med de højfrekvente antenner, hvor der blev benyttet survey wheel, blev dette kalibreret, hvilket også fremgår af resultat afsnittet.



FIGUR 7: DE TO ØVERSTE BILLEDER VISER HVORDAN MÅLINGERNE MED DE HØJFREKVENTE ANTENNER BLEV FORTAGET. PÅ DE NEDERSTE TO BILLEDER KAN SES OPSTILLINGEN MED DEN LAVFREKVENTE ANTENNE, HVOR CYKELTRAILEREN VAR BAGVED ANTENNEREN HELE TIDEN. BILLEDERNE TIL VENSTRE ER TAGET PÅ GTO PLADSEN OG BILLEDERNE TIL HØJRE ER FRA DEN INDTØRREDE SØ HVOR DER BLEV FORETAGET TEST AF OPSTILLINGEN.

Sir 20 radarenhed samt computeren var placeret i en cykeltrailer, således at dette kunne blive trukket hhv. foran eller bagved selve antennerne. Antennerne var forbundet med computeren og Sir 20 enheden med lange ledninger, så udstyret influerede målingerne mindst muligt. Ledningerne blev sat fast til cykeltraileren og fiskekassen med gaffatape, se figur 8, dels fordi der ikke måtte forekomme træk i stikkene og dels så den påvirkning som ville komme fra ledningerne ville blive konstant og ikke varierende. For yderligere information vedrørende målinger generelt se feltmanual om georadar på vedlagte CD.



FIGUR 8: LEDNINGERNE BLEV FASTGJORT MED GAFFATAPE BÅDE PÅ CYKELTRAILEREN OG FISKEKASSEN FOR AT UNDGA TRÆK I STIKKENDE OG FOR AT SØRGE FOR AT FORSTYRRELSER FRA LEDNINGERNE VAR KONSTANTE OG IKKE VARIERENDE.

Indstillinger for SIR 20

Følgende indstillinger blev benyttet til georadar målingerne.

- Til Free Run blev "Position correction" sat til:
 - Chan1 = range(ns) = 50, Chan2 = range(ns) = 150
- I fanebladet "Range gain" blev afmærkningen ved "Auto Gain Servo" fjernet.
- Til "Point Mode" blev der under "Position Correction"-fanebladet indtastet range(ns) = 400

Følgende indstillinger blev benyttet under "Configuration" for både Survey wheel, Free Run og Point mode:

	Survey wheel		Point Mode		Free Run
Dato	08-08-2008	09-08-2008	11-08-2008	11-08-2008	11-08-2008
Samp/scan	512	1024	512	512	512
Scans/sec	100	39	30	100	30
DielConstant	10	10	10	10	10
Scans/m	10	10	2	2	2
m/mark	1	1	5	5	5
Auto gain level	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
Filtre II	150-800	50-1200	-	-	-
Filtre I	400-1800	200-2000	-	-	-
Transmit rate	-	-	25 kHz	-	25 kHz

Databehandling

Radargrammerne er behandlet med programmet Reflexw. Først er det oprindelige gain der blev lagt på under dataopsamlingen fjernet (*header gain*), hvorefter funktionen *Automatic Gain Control* (AGC) er benyttet til at kigge radargrammerne igennem for information af interesse.

AGC tager den maksimale amplitude over et brugerdefineret tidsvindue og normaliserer til maksimal udslag på radargrammet. Nogen steder er det også forsøgt med *Baggrunds fjernelse* hvor gennemsnittet henover profilet kan trækkes fra for at fjerne støj.

En af de faldgrupper, der skal huskes på, når man ser på radargrammer, er at der i radargrammet kan forekomme multibler. Disse viser sig som gen-reflektioner af en anomali der ligger til den dobbelte tid af den tidligere anomali og med den dobbelte hældning.

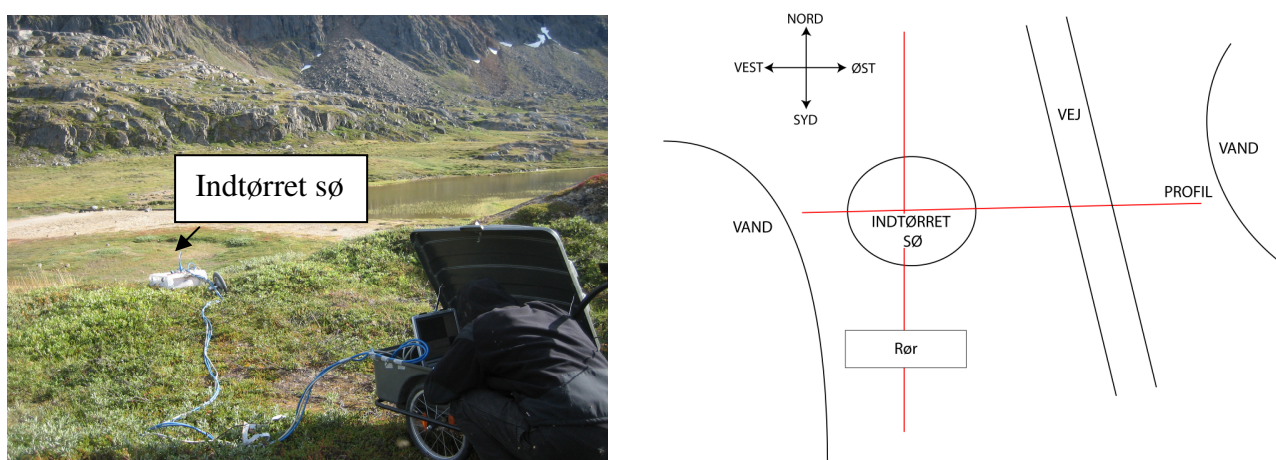
Man skal desuden være særligt på vagt overfor konstant lige flade strukturer selvom de kan forekomme i fluviale aflejringer som er tilfældet på denne lokalitet.

Test af udstyr

Under opholdet i Grønland i august 2008 blev udstyret testet af undertegnede på forskellige måder. Dette blev gjort ved, at der blev lavet målinger med Free-run og Point-mode for den lavfrekvente

antenne og survey-wheel for de højfrekvente antenner. På denne måde blev det fundet, at det bedste kvalitative og kvantitative data materiale for den lavfrekvente antenne blev fundet med Free-run og til de højfrekvente blev der benyttet survey-wheel.

Det blev desuden, den 15. august, verificeret, at opstillingen kan benyttes til, at se til en dybde af ca. 350 nanosekunder. Dette blev gjort på baggrund af, at der ikke blev set særlig meget på GTO pladsen, hvilket kunne have to forklaringer, enten var der ganske simpelt intet at se, eller også var der noget galt med opstillingen. For at udelukke sidste nævnte, blev der udført test af opstillingen. Dette blev gjort ved, at opsamle et dataspor over en indtørret sø, hvor det var kendt, at der skulle være en refleksion i en bestemt dybde med den pågældende T_{tw} . Denne indtørrede sø var beliggende ved foden af Kællingehætten. Se figur 9.

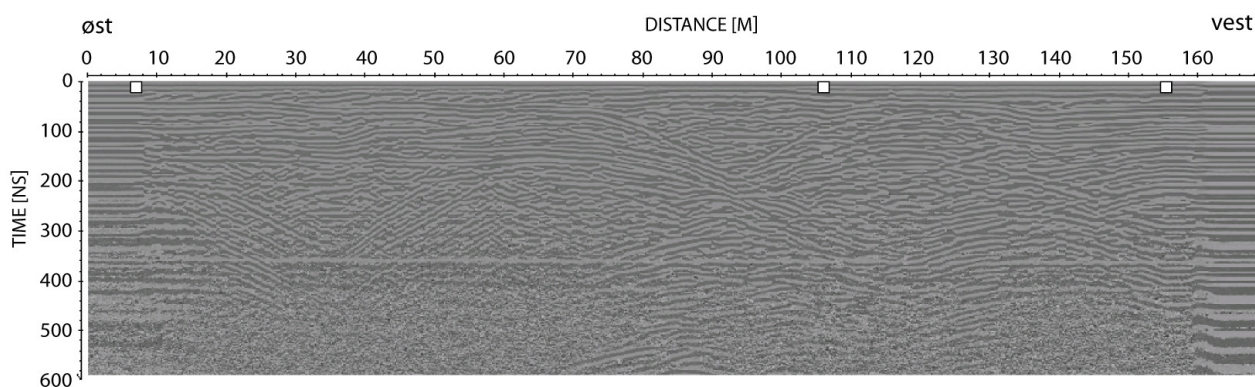


FIGUR 9: BILLEDET TIL VENSTRE VISER DEN INDTØRREDE SØ NÅR MAN STÅR NORD FOR DEN, TIL HØJRE SES EN GROVSKITSE AF OMRÅDET.

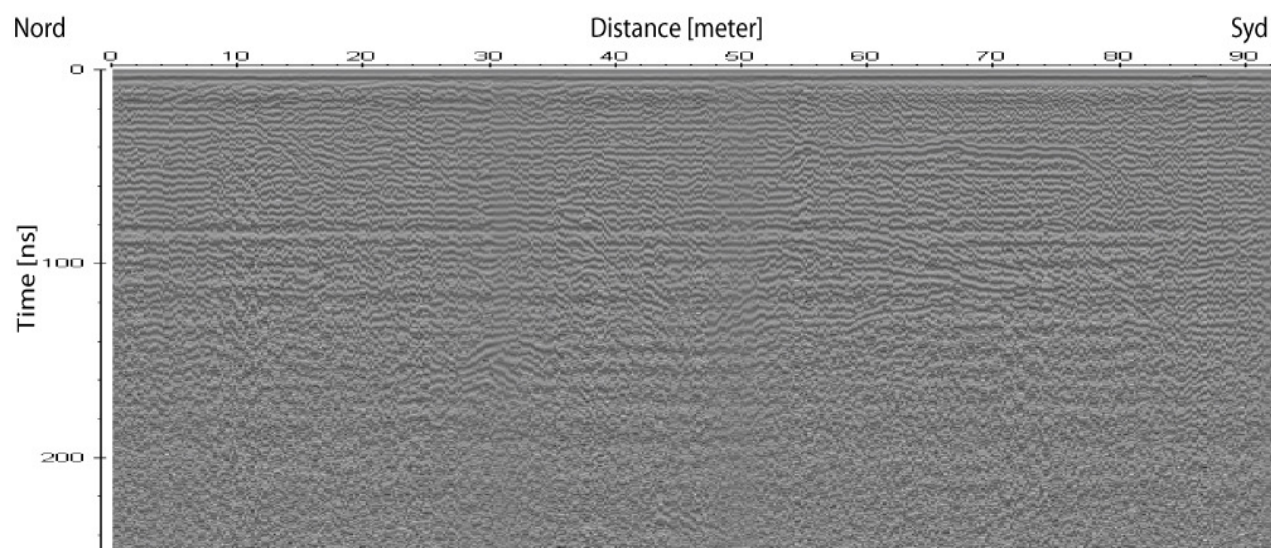
På figur 10 er radargrammet for en af kørslerne med den lavfrekvente antenne (82,5 MHz) ved denne lokalitet vist. Dette profil er det øst-vest gående, som kan ses af figur 9. Det ses, at der er geologisk information helt ned til en T_{tw} på 350 ns. De to yderste markeringer (hvide firkanter ved hhv. 7 m og 155 m) markerer, hvor profilet er påbegyndt og afsluttet og markeringen ved 106 m viser hvor søen sluttede i terrænhøjde. Rådataene er processeret ved at erstatte header gain med et AGC med en vindues længde på 3 ns.

Figur 11 viser et slæb over samme sø, men i nord til sydgående retning og med en 400 MHz antenne. Samme data processing er benyttet. Det ses, at der her kun kan indsamles brugbar information ned til en T_{tw} på ca. 150 ns, før signalet forsvinder i støj. De kraftige refleksioner fra 55 til 75 meter og ca. 40 ns var passage af nogle rør.

Testen viser, at det under gode forhold, er muligt, med det givne udstyr, at indsamle brugbar information i det pågældende tidsinterval, hvis der da ellers er noget at se. Det er dog ikke en garanti for, at der kan ses til tilsvarende dybder på GTO grunden.



FIGUR 10: RADARGRAM AF PROFILET LAVET ØST-VEST VED EN TØRLAGT SØ MED DEN LAVFREKVENTE ANTENNE PÅ 82,5 MHZ, VED FODEN AF KÆLLINGEHÆTTEN. DET SES AT DE TO YDERSTE MARKERINGER (VED HHV. 7 M OG 155M) ER HVOR PROFILET ER PÅBEGYNDT OG AFSLUTTET. DEN MIDTERSTE MARKERING VED CA. 106 M ER MARKERING AF HVOR SØEN SLUTTER I TERRÆNET.



FIGUR 11: RADARGRAM AF PROFILET LAVET NORD-SYD VED EN TØRLAGT SØ MED ANTENNE PÅ 400 MHZ, VED FODEN AF KÆLLINGEHÆTTEN. DER BLEV UNDER DATAINDSAMLINGEN BENYTTET SURVEY WHEEL. DE KRAFTIGE REFLEKTIONER FRA 55 TIL 75 METER OG CA. 40 NS VAR PASSAGE AF NOGLE RØR.

4.2.2 MEP

Multi Elektrode Profilerings (MEP) benyttes til, at måle jordens specifikke elektriske modstand (også kaldet resistiviteten). Værdier for resistivitet i typiske danske sedimenter kan ses af tabel 6.

TABEL 6: RESISTIVITET FOR TYPISKE DANSKE SEDIMENTER. DATA ER FRA /CHRISTENSEN/ & /REYNOLDS 2005/

Jordart	Resistivitet [ohmm]
Ferskvandstørv-dynd-gytje og ler	10-35
Permafrost	10^3 - 10^4
Granit	300 - $3 \cdot 10^6$
Top jord	250-1700
Marint dynd-gytje og ler (postglacialt)	1-35
Moræneler	40-80
Morænesand	70-100
Tertiært, fedt ler	1-20
Yngre, tertiært ler (glimmerler)	10-40
Sand og grus over grundvandsspejl	100-10.000
Sand og grus under grundvandsspejl	70-500
Kalk og kridt (uden saltvand)	90-500

Et MEP profil giver oplysninger om jordens elektriske opbygning langs en linje, svarende til at man graver en rende i jorden og optegner jordprofilet langs renden. Blot er det ikke de litologiske ændringer man observerer, men ændringerne i elektriske egenskaber, altså resistiviteten. Ofte – men ikke altid – vil disse ændringer afspejle den geologiske lagdeling. Denne type af metoder, hvor man interesserer sig for både vertikal og lateral variation kaldes en todimensional metode. Målingerne foretages ved, at måle sammenhængende værdier for strømstyrke og spændingsforskel og resistiviteten kan herefter findes efter omskrivning af Ohm's lov:

$$\rho_a = \frac{\Delta V}{I} \cdot G$$

Hvor ρ_a er den tilsyneladende resistivitet i jorden, V er potentialeforskellen, I er strømstyrken og G er den geometriske faktor. Af ovenstående formel kan det ses, at resistiviteten afhænger af den geometriske faktor, som er en matematisk beskrivelse af elektrodekonfigurationen. Den udregnede tilsyneladende resistivitet er et udtryk for den resistivitet et homogent halvrum ville have, hvis det skulle give den samme respons som der måles.

Elektrodekonfigurationer

I det følgende afsnit vil de to mest benyttede elektrodekonfigurationer kort blive beskrevet. Dette er Wenner og Schlumberger samt en kombination af disse som ofte benyttes ved MEP målinger.

I en Wenner konfiguration er der den samme afstand, ofte betegnet "a", mellem alle fire elektroder. For skitse af opstilling se figur 12. Ved en Wenner konfiguration er det ofte i praksis ikke muligt, at opnå særlig høje indtrængningsdybder. Denne indtrængningsdybde afhænger kun af afstanden

mellem strøm elektroderne og da afstanden mellem alle spyd med en Wenner konfiguration er den samme, er det ofte begrænset, hvor langt man har mulighed for, at komme til siderne for at få et dybt profil. Til gengæld har Wenner konfigurationen den fordel, at potentiale elektroderne, som måler spændingsforskellen mellem P1 og P2, kommer længere fra hinanden jo længere strøm elektroderne kommer fra hinanden (da der er samme afstande mellem alle spydene). Dette vil sige, at den målte spændingsforskel maksimeres, så små inhomogeniteter i jorden omkring elektroderne ikke vil forstyrre målingerne helt så meget som, hvis de stod tættere på hinanden. Dette vil sige at Signal/Noise (S/N) forholdet er godt.

Profiler indsamlet med Wenner konfiguration har 277 målinger. Dette skal ses i forhold til et profil indsamlet med Schlumberger konfigurationen som består af 748 målinger. Dette vil sige, at på den ene side er opløsningen af profilet en del lavere med Wenner end med Schlumberger, men til gengæld går det hurtigere med at indsamle profilet, da der ikke er så mange målinger. For princippet for 2D profilering, se næste afsnit.

Profileringen kan kombineres med en vertikal elektrisk sondering (VES) såsom en Schlumberger konfiguration. Ved normal Schlumberger konfiguration opstilles elektroderne symmetrisk omkring midtpunktet af sonderingen, se figur 12. Potentiale elektroderne placeres i en fast afstand fra midtpunktet (centrum) og kun strøm elektroderne flyttes gradvist til større afstand fra hinanden og midten af udlægget med logaritmisk stigende afstande. Der bliver dog ikke benyttet logaritmisk stigende elektrodeafstande i dette tilfælde, da afstanden mellem spydene er bundet af kabeludtagne på de benyttede ledninger. Den stigende elektrodeafstand medfører at strøm elektroderne har meget større afstand end potentiale elektroderne. Dette er dog ikke altid tilfældet når Schlumberger konfigurationen benyttes i MEP målinger, da afstanden her er lagt fast.

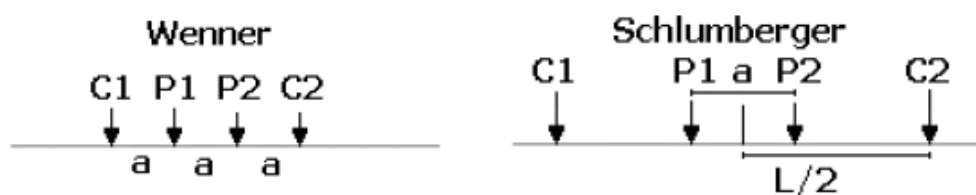


FIGURE 12: TIL VENSTRE SES EN WENNER KONFIGURATION, HVOR AFSTANDEN MELLEM ALLE ELEKTRODERNE ("A") ER DEN SAMME. TIL HØJRE SES EN SCHLUMBERGER KONFIGURATION, HVOR DET ER LÆNGDEN $L/2$ SOM BLIVER FORØGET VED HVER MÅLING. DET GÆLDER FOR BEGGE KONFIGURATIONER AT P1 OG P2 ER POTENTIALEELEKTRODERNE OG C1 OG C2 ER STRØMELEKTRODERNE.

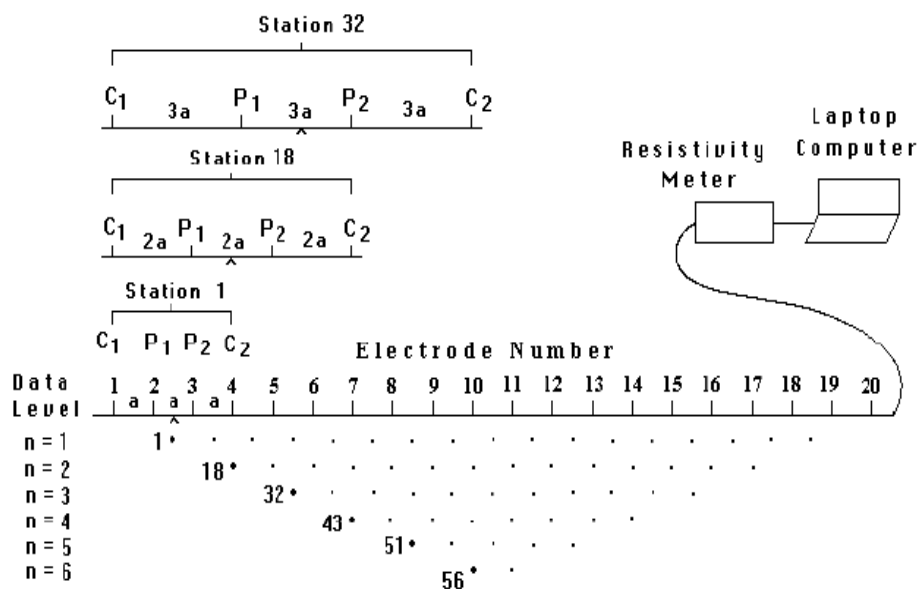
Grundet den fastlagte elektrode geometri benyttes en kombination af Wenner og Schlumberger. Denne kaldes Wenner-Schlumberger konfigurationen og er den som er blevet benyttet til dette projekt. Den er en kombination af 2D profilering og vertikal sondering. Ud fra en elektrode opstilling der har samme afstand mellem alle elektroder laves så mange kombinationer af Wenner

konfigurationen og Schlumberger konfigurationen som muligt ved at vælge spyd der opfylder konfigurationsbetingelserne.

Potentialeelektroderne sidder i afstanden "a" fra hinanden og afstanden mellem strømlektroderne er nu givet ved $a*((2*n)+1)$. En almindelig Wenner konfiguration, se figur 12, er hvor $n=1$. For hver Wenner måling der laves udføres der tillige en række yderligere målinger med større og større n-faktor. Dette er årsagen til, at denne konfiguration har mange flere målepunkter end den almindelige Wenner konfiguration. Fordelen ved denne konfiguration er, at den er mere fokuseret i dybden, hvilket medfører en bedre indtrængningsdybde. Da der er større datatæthed er der ligeledes en bedre vertikal opløsning, dog tager det også dobbelt så lang tid at indsamle profilet. Wenner-Schlumberger konfiguration har et godt S/N forhold.

Princippet for 2D profilering

Princippet for 2D profilering er i det følgende beskrevet med udgangspunkt i wenner-alpha konfigurationen for 20 elektroder (se figur 13). I eksemplet er afstanden mellem elektroderne "a". Først laves alle kombinationer med Wenner-alpha konfigurationen med elektrodeafstanden 1a. Til den første måling benyttes elektrode 1,2,3 og 4 hvor 1=C1, 2=P1, 3=P2 og 4=C2. Herefter rykkes det hele en tak så elektrode 2, 3, 4 og 5 benyttes. Nu er 2=C1, 3=P1, 4=P2 og 5=C2. Denne fremgangsmåde er gentaget indtil enden af kablet er nået. Det bemærkes at der er 17 (20-3) mulige målinger med "1a" elektrodeafstanden. Herefter forøges elektrodeafstanden til "2a". Til første måling benyttes nu elektrode 1, 3, 5 og 7, herefter elektrode 2, 4, 6 og 8 osv. Her kan der foretages 14 (20-(2*3)) målinger. Og sådan fortsættes der med elektrodeafstanden "3a", "4a", "5a" og "6a".



Sequence of measurements to build up a pseudosection

FIGUR 13: PRINCIPPET FOR 2D MED UDGANGSPUNKT I WENNER-ALPHA KONFIGURTAIONEN FOR 20 ELEKTRODER.

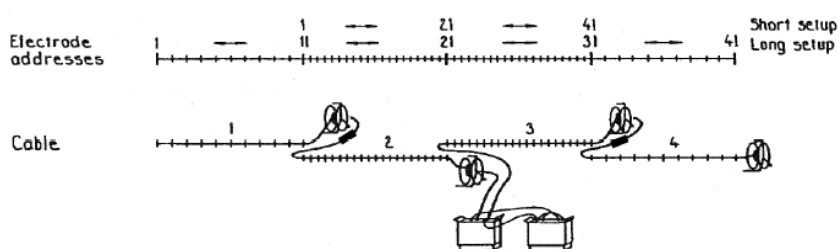
Opstilling

Til målingerne blev der benyttet et ABEM SAS4000 terrameter system med tilhørende elektrode selektor ES 464 Terrameter system, se figur 14.



FIGUR 14: ABEM TERRAMETER SYSTEM (NEDERST I BILLEDET) MED TILHØRENDE ELEKTRODE SELEKTOR ES 464 TERRAMETER SYSTEM (ØVERST I BILLEDET) BEGGE TILSLUTTET BILBATTERI. INSTRUMENTERNE ER PLACERET I EN CYKELTRAILER, DA DET SÅ ER NEMMERE AT TRANSPORTER.

For at lave et profil er opsætningen rent praksis, at man lægger de fire kabeltromler i forlængelse af hinanden. Ved en fast afstand sættes der spyd i jorden, hvorpå ledningsudtagene tilsluttes via krokodillenæb, se figur 15. Denne afstand er én afstand på de to inderste kabler og den dobbelte afstand på de to yderste kabler. ABEM terrameter system med tilhørende elektrode selektor placeres i midten af profilet og det er her de to inderste kabler er tilsluttet. For yderligere information vedrørende målinger generelt se feltmanual om MEP på vedlagte CD.



FIGUR 15: OPSTILLING AF MEP, HVOR DET FREMGÅR AT KABLERNE ER SAT PÅ SPYDENDE VED HJÆLP AF KROKODILLENÆB, SAMT AT CYKELTRAILEREN INDEHOLDENDE ABEM TERRAMETER SYSTEM OG ELEKTRODE SELEKTOR ER PLACERET I MIDTEN AF UDLÆGGET. EN PRINCIPSKITSE ER VIST TIL HØJRE.

Instrumentet kan levere strømstyrker fra 0.2 mA til 1000 mA (vælges manuelt under opsætningen). Generelt fås bedst muligt S/N forhold ved anvendelse af høje strømstyrker. Instrumentet kan dog maksimalt generere en spændingsforskel på 400V. Derfor kan det være nødvendigt, at sætte strømstyrken ned, såfremt der arbejdes i områder med høj resistivitet (f.eks. fjeld eller permafrost) og/eller med lange elektrode udlæg. Instrumentet kan indstilles til, at forsøge at sende med f.eks.

200 mA og automatisk trappe strømstyrken ned, indtil der findes et niveau, hvor det er muligt at gennemføre målingen. Instrumentet afsender en lav-frekvent vekselstrøm, som i praksis kan opfattes som jævnstrøm (DC), der sendes med skiftende retning eller polaritet. Dette gøres, for at udjævne eventuelle naturlige lavfrekvente strømme i jorden, som ellers ville give fejl på målingerne.

Det defineres i måleopsætningen, hvor lang forsinkelse (acquisition delay) der skal være, fra instrumentet begynder at sende strømmen til målingen påbegyndes. Ligeledes defineres måleintervallets længde, og disse to parametre er bestemmende for måleperioden.

Det opsamlede datasæt bliver et profilplot over den tilsyneladende modstand i jorden plottet til en dybde der bestemmes ud fra den geometriske opstilling af udstyret. Data inverteres herefter med et inversionsprogram (f.eks. Res2dinv) og programmet leverer en model over fordelingen af specifik modstand i jorden.

Efter vurdering af datasættet kan eventuelle dårlige datapunkter sorteres fra. Dette gøres ved, at inspicere de målte værdier og kikke efter store udsving i resistivitetsmålingen på en lille afstand. Dette er et tegn på dårlig datakvalitet da målingen angiver et volumengennemsnit af et homogent halvrum, hvilket ikke kan forventes at have store udsving mellem to tætliggende datapunkter. Eventuelle dårlige datapunkter kan skyldes ændring i kontaktmodstanden pga. af ydre fysiske påvirkninger, og det er muligt at ekskludere sådanne punkter ved inversionen.

For de tre MEP profiler er det testet om fjernelse af eventuelle dårlige datapunkter havde væsentlig ændring på den inverterede model. Det blev ligeledes testet om modellen ændrede sig væsentligt ved at fremhæve Vertikale hhv. Horisontale strukturer under inversionen (ved at stille på Vertical to Horizontal flatness filter ratio). Det blev fundet, at intet af det ovenstående ændrede udseendet af modellen i væsentlig grad, hvorfor det er valgt, at præsentere resultatet fra den første data inversion, uden frasortering af nogen datapunkter.

Der blev lavet en mindre datakorrektion til profil 1. Korrektionen bestod i, at de opsamlede data var opsamlet med forkert geometrisk faktor. Ved dataopsamlingen var elektrodeafstanden på terrametret sat til 0,7 m mens elektrodeafstanden i måleopstillingen var 0,75m.

Det resultat som instrumentet gemmer, er den tilsyneladende modstand efter udregning med

formlen: $\rho_a = \frac{V}{I} \cdot G$.

For at få den rigtige modstand er hver opsamlet dataværdi for ρ_a derfor divideret med den geometriske faktor for elektrodeafstanden 0,7m og derefter ganget med en ny geometrisk faktor til

elektrodeafstanden 0,75m. Ovenstående korrektion var nødvendig, da terrametret kun kunne indstilles til en elektrodeafstand med et decimal.

4.2.3 Stangslingram

Stangslingrammen ser ud som vist på billede 16. Princippet er, at der er to spoler i instrumentet som hhv. afsender og ”modtager” et magnetfelt. Afsenderspolen skaber et magnetfelt, som inducerer en strøm (ved 5 forskellige frekvenser) i jorden, denne strøm skaber et sekundært magnetfelt. Instrumentet kan måle kombinationen af disse magnetfelter med modtagerspolen. Metoden kan benyttes med horisontale-, eller vertikale spoler. I dette projekt blev kun benyttet vertikal spoleopsætning, med fastlåst spoleafstand.



FIGUR 16: STANGLINGRAMMEN BLEV BÅRET RUNDT VED DATAINDSAMLINGEN.

Det instrumentet giver som output er derfor $(H_s + H_p)/H_p$, hvor H_p er primærfeltet og H_s er sekundærfeltet. Man laver altså en måling af forholdet mellem det sekundære og primære magnetfelt for hver af de 5 udsendte frekvenser. H_p kan findes ud fra, hvor langt spolerne sidder fra hinanden.

For små induktionstal, $B \ll 1$ /Reynolds 2005/, gælder tilnærmelsen $\sigma_a = K \cdot I_m(data)$.

B kan udtrykkes ved /Reynolds 2005/:

$$B = r \cdot \sqrt{\frac{\omega \cdot \mu_0 \cdot \sigma}{2}}$$

hvor r er spole afstanden, μ_0 er konstanten $4\pi \cdot 10^{-7}$ Henry/m, ω er vinkelfrekvensen $2\pi \cdot f$ og σ er konduktiviteten. En kort spoleafstand er derfor afgørende for om tilnærmelsen passer. Denne grænse er kun overholdt for det laveste frekvensbånd (2225Hz).

Hvis tilnærmelsen holder kan de målte data omregnes til tilsyneladende modstand. For at kunne gøre dette skal proportionalitetsfaktoren, K , findes ved:

$$K = \frac{4}{\omega \cdot \mu_0 \cdot s^2}$$

hvor s er spoleafstanden i m.

Indtrængningsdybde og Skin dybde

Skin dybden er den dybde for hvilken signalet er dæmpet til $1/e$ svarende til 37 % af det oprindelige signal og kan udtrykkes ved følgende formel /*Reynolds 2005*/

$$\delta = \sqrt{\frac{2}{\omega \cdot \mu \cdot \sigma}}$$

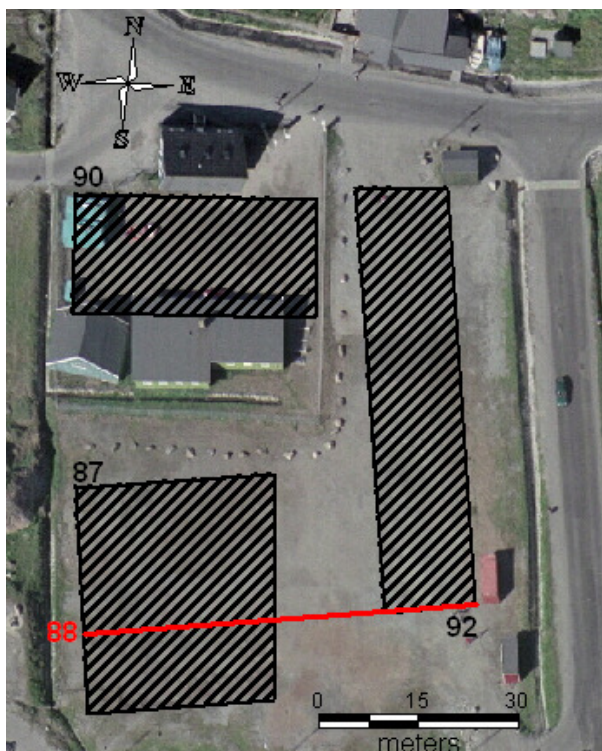
Vinkelfrekvensen, og konduktiviteten er som for induktionstallet, B , og den magnetiske permeabilitet er $\mu = \mu_r \cdot \mu_0$. Det kan i de fleste tilfælde antages at μ_r er lig 1, da det der ønskes kortlagt er nogenlunde homogent og da der ikke forventes at forefindes magnetiske forekomster på den undersøgte lokalitet, som f.eks. magnetit. Dette vil sige at μ kan sættes lig μ_0 svarende til konstanten $4\pi \cdot 10^{-7}$ Henry/m. For resistiviteter i jorden fra 100 til 1000 ohm-meter giver det en skin dybde fra ca. 100 til 300 meter. Det skal bemærkes, at man antager, at det er et harmonisk felt, og at det er baseret på plane bølger. Det er ikke helt tilfældet, da der ikke er så langt til afsenderen, men det er en meget god tilnærmelse.

I manualen for Geophex GEM2 instrumentet står der, at man i resistive områder (>1000 ohm-meter) skulle være i stand til, at se omkring 30 til 50 meter ned og for konduktive områder (<1000 ohm-meter) omkring 20 til 30 meter ned /*GEM2 Manual*/. Selvom skin dybden er større end dette anbefaler de ikke at undersøge dybder større end 50 m med GEM2.

Dette virker meget optimistisk i forhold til andre elektromagnetiske metoder. Forklaringen på, hvorfor skin dybden er så meget større end hvad der står i manualen kan være, at formelen for skindybden ikke tager højde for spolernes indbyrdes afstand, men baserer udregningen på en uendelig stor spoleafstand. For GEM2 er dette ikke tilfældet da spoleafstanden er konstant 1,66m. Der har desværre ikke været tidligere erfaringer med netop dette instrument, men tidligere erfaring med Geonics EM31 har vist en indtrængningsdybde på 3-6 m afhængig af konfiguration. Dette instrument har en spoleafstand på 4 m og frekvens på 9,8 kHz.

Dataindsamling

Af figur 17 kan placeringen af stangslingram dataindsamlingen ses. De skraverede rektangler er hvor der er gået hhv. vest-øst og nord-syd skiftevis.



FIGUR 17: PLACERING AF REKTANGLER HVOR DER BLEV INDSAMLET DATA MED STANG SLINGRAMMEN. DEN RØDE LINIE ER SAMMENFALDENDE MED MEP PROFIL 1 OG GÅR IGENNEM GRAVNING 1.

Ved indsamlingen af data i rektangel 90 blev der påbegyndt i det nord-vestlige hjørne. Der blev gået horisontalt mod øst og bidirectional, hvilket vil sige, at man skiftevis gik mod øst og vest. Længden af rektanglet var 37 m og afstanden mellem liniere var 2 m.

Rektangel 87 blev ligeledes påbegyndt i det nord-vestlige hjørne. Denne blev ligeledes gået horisontalt, hvilket vil sige, at der blev begyndt med at blive gået mod øst. Længden var 29 m og afstanden mellem liniere var 2 m.

Rektangel 92 blev påbegyndt i det syd-østlige hjørne. Denne dataindsamling blev gået vertikalt, så der blev begyndt med, at gå imod nord. Længden af rektanglet var 62 m og afstanden mellem liniere var 2 m.

Linien 88 var sammenfaldende med hvor MEP profil 1 er beliggende samt går igennem gravning 1. Langs denne linie blev der indsamlet data med Stang slingrammen fra vest mod øst. Længden var 60 m.

4.3 *Kemiske analyser*

Der er blevet analyseret for lette og tunge olieforbindelser samt for tungmetaller i de udtagne jord- og vandprøver. Førstenævnte blev foretaget på Grønland med en PID måler ca. et døgn efter prøveudtagningen. Resten af analyserne blev foretaget på laboratoriet på ARTEK, DTU i efteråret 2008.

4.3.1 Photo Ioniserings Detektor (PID)

For analyse af de lette olier blev der benyttet en PID måler, se figur 18. Jordprøverne som skulle analyseres for lette olier blev udtaget i Rilsan poser med ca. 50-100g pr. pose, se figur 18. Disse blev lukket med en strip så tæt som muligt for, at have samme luftvolumen i alle posere. Dette lykkedes dog ikke helt, hvilket der vil blive vendt tilbage til i resultat og diskussions afsnittene. Efter at prøverne havde stået i 20 timer i værkstedet på Bygge- og anlægsskolen i Sisimiut ved ca. 16 °C, blev koncentrationer af lette olier målt med en PID måler, se midterste billede i figur 18. Denne var kalibreret med 100ppm Isobutylen, før påbegyndt måling.



FIGUR 18: PID-MÅLER. LÆNGST TIL VENSTRE SES PID-MÅLEREN. PÅ BILLEDET I MIDTEN SES HVORDAN DER BLEV MÅLT, VED AT PRIKKE ET HUL I RILSAN POSEN MED PID-MÅLEREN. TIL HØJRE SES EN RILSAN POSE MED JORDPRØVE I OG DET KAN ANES (SE PILEN) AT HULLET ER BLEVET DÆKKET MED TAPE

4.3.2 Bestemmelse af vandindhold og organisk indhold i jordprøverne

For alle jordprøverne blev vandindholdet og det organiske indhold bestemt. Dette blev gjort på laboratoriet på ARTEK, DTU, hvilket vil sige, at det blev foretaget ca. 1 mdr. efter prøveudtagningen. Dette skulle dog ikke have nogen indflydelse på resultaterne, da alle jordprøverne var opbevaret i tætlukkede poser.

Fremgangsmåde

Først blev diglerne, hvori jorden skulle opvarmes i sat i muffelovn i 30 min. ved 550°C, hvorefter de blev afkølet i ekssikkator og vejte. Derefter blev der afvejet ca. 3 g prøvejord, som efterfølgende blev sat i varmeskab natten over (ca. 20 timer) ved 105°C. Næste morgen blev de afkølet i ekssikkator og vejte. Derefter blev de sat i en kold muffelovn og glødet ved 550°C i 2½ time, hvorefter de blev afkølet i ekssikkator og vejte igen. Se figur 19 for brugt apparatur.

Til beregningen af resultaterne er nedenstående formler benyttet:

$$\% \text{ vandindhold} = \frac{a-b}{b} \cdot 100$$

Denne angiver procent af tørstof.

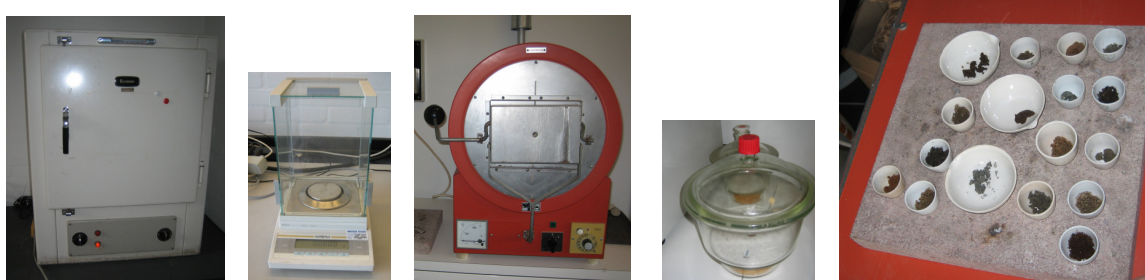
$$\% \text{ vandindhold} = \frac{a-b}{a} \cdot 100$$

Denne angiver procent af totalprøven

$$\% \text{ tørstofindhold} = \frac{b-c}{b} \cdot 100$$

Glødetabet i procent af tørstofindholdet

Hvor a = prøvens masse [g], b = massen af den tørrede prøve [g] og c = massen af den glødede prøve [g].



FIGUR 19: FRA VENSTRE TIL HØJRE SES FØRST BILLEDE AF VARMESKABET, SÅ ANALYSEVÆGTEN MED 4 DECIMALER, MUFFELOVN, EKSSIKKATOR OG LÆNGST TIL HØJRE SES DIGLERNE MED JORDPRØVERNE I.

4.3.3 Gas Chromatograf (GC)

Jordprøverne som skulle analyseres for tunge olier med GC blev opbevaret i poser i køleskab og vandprøverne blev opbevaret i plastikbeholdere ligeledes i køleskab. Der var en fejl med køleskabet i Grønland så det blev frosset en overgang, men dette skulle ikke have nogen indflydelse på koncentrationerne af de tunge olier.

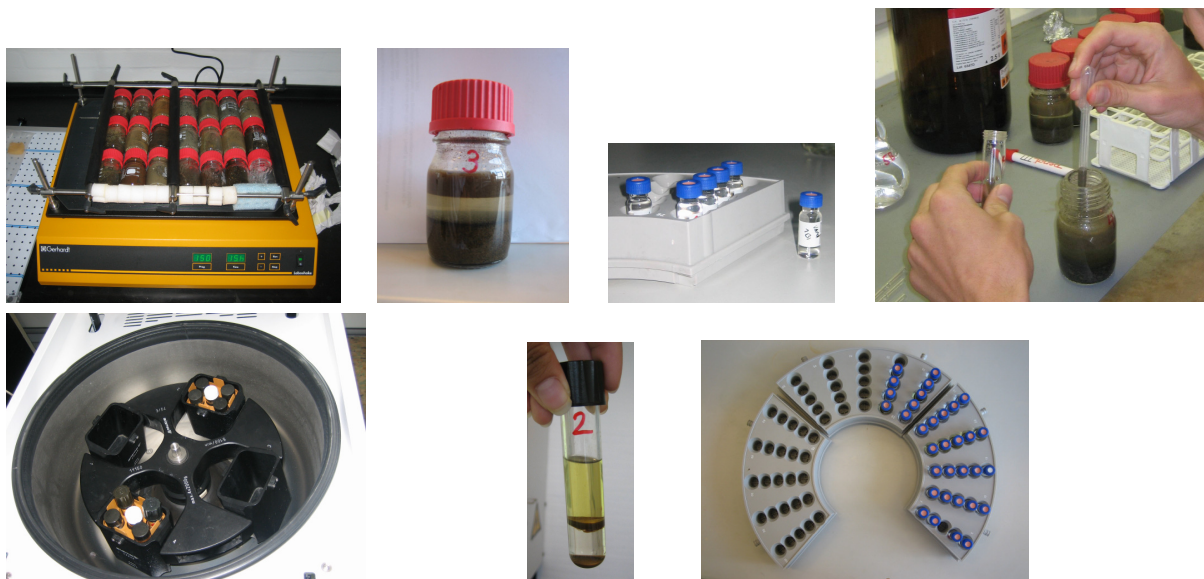
Disse prøver blev først analyseret tilbage i Danmark, hvilket vil sige, at der gik ca. 1 mdr. fra prøveudtagelsen til analysen, men dette skulle ligeledes ikke have nogen indflydelse på koncentrationerne da prøverne var nedkølede under hele denne opbevaring.

Jordprøverne

Princippet i analysen er, at jorden blev opslemmet i acetone, vand og pentan med intern standard, hvorfra prøven blev ekstraheret og er blevet lavet efter REFLAB metode 4: 2008. En mere detaljeret gennemgang af fremgangsmåden er beskrevet i følgende afsnit.

Til at begynde med blev prøverne overført til 100mL Redcap glas med ca. 60 g i hvert, hvortil der blev tilsat 20 mL acetone og efterfølgende rystet så der var en frit flydende opslemning. Derefter blev der tilsat 20 mL pentan med intern standard og alle glassene blev rystet på rystebord i mellem 12-24 timer ved 150 rpm, se figur 20.

Efter at de havde stået natten over og rystet blev der tilsat 30mL vand til hvert glas og håndrystet i ca. 1 min., hvorefter prøven henstod til der kom en klar pentanfase (nogle af prøverne blev centrifugeret for at få denne klare pentanfase), se figur 20. Pentanfasen blev derefter overført til 2 vials. Der blev lavet 2 blindtests.



FIGUR 20: FRA VENSTRE TIL HØJRE ØVERST SES FØRST PRØVERNE PÅ RYSTEBORD, DEREFTER EN AF PRØVERNE HVORAF DET FREMGÅR HVORDAN DER ER FORSKELLIGE LAG. PÅ NÆSTE BILLEDE KAN MAN SE VIALSENE SOM PRØVERNE BLEV UDTAGET TIL OG PÅ BILLEDET LÆNGST TIL HØJRE SES UDTAGNINGEN FRA PRØVERNE TIL ET REAGENSGLAS SOM SKAL CENTRIFUGERES. FØRSTE BILLEDE NEDERST SES CENTRIFUGEN OG PÅ BILLEDET I MIDTEN KAN DE FORSKELLIGE FASER TYDELIGT SES EFTER CENTRIFUGERINGEN. PÅ DET SIDSTE BILLEDE SES ALLE VIALSENE I HOLDEREN TIL GC'EN.

Vandprøverne

Først blev der afmålt 200mL prøve til et 500mL Redcap glas, hvortil der blev tilsat 10mL acetone og omrystes. Derefter blev der tilsat 10mL pentan med intern standard, hvorefter de blev sat på rystebord sammen med jordprøverne natten over, se figur 21. Derefter blev der udtaget 2 prøver fra pentanfasen til 2 vials. Her blev der lavet to blindprøver, samt replika af alle prøverne.



FIGUR 21: TIL VENSTRE SES HVORDAN NOGLE AF PRØVERNE BLEV RYSTET DA DER IKKE VAR MERE PLADS PÅ RYSTEBORDET SOM KAN SES I FIGUR 20. TIL HØJRE KAN SES UDTAGNINGEN TIL VIALS.

For at finde det totale indhold af kulbrinter skal man integrere det totale areal og fra dette fratrække arealet af nærmeste sekvensblind, efter at arealet af den interne standard er fratrullet begge arealer. Det totale indhold af kulbrinter kan fås med følgende formel:

$$\text{Total kulbrinteindhold} = \frac{\frac{A}{A_{IS.prøve}}}{\frac{A_{std}}{A_{IS.std}}} \cdot \frac{C_{std} \cdot V_{Acetone+pen tan}}{V_{prøve}}$$

4.3.4 Tungmetaller

Prøverne som skulle analyseres for tungmetaller blev udtaget fra samme poser som prøverne til GC målingerne, så det samme gælder for disse som beskrevet i afsnit 4.3.3 om GC. Vandprøverne blev ligesom dem som skulle analyseres på GC'en opbevaret i plastikbeholdere, men disse blev syrekonserveret, med koncentreret salpetersyre (ca. 7 dråber), umiddelbart efter prøveudtagning, og ligeledes opbevaret på køl.

Oplukningen af jordprøverne blev lavet efter DS 259, hvor princippet er at bestemme syreopløselige metaller i jorden. Denne metode giver et fastlagt niveau for metalkoncentrationen frem for en fuldstændig bestemmelse af metal-koncentrationen i jorden som man ville kunne få ved fuldstændig destruktion af jorden. Efter oplukningen blev alle prøverne målt for tungmetalindhold på en ICP, se figur 22. Der er blevet analyseret for følgende tungmetaller: Arsen, Cadmium, Chrom, Kobber, Nikkel, Bly og Zink.



FIGUR 22: ICP SOM BLEV BENYTTET TIL TUNGMETALANALYSERNE. PRØVERNE KAN SES FORAN STÅENDE I SYREVASKEDE PLASTIKBEHOLDERE.

Jordprøverne

Der blev først overført ca. 1,2 g til hver deres oplukningsflaske, hvortil der blev tilsat 20 mL 7 Mol salpetersyre suprapur (i stinkskaab). Derefter blev flaskerne lukket og sat i autoklave ved 120 °C i 30 min. Derefter blev de afkølet til stuetemperatur mens de henstod så uopløseligt stof kunne sedimentere. Derefter blev de filtreret på GELMAN 0,45 µm filter og fortyndet til 100mL med milliporevand. Derefter blev prøven overført til syreskyllede plastikflasker.

Vandprøverne

Det eneste som blev gjort med vandprøverne før analysen var, at de blev filtreret da der var en del suspenderet stof i nogle af dem.

Prøvens metal koncentration i mg/kg kan nu findes ved at indsætte $B = 1$ g, samt sætte C lig med 1 i følgende ligning:

$$mg / kg = \frac{A \left[\frac{mg}{L} \right] \cdot 0,100[L] \cdot C}{B[g] \cdot 10^{-3} \frac{kg}{g}} = A \left[\frac{mg}{L} \right] \cdot 100L / kg$$

Hvor A = ekstraktionens metal koncentration i mg/L (ppm), B = g afvejet jord og C = fortyndingsfaktor (kun hvis prøven bliver yderligere fortyndet).

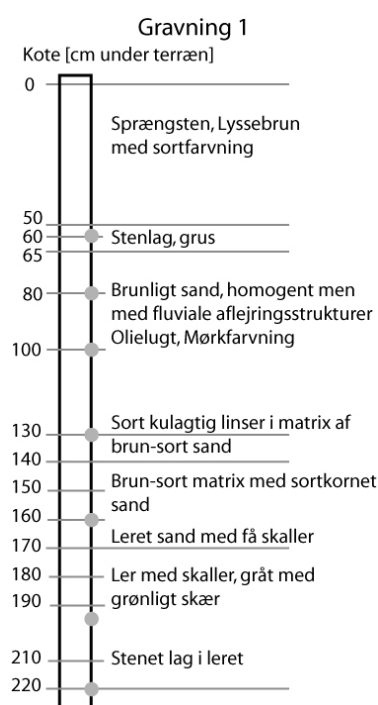
Af ligningen kan det ses at metal koncentrationerne kan omregnes fra mg/L til mg/kg ved at multiplicere 100 på resultatet.

5 Resultater

5.1 Gravninger

Der blev lavet fire gravninger i alt på GTO pladsen. Placeringen af disse blev bestemt ud fra radargrammerne fra georadaren samt ud fra, hvor der tidligere har været udtaget prøver af hhv. Carl Bro og ARTEK studerende. Gravningerne blev lavet til en dybde af mellem ca. 1½-2 meter under terræn (m.u.t.) og i 3 ud af de 4 gravninger var der en kraftig lugt af olie. Der blev udtaget jordprøver i alle gravningerne for ca. hver ½ meters dybde, nogle steder flere, samt taget prøve af det tilløbende grundvand.

Der blev udarbejdet boreprofiler for alle 4 gravninger på baggrund af gravningerne og de udtagne prøver, se bilag C. Profilet for gravning 1 er vist på figur 23. De grå cirkler viser hvilke dybder der blev udtaget prøver til kemisk analyse. Placering af de fire gravninger er vist i figur 5 i afsnit 4.1 *Gravninger* i materialer og metoder afsnittet og de præcise GPS koordinater er noteret på profilerne i bilag C.



FIGUR 23: BOREPROFIL FRA GRAVNING 1 PÅ DEN SYDLIGE DEL AF GRUNDEN. PLACERINGEN ER VIST PÅ FIGUR 5 I AFSNIR 4.1 GRAVNINGER. GPS KOORDINATER FINDES PÅ BOREPROFILET VIST I BILAG C. TIL HØJRE SES ET BILLEDE TAGET NED I GRAVNINGEN MED NORD MOD HØJRE.

På baggrund af boreprofiler og geofysiske målinger er der lavet en konceptuel model for den geologiske lagserie, som der vendes tilbage til i diskussionsafsnittet, efter præsentation af resultaterne fra de geofysiske målinger.

Ved gravning 1, 3 og 4 var der en meget stærk lugt af olie efter gennembrud af afdækningslaget, bestående af sprængsten, og der var markant mørkfarvning af det opgravede materiale. Kun ved gravning 2 mødtes denne mørkfarvning ikke og de mørke horisonter i aflejringsstrukturene i denne gravning vurderes derfor at være naturlige. Ved gravning 2 blev grundfjeldet mødt i 2 m.u.t. skrånende mod øst.

I boreprofilet af gravning 1, som fremgår af figur 23, kan der ses en mørkfarvning af sandet fra 0,5 m.u.t. og ned til lerlaget i 1,8 m.u.t.. Det bliver generelt mørkere jo dybere man kommer ned. Aflejringsstrukturer fra tidligere vådområde, vandsø 1, ses tydeligt ned gennem profilet, men med olielugt og mørkfarvning. Omkring kote 1,3 m.u.t. blev der fundet sorte kulagtige linser af ukendt materiale i sandmatrixen. Disse viste sig ved kemisk analyse at have højt kulbrinte indhold. Lerlaget ser fedt og usprækket ud men med stenede passager og skaller.

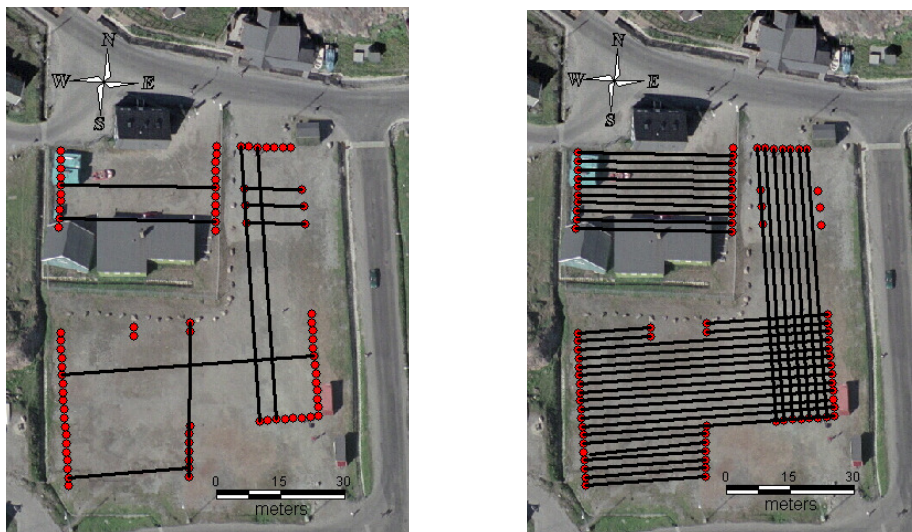
Grundvandet blev ikke mødt i gravning 1, som det var tilfældet i de tre andre gravninger. Størst grundvandstilstrømning blev fundet i gravning 3 og 4, visuelt vurderet, hvor siderne i hullet begyndte at falde sammen i bunden af hullet få minutter efter endt gravning. I gravning 4 var det nederste lerlag frosset skønt der løb flydende vand ovenpå dette lag. Boreprofiler fra de 4 gravninger findes i bilag C.

Efterfølgende er jordprøver og vandprøver blevet analyseret i laboratoriet af undertegnede. Resultatet af de kemiske analyser fremgår af afsnit 5.3 Kemiske analyser.

5.2 Geofysiske målinger

5.2.1 Georadar

På grund af den store mængde indsamlede data er nogle udvalgte radargrammer præsenteret som resultat, mens de resterende er lagt i bilag (se mappen Georadar på vedlagte CD) og vedlagt som datafil. Georadar dataene var ment som en hjælp til, at placere de fire gravninger og som støtte til kortlægning af geologien. Evt. fri fase af forurening skulle også kunne ses på radargrammerne. Af figur 24 kan det ses, at der er blevet indsamlet utrolig meget data.

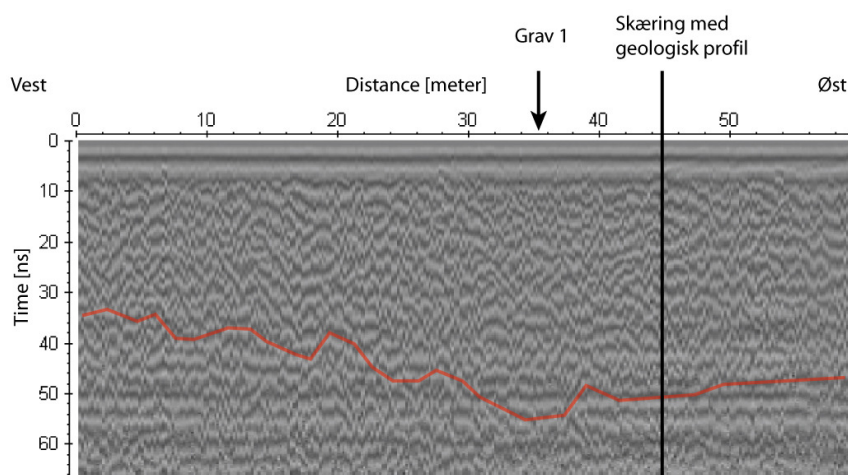


FIGUR 24: PLACERINGS AF GEORADAR PROFILER. TIL VENSTRE SES DER HVOR DER ER BENYTTET DEN LAVFREKVENTE ANTENNER OG TIL HØJRE ER DE HØJFREKVENTE ANTENNER BENYTTET.

Fra testen af udstyret blev det fundet, at vi med det givne setup skulle være i stand til at hente geologisk information til en T_{tw} på op til 350ns, hvilket i våd sandet jord svarer til en skin dybde på ca. 19 meter.

På lokaliteten har det dog vist sig at information fra de højfrekvente antenner, til T_{tw} større end 70ns (svarende til 3-4 m.u.t.), er så forstyrrede af støj, at det ikke er muligt at se noget brugbart. Ud fra den geologi, der tidligere er fundet i området, forventes det, primært at finde information om placering af det grundvandsførende lag og grundfjeldet samt måske, at kunne se aflejringsstrukturer fra det tidligere vådområde.

Figur 25 viser radargrammet for det vest til øst gående spor nummer syv (talt fra syd, se bilag E for oversigt) som er sammenfaldende med MEP-profil 1. Profilet er således placeret henover gravning 1, som er markeret på radargrammet ligesom det sted hvor profilet skærer det geologiske profil der er lavet i diskussionsafsnittet. Radargrammet har fået fjernet header gain og lagt en AGC funktion på med en vindues længde på 3ns.

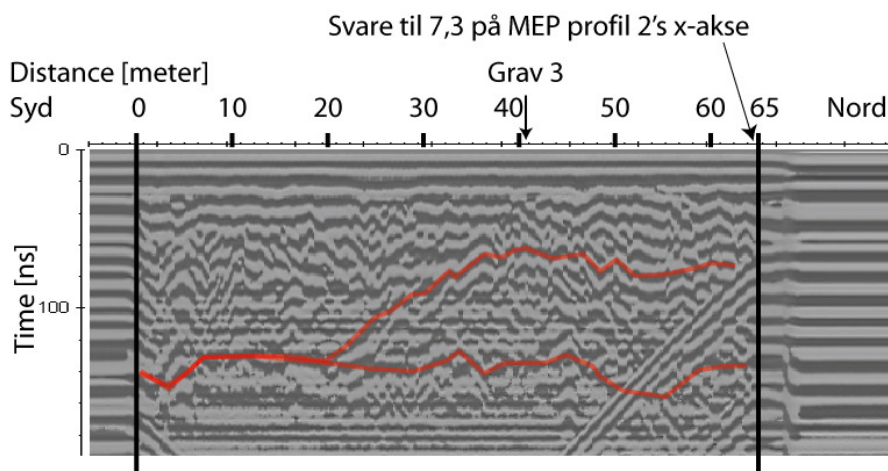


FIGUR 25: RADARGRAM FOR 400 MHZ ANTENNE SAMMENFALDENE MED MEP-PROFIL 1. DEN RØDE LINJE MARKERER EN LINJE GENNEM PROFILET HVOR DER ER KONTRAST I PERMITIVITETEN.

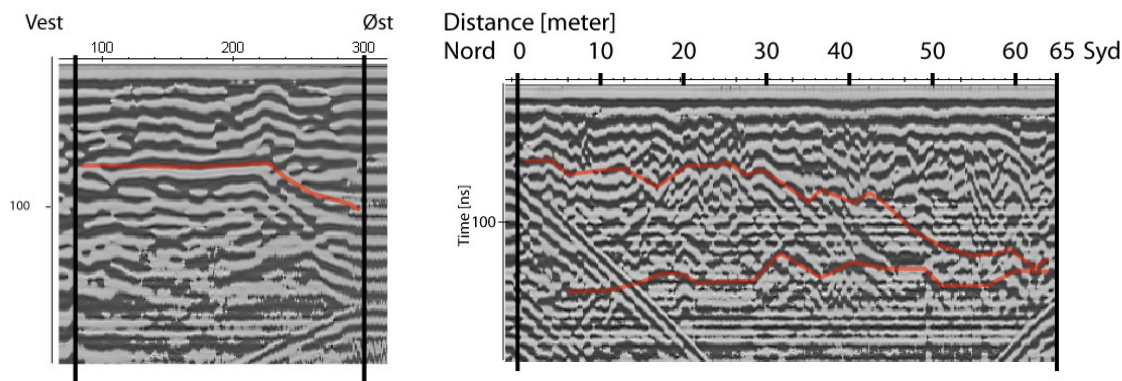
Som det fremgår, er refleksionslinjerne ikke nær så tydelige på dette profil som det var tilfældet på radargrammet fra testen af udstyret. Der synes dog at være en linje gennem profilet der viser placeringen af et muligt vandspejl eller grundfjeld. Der ses en svag hældning mod øst. Omkring starten af profilet i den vestlige side blev gravning 2 foretaget, lidt længere sydligt end hvor profilet er optegnet. Her mødtes grundfjeld i ca. 2 meters dybde. Hvis dette stemmer med den observerede refleksion skulle hastigheden i det overliggende materiale være, ca. 57 mm/ns hvilket stemmer meget godt overens med det forventede for aflejringer bestående af en blanding af ler og sand.

Der blev ligeledes lavet radargrammer langs MEP profil 2. Figur 26 viser radargrammet for en antenne på 82,5 MHz. Igen er header gain erstattet med et AGC med en vindues længde på 3ns. Der ses en klar linje i en dybde svarende til 140ns på den sydlige del af profilet og som deler sig i en del omkring 60ns og en del omkring 140ns ved den nordlige. Hvis det som tidligere beregnet antages at hastigheden i det overliggende materiale er 57 mm/ns svare det til en dybde på hhv. 8-, og 3,5 meter under terræn. Da det vides at grundvandet i området ligger i ca. 1,5 meter under terræn kan disse linjer meget vel repræsentere hhv. permafrost grænsen i 3,5 og grundfjeldet i 8 meter. Grænserne er forsøgt fulgt med det andet profil fra 82,5 MHz antennen lige øst for. Se figur 27. De samme grænser ses igen og indikere derfor, at der generelt er en forhøjning af grundfjeldet i den nordlige del af grunden. Bemærk at sporet vender modsat.

For at afgrænse forhøjningen i østlig retning er der kikket på det sydligste af de tre tværgående profiler på den nordlige del af grunden, se figur 24. Der ses her en faldende tendens mod øst for det øverste af lagene. Radargrammet er dog noget forstyrret af refleksioner fra tværgående kabler, som det vides ligger i den østlige side af grunden.



FIGUR 26: RADARGRAM FOR 82,5 MHZ ANTENNE SAMMENFALDENDE MED MEP-PROFIL 2. LÆG MÆRKE TIL AT STARTPUNKTET FOR MEP-PROFILET LIGGER 7,3 METER NORD FOR DETTE PROFILS SLUTPUNKT.



FIGUR 27: VEST-ØST GÅENDE HHV. NORD SYD GÅENDE PROFILER MED 82,5 MHZ ANTENNERNE. DET KORTE PROFIL ER DET SYDLIGSTE AF DE TRE TVÆRGÅENDE PROFILER PÅ DEN NORDØSTLIGE DEL AF GRUNDEN OG DET LANGE PROFIL ER LAVET LIGE ØST FOR MEP PROFIL 2, MODSATRETET AF DET VIST I FIGUR 26.

De resterende profiler er processeret tilsvarende de to, der er vist i afsnittet herover og kigget igennem. Det er vurderet, at meget af den indsamlede data med georadaren viser de samme tendenser som beskrevet i ovenstående afsnit, hvilket bekræfter datasættet men uden at tilføre nye geologiske informationer. Det er af tidsmæssige årsager derfor valgt kun at fokusere på de steder, hvor vi har sammenfaldende data med andre af de geofysiske målinger. På den nord-vestlige del af grunden, inden for indhegningen, er der desværre for meget støj i radargrammerne til, at informationerne er brugbare, hvorfor det er valgt ikke at medtage disse. Tilsvarende er det meget svært, at se noget på de højfrekvente antenner i den østlige side af grunden.

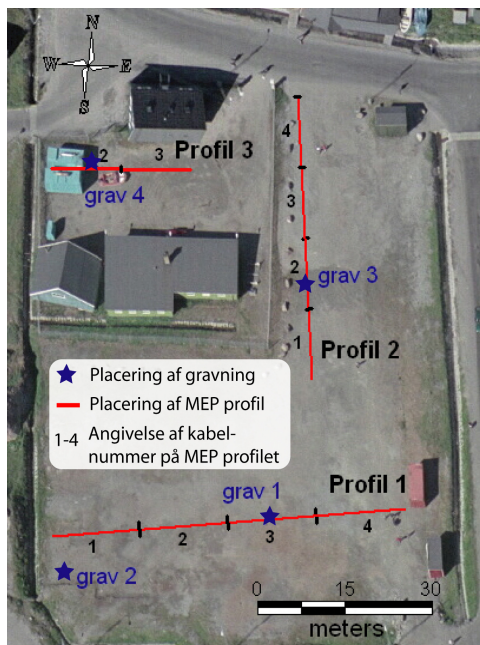
5.2.2 MEP

Der blev lavet 3 MEP profiler, hhv. på tværs af den sydlige del af pladsen, langs heget på pladsen og inde i indhegningen. Profil 1 og 2 blev lavet med 4 kabler og havde længder på hhv. 60 m og 48 m, profil 3 er kun lavet med to kabler, da pladsen var begrænset inde i indhegningen, og har en længde på 24 m.. Placeringen af de tre MEP profiler kan ses af figur 28 sammen med markering af gravningerne 1 - 4.

Figurerne 29-31 viser resultatet af data inversionen for MEP profilerne 1-3. Plottene er lavet med programmet Res2Dinv og viser en *Least Square* inversion af de indsamlede data. Det vil sige at programmet tilpasser en resistivitetsmodel til datasættet efter least square princippet. Angivelse af RMS error viser hvor god en tilpasning modellen er til de målte data. En fejl på op til 10% regnes normalt for acceptabel.

På figurerne er ligeledes markeret placeringen af gravningerne 1, 3 og 4, angivelse af kompasretning for profilet samt det sted hvor profil 1 skærer med den konceptuelle model af de geologiske lag, som er lavet i diskussionsafsnittet.

Det er værd, at bemærke at der er meget stor forskel på hvor dybt ned man kan se på de forskellige profiler. Det dybeste er fundet i profil 1 hvor man kan se ned til en dybde af ca. 11 m, hvorimod man i profil 3 kun kan se ned til en dybde på lidt over 4 m.

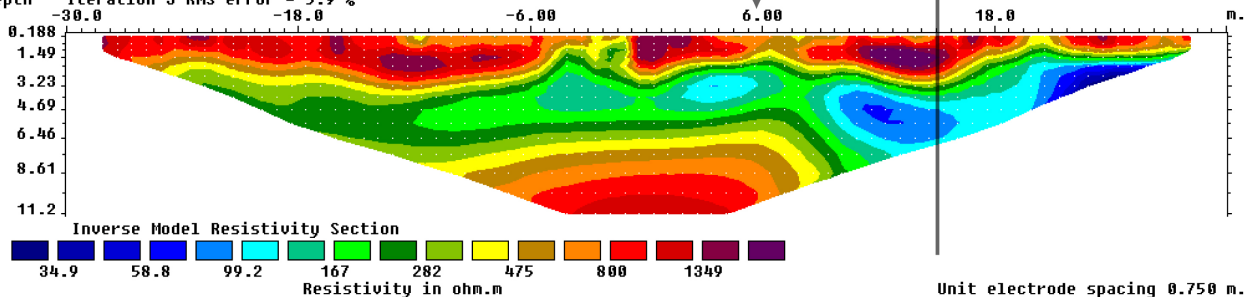


FIGUR 28: PLACERING AF DE TRE MEP PROFILER, SAMT DE FIRE GRAVNINGER. SOM DET FREMGÅR ER RETNINGEN PÅ PROFIL 1 VEST TIL ØST, PROFIL 2 SYD TIL NORD OG PROFIL 3 VEST TIL ØST.

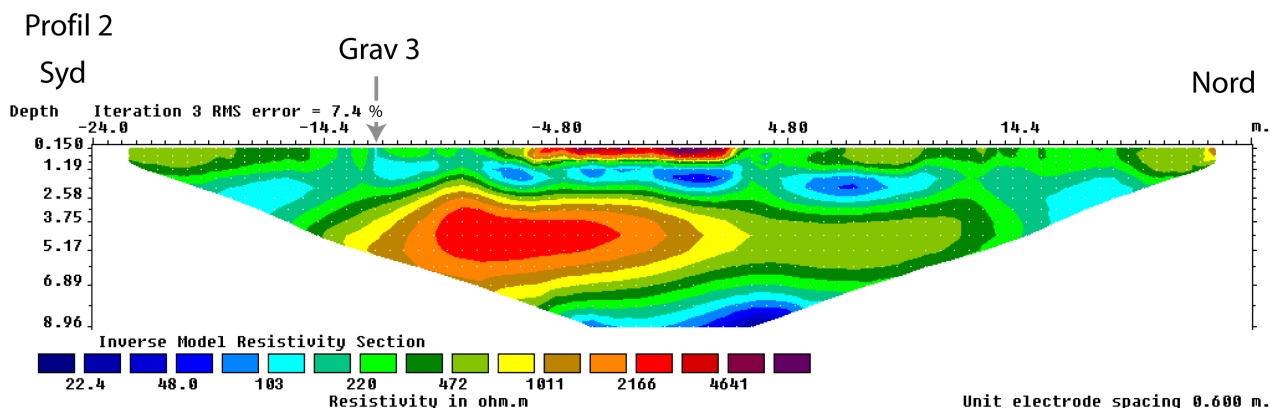
Profil 1

Vest

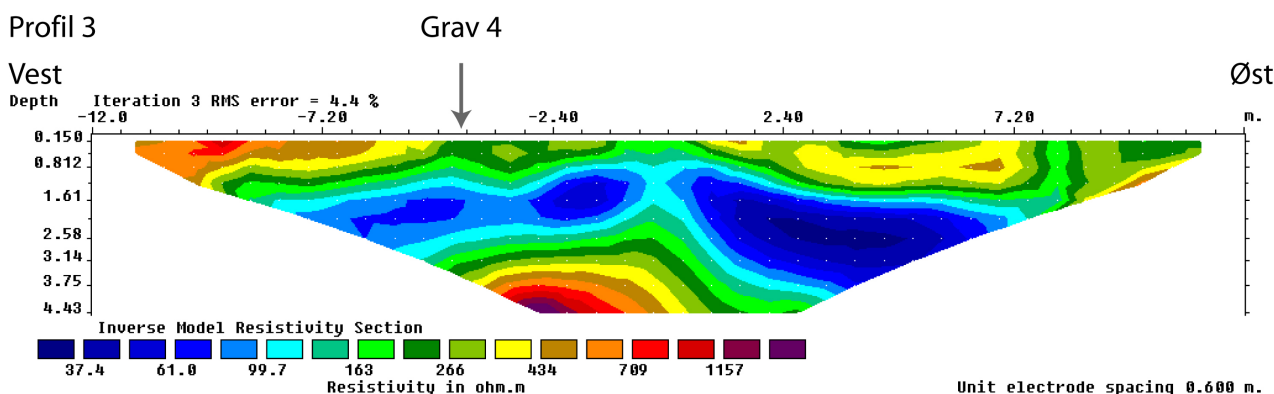
Depth Iteration 3 RMS error = 5.9 %



FIGUR 29: MEP PROFIL 1 SOM BLEV LAVET PÅ TVÆRS AF DEN SYDLIGE DEL AF GTO PLADSEN DEN 17-08-2008. PROFILET ER VEST-ØSTGÅENDE. DET TOTALE ANTAL AF DATAPUNKTER ER 748 OG ELEKTRODE AFSTANDEN ER 0,75M MED WENNER-SCHLUMBERGER KONFIGURATION. FOR YDERLIGERE INFORMATION SE BILAG F



FIGUR 30: MEP PROFIL 2 SOM BLEV LAVET PÅ LANGS AF DEN NORDLIGE DEL AF GTO PLADSEN DEN 18-08-2008. PROFILET ER SYD-NORDGÅENDE OG LØBER VED SIDEN AF TOILETTET LANGS MED INDHEGNINGEN. DET TOTALE ANTAL AF DATAPUNKTER ER 747 OG ELEKTRODE AFSTANDEN ER 0,6M MED WENNER-SCHLUMBERGER KONFIGURATION. FOR YDERLIGERE INFORMATION SE BILAG F.



FIGUR 31: MEP PROFIL 3 SOM BLEV LAVET INDE I INDHEGNINGEN PÅ GTO PLADSEN DEN 18-08-2008. PROFILET ER VEST-ØSTGÅENDE. DET TOTALE ANTAL AF DATAPUNKTER ER 454 OG ELEKTRODE AFSTANDEN ER 0,6M MED WENNER-SCHLUMBERGER KONFIGURATION, HVOR DE TO YDERSTE LEDNINGER ER EXLUDERET. FOR YDERLIGERE INFORMATION SE BILAG F.

Profil 1, som blev lavet på tværs af den sydlige del af pladsen, kan ses af figur 29. Det ses, at der er meget høj resistivitet i det øverste lag samt i det nederste lag, i ca. 5 m.u.t. Dette kan skyldes fyldet, som er i de øverste 10-30 cm. Der blev ved gravningen fundet meget store sten, hvilket kan være skyld i de høje resistiviteter, som ligger i klumper i den øverste 1½ meter. Længst mod øst (ca. ved $x = 20$) kan det ses, at der kommer noget med meget lav resistivitet, helt terrænnært. Dette kan være nogle af ledningerne, som det vides er beliggende på pladsen netop i denne side.

Profil 2, som blev lavet langs hegnet i nordlig retning, kan ses af figur 30. Den højresistive plade der ligger fra ca. $x = 2,4$ meter til $x = -6$ er et beton fundament, hvor der tidligere har ligget en benzintank. Dette stemmer godt overens med, hvad der var observeret på lokaliteten. På dette fundament, i sommeren 2008, var der placeret et offentligt toilet. Umiddelbart under dette i en dybde af ca. 1,2 – 2 kommer der et lag med meget lav resistivitet. Dette kan meget vel være grundvand da der ved gravning 3 blev fundet grundvand i en dybde af ca. 1,5 m.u.t. Der kan ses, at

det lavresistive lag trænger op til overfladen lige hvor gravning 3 er foretaget. Dette kan skyldes forstyrrelser i lagene pga. gravningen.

Profil 3, på figur 31, viser et meget lav resistivt lag i en dybde af ca. 1,6 m.u.t., hvilket stemmer godt overens med, at der i denne dybde i gravningen blev fundet ler med permafrost.

Generelt kan det ses af profilerne, at der er en struktur med høj-, lav-, højresistivitets lag. I profil 2 er der en indikation på, at der er et yderligere lag med lavresistivitet under det nederste højresistive lag. Dette kunne indikere at lag 3 er permafrost og at lag 4 er et grundfjeldslag med bedre ledningsevne end det overliggende lag.

Resistiviteten for de højresistive lag ligger i intervallet 500 til 2000 ohm meter, hvilket passer med Top soil (250-1700 ohm meter) eller grundfjeld ($300-3 \cdot 10^6$ ohm meter), se tabel 6 i afsnit 4.2.2 MEP.

Det midterste lag kan have en lavere resistivitet pga. vandindhold. Dette stemmer med at det vandførende lag (med lav resistivitet) ved gravning 1, figur 29, ligger dybere end der er gravet ved gravning 1 og i ca. 1,5 meters dybde ved gravning 3 og 4.

På baggrund af ovenstående tolkes det, at det højresistive lag i bunden kan være grundfjeld eller permafrost, mens det midterste med lav resistivitet kan være grundvandsspejlet.

Umiddelbart ser det ikke ud som om, der er nogle indikationer på, at det er muligt, at se variationer i olieindholdet med MEP metoden. Dette vil der blive vendt tilbage til i diskussionsafsnittet.

5.2.3 Stangslingram

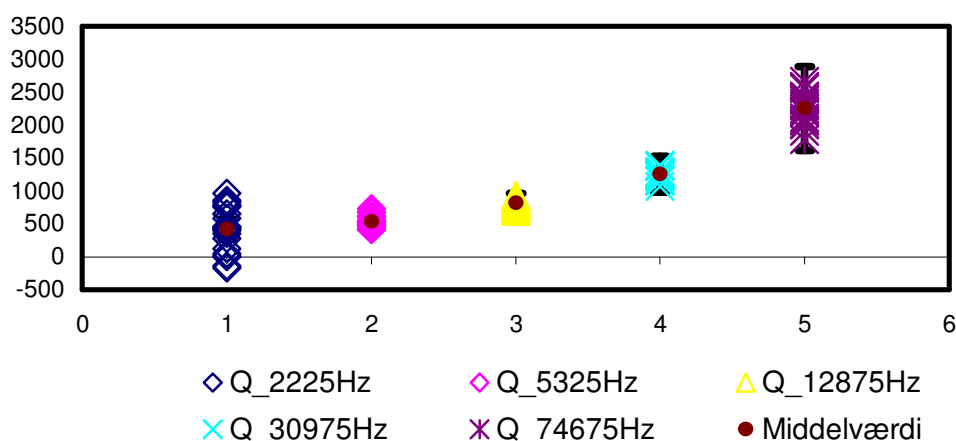
Stangslingrammen blev brugt til, at indsamle supplerende oplysninger om ledningsevnen i jorden. Da der har været en del problemer med kalibreringen af måleinstrumentet, er der fokuseret mere på relative ændringer hen over fladen end de faktisk målte værdier. Quadraturdelen er derfor ikke omregnet til resistivitet. Det ses, at instrumentet er meget følsomt overfor påvirkninger fra overfladenære ledere. F.eks. blev den karakteristiske *M* formede anomali fundet ved passage af et metal beslag som typisk ses for ledende punktkilder som passerer på tværs /Reynolds 2005/.

Der blev, som nævnt i metodeafsnittet, indsamlet data med 5 forskellige frekvensbånd. Ved udregning af induktionstallet kan det ses om tilnærmelsen om at ledningsevnen var proportional med quadraturdelen, er gældende. Det vurderes at $B \ll 1$ svarer til en afskæringsværdi fra B lig 0,01. Det laveste frekvensbånd på 2225 Hz har en værdi af induktionsnummeret på 0,01 ved en jordmodstand på 200 ohm meter, hvilket er acceptabelt. Er modstanden mindre end dette kan vi ikke længere regne med tilnærmelsen. For frekvensbåndet på 5325 Hz findes et induktionstal på

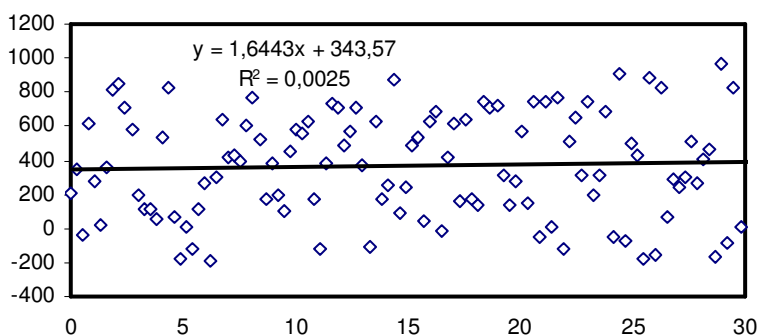
0,01 for en jordmodstand på 500 ohm meter. Er modstanden i jorden mindre end dette kan vi altså ikke længere regne med tilnærmelsen. Det vurderes ud fra MEP data, at jordmodstanden ligger i intervallet 100-1000 ohm meter. Det er altså kun for det laveste frekvensbånd, at der kan regnes med, at tilnærmelsen er god.

Ved at plotte en serie quadraturmålinger der er målt langs den samme linje kan man få et overblik over datakvaliteten for de forskellige frekvensbånd. Hvis datakvaliteten er god ligger størstedelen af punkterne inden for et lille interval, mens yderpunkter kun findes når der passerer en anomali. Figur 32 viser et plot, hvor data fra den samme linje for de 5 frekvensbånd er plottet i hver sit punkt.

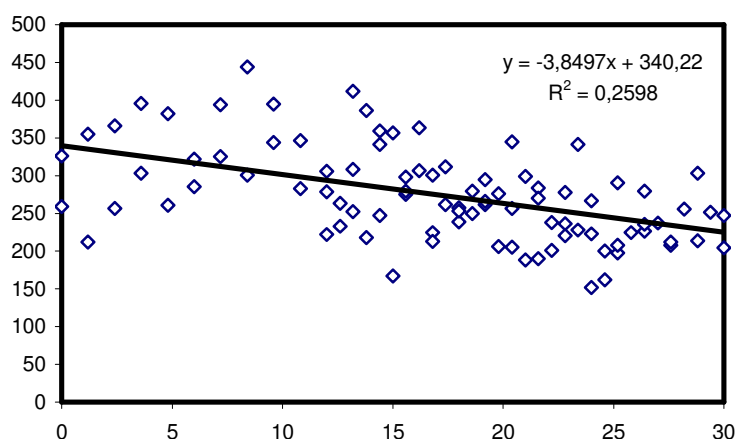
Som det ses, er datakvaliteten for de laveste to frekvensbånd ikke specielt gode. Der er mange punkter der ligger uden for standardfejlen der er vist som sorte errorbars. Dette er som tidligere nævnt enten fordi der er lineært voksende sammenhæng mellem datapunkterne og det geografiske sted eller fordi der er store udsving i de indsamlede data. Dette er testet ved, at plotte quadraturdelen langs en linje der svarer til MEP profil 2, se figur 33. Figur 34 viser det samme plot for MEP data.



FIGUR 32: PLOT AF EN SERIE QUADRATURMÅLINGER FRA DEN SAMME LINJE I ET ENKELT PUNKT FOR DE 5 FREKVENSBÅND. STANDARDAFVIGELSEN ER VIST MED ERRORBARS.



FIGUR 33: PLOT AF QUADRATURDELEN FOR FREKVENSBÅND 2225 HZ LANGS EN LINJE DER SVARER TIL MEP PROFIL 2. SYD ER TIL VENSTRE OG NORD ER TIL HØJRE



FIGUR 34: PLOT AF MEP DATA LANGS PROFIL 2 TIL N=4 OG A=2,4 (ELEKTRODEAFSTANDEN). SYD ER TIL VENSTRE OG NORD ER TIL HØJRE. DER ER KLIPPET DATA VÆK I BEGGE ENDER AF MEP PROFILET FOR AT FÅ EN SAMMENFALDENDE LINJE MED SLINGRAMMEN

Som det ses, er sammenhængen mellem den målte værdi og det geografiske sted ikke specielt fremtrædende. Der synes at være en lineært faldende tendens mod nord i MEP dataene som ikke kan genfindes i Stangslingram dataene. Da frekvensbånd 2225 havde det laveste induktionstal og derfor burde passe bedst med tilnærmelsen om, at quadratordelen var proportional med ledningsevnen i jorden er det vurderet, at der ikke kan hentes mere brugbar information ud af stangslingram dataene i forhold til den forureningsundersøgelse der er formålet. Dette er set i lyset af, at de andre informationer om jordens ledningsevne virker mere robuste og at det alligevel ikke kunne lade sig gøre, at finde forureningen på baggrund af ændringer af ledningsevnen i jorden. Der kan findes wire-frame plots af quadratordelen for 2225 frekvensbåndet for de tre rektangler med markeringer af, hvor der er passeret kendte overfladenære ledere i bilag G.

5.3 Kemiske analyser

Ved udtagningen af vandprøverne blev pH og ledningsevnen (EC) målt på stedet. Af tabel 7 ses resultaterne af disse målinger. Værdierne ligger inden for det normale for ny oppumpet grundvand.

TABEL 7: PH OG LEDNINGSEVNE MÅLINGER FORETAGET PÅ VANDPRØVERNE UDTAGET FRA GTO PLADSEN.

	pH	Temperatur [C]	EC [$\square$ S/cm]	Temperatur [C]
Grøft1	6,23	7,3	331	7,6
Grøft2	6,29	8	314	8,3
Brønd-overflade	6,15	7,1	281	7,1
Brønd-renpumpet	5,95	4,8	323	5
3.grav	6,1	9,7	386	9,8

5.3.1 Bestemmelse af vandindhold og organisk indhold

Vandindholdet af totalprøven blev fundet til, at ligge imellem ca. 4 % til 15 % og det organiske indhold blev fundet til, at ligge i intervallet mellem 0,26% til 1%. Tabel 8 viser resultaterne.

TABEL 8: VANDINDHOLD I PROCENT AF HHV. TØRSTOFINDHOLD OG TOTALPRØVEN SAMT ORGANISK INDHOLD UDTRYKT VED GLØDETAB AF TØRSTOFINDHOLD.

	Vandindhold af tørstofindholdet	Vandindhold af totalprøven	Glødetab af tørstofindhold
	%	%	%
1.grav [m.u.t.]			
0.6	6,05	5,71	1,09
0.8	4,71	4,50	0,43
1	4,38	4,20	0,55
1.3	4,28	4,10	0,40
1.3	9,66	8,81	0,52
1.6	9,84	8,96	0,36
1.9	12,25	10,91	0,45
2.2	17,50	14,90	0,58
2.grav [m.u.t.]			
0.5	2,76	2,68	0,53
1	5,03	4,79	0,29
2	10,66	9,63	0,26
3.grav [m.u.t.]			
0.35	10,11	9,18	0,76
0.5	8,38	7,73	0,62
0.6	81,85	45,01	16,56
1	8,88	8,15	0,52
1.5	15,89	13,71	1,23
4.grav [m.u.t.]			
0.5	17,88	15,17	3,15
0.8	26,78	21,12	0,72
1.1	28,70	22,30	1,11
1.6	11,43	10,26	0,20

Af tabel 8 ses det blandt andet, at vandindholdet stiger med dybden i gravning 1, hvilket giver meget god mening, da man kommer tættere på grundvandet. Det ses dog, at det maksimale vandindhold er på ca. 15 % hvilket ikke er så højt, men passer meget godt med at der ikke blev stødt på grundvand. I gravning 2 er der ligeledes ikke særlig stort vandindhold. Det modsatte er tilfældet for gravning 3 og 4, hvor der ved begge gravninger blev mødt grundvand i betydelige mængder, hvilket man kan se af tabellen med vandindhold på op til 45 %.

I grav 1, 2 og 4 ses det, at der er tendens til, at det organiske indhold er størst i toppen. Dette er dog ikke tilfældet med gravning 3, da der her er højst indhold i samme dybde som der er højest vandindhold.

5.3.2 PID målinger

PID målingerne blev foretaget på Grønland dagen efter prøveudtagningen. Pga. sammenpresning under transport, var der desværre ikke samme mængde luft i alle poserne, hvilket er grunden til, at der i tabel 9 er angivet om der var halvtryk, heltryk eller fuld luft i poserne. Dette tages med i diskussionen af hvordan koncentrationen af de lette olier har ændret sig siden de sidste undersøgelser i hhv. 2002 og 1995. Det vurderes dog ikke, at have den store betydning for målingen.

Der er blevet målt for lette olier i alle de jordprøver som blev udtaget ved gravningen. Det blev besluttet ikke at foretage PID målinger på det udtagne vand fra grøfterne, da dette havde stået og indgået ligevægt med den omkringliggende luft så denne koncentration af lette olier formodes at være lig med nul.

TABEL 9: DATA FOR PID MÅLINGERNE. PRØVERNE HAVDE HENLIGGET I 20 TIMER VED 16,3 °C INDEN MÅLINGERNE BLEV FORETAGET. DET BEMÆRKES AT STORTSET ALLE PRØVERNE OVERSTIGER AFDAMPNINGSKRITERIET, SE TAL MED RØDT.

Koncentration [mg/L]		luft
Afdampnings-		
Kriterium	0,0001*	
1.grav [m.u.t.]		
0.6	0	Halvtryk
0.8	197	Halvtryk
1	260	Halvtryk
1.3	520	Fuld
1.6	326	Halvtryk
1.9	78.6	Halvtryk
2.2	0.7	Fuld
2.grav [m.u.t.]		
0.5	0	Fuld
1	0	Heltryk
2	0	Halvtryk
3.grav [m.u.t.]		
0.35	0	Fuld
0.5	43.5	Fuld
0.6	309	Fuld
1	36.1	Fuld
1.5	311	Fuld
4.grav [m.u.t.]		
0.5	403	Fuld
0.8	38.7	Fuld
1.1	8.4	Fuld
1.6	31.3	Fuld

*For C6-40 /Miljøstyrelsen 2008/

Det ses af tabel 9, at stort set alle de udtagne prøver overstiger afdampningskriteriet en hel del, se tal med rødt. Det bemærkes ligeledes, at det kun er i grav 4, at den øverste prøve overstiger kriteriet, hvilket giver god mening, da de øverste lag må have indgået ligevægt med luften og derfor

afdampet, men ved grav 4 var der olieslam i det øverste lag. De høje koncentrationer stemmer meget godt overens med, at der lugtede meget forurenet ved prøveudtagningen.

5.3.3 GC

Der er for alle vandprøverne blevet lavet dobbeltbestemmelse. Værdierne kan ses af bilag H, hvor det kan ses, at der stort set ikke er fundet noget i nogle af prøverne. Dette er årsagen til, at det er blevet besluttet ikke at vise disse værdier her i selve rapporten. De enkelte, hvor der er fundet målbare koncentrationer er alle under 0,06 mg/L.

Resultaterne fra GC målingerne af jordprøverne kan ses af tabel 10. I tabellen er der ligeledes angivet summen af kulbrinterne. Her kan det ses, at der er meget stor forskel på de koncentrationer der er fundet. Generelt gælder det dog, at der er fundet højeste koncentrationer af C10-25.

Placeringen af de forskellige gravninger kan ses af figur 5 i afsnit 4.1 gravninger.

TABEL 10: RESULTATER FRA GC-MÅLINGERNE AF JORDPRØVERNE UDTAGET VED GRAVNINGERNE PÅ GTO PLADSEN DEN 13. AUGUST 2008. DE VÆRDIER SOM ER RØDE OVERSTIGER JORDKVALITETSKRITERIET.

Jordprøver				
Fraktioner	C10-25 [mg/kg]	C26-35 [mg/kg]	C36-40 [mg/kg]	SUM
Jordkvalitetskriterium[mg/kg]				150*
Kalibreringsstandard	20	25	15	
Grav 1 [m.u.t.]				
0.6	256.54	7.63	11.92	276.10
0.8	2879.85	6.28	16.46	2902.59
1	3574.63	9.41	18.64	3602.68
1.3	3174.95	10.06	4.83	3189.84
1.3	41750.42	6.92	34.84	41792.18
1.6	2798.91	15.82	24.41	2839.14
1.9	1.18	0.00	0.00	1.18
2.2	0.00	0.00	0.26	0.26
Grav 2 [m.u.t.]				
0.5	0.92	0.00	0.00	0.92
1	0.00	0.00	0.00	0.00
2	0.27	0.61	1.01	1.89
Grav 3 [m.u.t.]				
0.35	0.10	0.76	2.38	3.25
0.5	56.24	22.60	20.70	99.55
0.6	303.74	33.83	41.28	378.86
1	3.67	2.06	2.96	8.69
1.5	217.59	24.87	22.98	265.44
Grav 4 [m.u.t.]				
0.5	41430.23	9.07	33.68	41472.98
0.8	39.76	27.98	26.23	93.96
1.1	12.22	13.99	4.68	30.89
1.6	128.66	27.71	15.13	171.49

*For C6-40 /Miljøstyrelsen 2008/

Det kan ses af tabel 10, at der er fundet meget høje koncentrationer. Især i grav 1 er der fundet høje koncentrationer hele vejen ned til 1,6 m.u.t.. Der er noget som tyder på, at der her er en afgrænsning af forureningen nedadtil, da det af boreprofilet i afsnit 5.1 Gravninger kan ses, at der her begynder, at komme lerlag, hvilket må være årsagen til, at forureningen er afgrænset nedadtil.

I gravning 2 ser der ikke rigtig ud til at være de store koncentrationer, der er ingen af koncentrationerne som overstiger jordkvalitetskriteriet.

I grav 3 og 4 ser det dog lidt mærkeligt ud fordi der her er fundet koncentrationer som overstiger grænseværdien i toppen og i bunden men ikke i midten. I grav 4 er der fundet meget høje koncentrationer. Dette vil blive diskuteret yderligere i diskussionsafsnittet.

5.3.4 Tungmetaller

Koncentrationen af tungmetaller er vist i tabel 11. Data for de benyttede standarder fremgår af bilag D. Prøverne *Grøft 1* og *Grøft 2* er taget fra 2 grøfte som var beliggende på pladsen se figur 35.

Her blev prøverne udtaget og syrekonserveret (dem som skulle analyseres for tungmetaller) og efterfølgende filtreret i laboratoriet.

Brønd overflade og *brønd renpumpet* er vand taget fra en brønd som var beliggende på pladsen, se figur 35. Først blev der udtaget en prøve fra det vand som stod i brønden, hvorefter brønden blev renpumpet i 4 timer og derefter blev der udtaget endnu en prøve. Ved denne renpumpning blev der fjernet 23,5 L/min.

Grav 3 er det grundvand som strømmede til da den 3. grav blev gravet.



FIGUR 35: PLACERING AF GRØFT 1 OG 2 HVORFRA DER BLEV UDTAGET 2 VANDPRØVER. BRØNDEN ER LIGELEDES AFMÆRKET. DENNE VAR BELIGGENDE INDE I SKURET.

Det kan ses, at det varierer utrolig meget, hvad indholdet af tungmetaller er i de forskellige gravninger. Det er bemærkelsesværdigt at der er 4 ud af de 7 analyserede tungmetaller som har overskredet grænseværdierne for vandprøven fra grøft 1. Det skal dog nævnes, at der i denne grøft ikke var den store gennemstrømning. Der lader ikke til, at være sammenhæng mellem, hvor der findes metaller og hvor der findes kulbrinter.

TABEL 11: KONCENTRATION AF TUNGMETALLER I PRØVERNE. DER ER ANGIVET HVILKEN GRAV DET ER FRA SAMT HVILKEN DYBDE. ALLE KONCENTRATIONERNE ER OPGIVET I MG/KG MEDMINDRE ANDET ER OPGIVET.

	As 193.696	Cd 226.502	Cr 205.560	Cu 324.754	Ni 221.648	Pb 220.353	Zn 206.200
Jordkvalitets-Kriterium**	20	0,5	20/500*	500	30	40	500
Afskærings-Kriterium **	20	5	-/1000*	1000	30	400	1000
Grundvandskvalitets-kriterium [µg/L]**	8	0,5	1/25*	100	10	1	100
blind 1	0	0	0	0	0	0	0
blind 2	0	0	0	0	0	0	0
Grav 1 [m.u.t.]	0	0	0	0	0	0	0
0.6	0	0	6,49	6,65	6,18	0	18,74
0.8	0	0	6,04	8,39	7,81	0	24,60
1	0	0	6,27	8,36	8,12	0	14,12
1.3	0	0	5,16	9,24	9,35	0	17,43
1.6	0	0	13,75	22,00	11,96	0,47	19,01
1.9	0	0	5,93	6,62	6,23	0,00	20,10
2.2	0	0,65	39,72	38,04	29,29	4,29	50,54
Grav 2 [m.u.t.]	0	0	0	0	0	0	0
0.5	0	0	6,77	12,38	8,77	0,45	26,92
1	0	0	11,36	29,52	16,53	0,95	25,17
2	0	0,11	19,97	57,92	17,51	1,27	34,24
Grav 3 [m.u.t.]	0	0	0	0	0	0	0
0.35	0	0,06	7,06	4,75	5,20	2,10	14,76
0.5	0	0	6,83	4,76	3,89	0,52	31,81
0.6	0	0	8,37	22,47	13,66	111,05	38,40
1	0	0	17,46	22,22	15,60	1,17	26,91
1.5	0	0,31	24,55	39,21	24,95	2,41	59,86
Grav 4 [m.u.t.]	0	0	0	0	0	0	0
0.5	9,61	0	8,28	14,28	7,90	9,96	34,76
0.8	0	0	7,84	9,76	9,53	0,28	24,90
1.1	0	0	6,86	16,77	10,93	0,00	12,38
1.6	0	0	18,70	31,40	16,55	2,01	21,41
4a	0	0	38,50	21,06	53,56	1,66	48,80
Brønd-overflade	0	0	0	0,98	0	0	8,95
Brønd-renpumpet	0	0	0	0	0,15	0	0,34
Grøft1	0	0,58	8,40	116,89	15,46	111,22	238,60
Grøft2	0	0	0	0	0	0	0,84

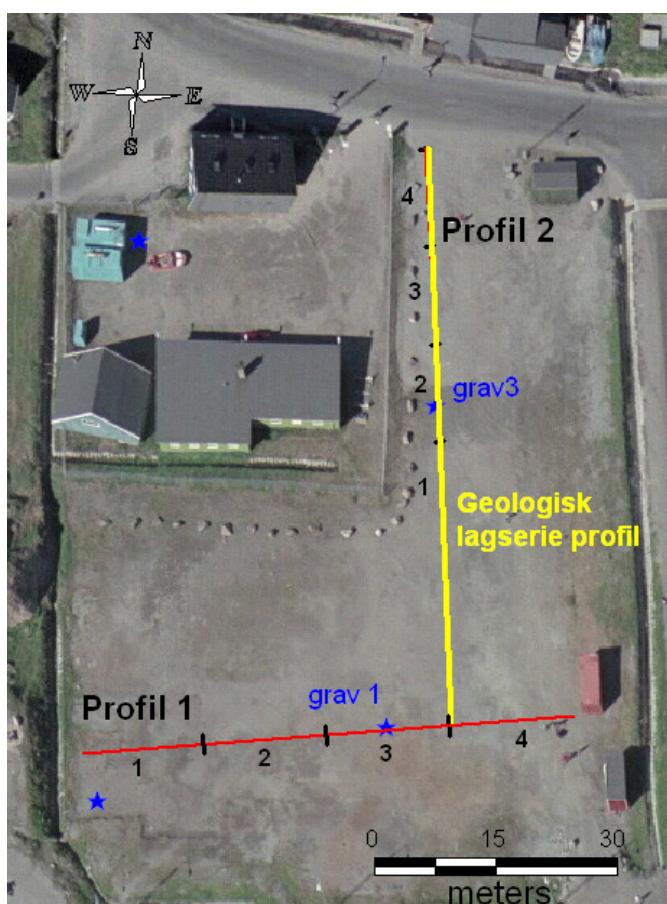
*chrom VI/chrom III +VI

** /Miljøstyrelsen 2008/

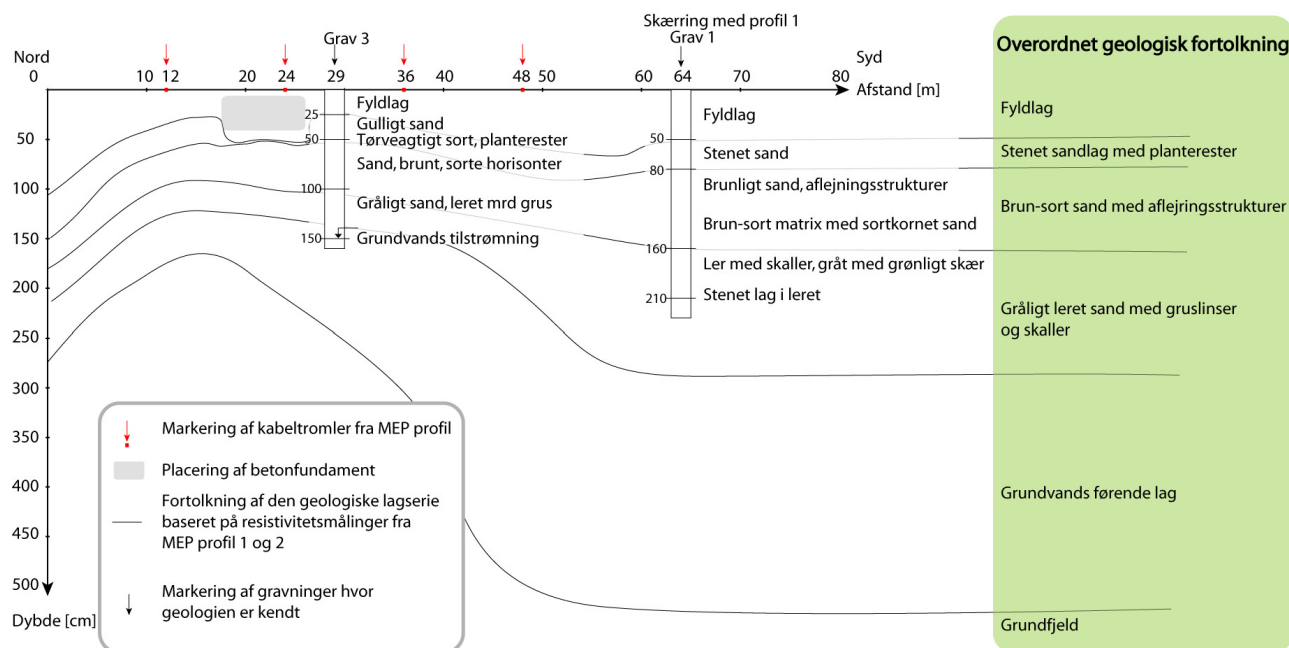
6 Diskussion

6.1 Konceptuel model over den geologiske lagserie

Det er forsøgt, primært ud fra gravningerne, georadar og MEP data, at lave en konceptuel model over den geologiske lagserie på GTO pladsen. Den geologiske lagserie er beskrevet langs et nord-syd gående profil der strækker sig fra det nordligste punkt på MEP profil 2 og ca. til skæring med det vest-øst gående MEP profil 1. Linjen passerer gravning 1 i en afstand af ca. 5-10 meter hvorfor denne ligeledes er benyttet til at optegne det geologiske profil, se figur 36. Langs MEP profil 2 og i skæringspunktet med MEP profil 1 er resistivitetsmålingerne fra MEP profilerne benyttet til at følge afgrænsningerne af de forskellige geologiske lag. Det geologiske profil er optegnet på figur 37 sammen med den overordnede geologiske fortolkning. I det følgende afsnit vil geologien på grunden blive beskrevet i sammenhæng med resultaterne fra georadaren, MEP data og gravninger med henblik på, at belyse stoftransporten af olieforureningen.



FIGUR 36: PLACERING AF DET GEOLOGISKE PROFIL



FIGUR 37: KONCEPTUEL MODEL FOR DET GEOLOGISKE PROFIL

Ud fra boreprofilerne fra gravningerne 1 og 3 er der blevet identificeret 4 overordnede lag. Øverst et fyldlag bestående af sprængsten og sand under hvilket der er et stenet sandlag, heri blev der omkring gravning 3 fundet sort tørveagtigt materiale. Det formodes derfor, at dette er det tidligere toplag, som også kun er lidt under en halv meter tykt. Det underliggende lag fra omkring kote 1 og ned til 1,5 er sand og har fluviale aflejringsstrukturer omkring gravning 1 og sorte horisonter ved grav 3. Efterhånden som man bevæger sig nedefter fra kote 1,5 til kote 2 bliver det mere og mere leret, nederst også med skaller og gruslinser. Det grundvandsførende lag ligger omkring kote 1,5 ved gravning 3, mens det ikke blev mødt i gravning 1.

Med MEP metoden findes den overordnede resistivitets lagfølge til høj-lav-høj og måske lav igen derunder. Det midterste lag med lavere modstand ligger i kote ca. 1,5 og ned til 2,5 omkring grav 3 og fra kote 3 til kote 5 omkring grav 1. Dette lag kunne være grundvandet, da vandindholdet sænker resistivitet i jordlaget. Dette stemmer godt overens med at grundvandsspejlet ikke blev nået ved grav 1.

Det øverste lag med høj resistivitet dækker over de første 4 sandede lag fra den umættede zone som beskrevet ud fra boreprofilerne. Resistiviteten ligger i intervallet 500 til 2000 ohm meter, hvilket passer med Top soil (250-1700 ohm meter) se tabel 6 i afsnit 4.2.2 MEP. Det grundvandsførende lag har en resistivitet på ca. 100 til 250 ohm meter, som kan være lavere pga. vandindholdet. Under det grundvandsførende lag forventes det, at finde grundfjeld eller permafrost der begge har meget høj resistivitet på 10^3 til 10^4 ohm meter.

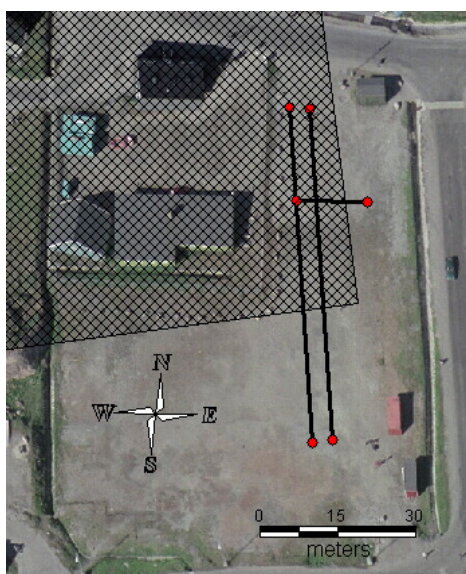
Ved gravning 2 blev grundfjeldet mødt i ca. 2 meter under terræn. Dette burde være nogenlunde det samme i den helt vestlige side af MEP profil 1, men kan desværre ikke ses på profilet der her kun er

til en dybde af ca. 1.5 meter. Omkring gravning 1 findes det højresistive lag i ca. 5 meter under terræn og er vandret i vestlig retning, mens det hælder nedad i østlig retning.

På MEP profil 2 fra ca. -14 på x-aksen og i sydlig retning og fra ca. 14 på x-aksen og i nordlig retning ser det ud til, at det nederste højresistive (her ca. i midten af profilet) skråner ned ad og at der altså er en forhøjning på ca. 28 meter i bredden med midtpunkt omkring grav 3. Denne forhøjning bekræftes af georadarprofilerne for 82,5 MHz antennen, hvor det dog ser ud til at laget fortsætter i ca. 2 meters dybde i nordlig retning. MEP profil 3 ser ud til, at have grundlæggende samme struktur som profil 1, bare mere overfladenært.

Den oprindelige ide med georadaren var, at lede efter steder med fri olie-fase som ville træde frem på radaragrammet på samme måde som grundvandsspejlet. Vi er imidlertid ikke stødt på fri fase i nogen af gravningerne og det vurderes derfor, at der i 2008 ikke er fri fase af olie nogen steder på grunden mere.

Fra georadarprofilet langs MEP-profil 2, foretaget med den lavfrekvente antenne (82,5 MHz) ses en svag linje ved ca. 60 ns, hvilket svarer til en indtrængningsdybde på omkring 3 meter. Dette skulle ifølge den geologiske model svare til grundfjeldet, hvor det passer med et højresistivt lag. Der findes imidlertid endnu en refleksion i ca. 125 ns. Det vurderes, at den øverste refleksion kunne stamme fra en permafrostgrænse, mens den nederste kan være grundfjeld. Længere mod syd ses kun én refleksion i 125 ns, hvilket ligeledes passer med en indtrængningsdybde på ca. 7 meter. Dette stemmer også fint med resistivitets målingerne fra MEP profilet. Den anden linje der blev lavet øst for den første linje med den lavfrekvente antenne viser samme tendens. Det kan derfor tolkes, at der er en forhøjning af grundfjeldet eller et permafrost lag der kommer ind nord og vestfra og måske slutter nogle meter før den østlige kant af GTO pladsen, se figur 38.



FIGUR 38: DET SKRAVEREDE OMRÅDE PÅ FIGUREN ER HVOR DER MENES AT VÆRE EN FORHØJNING AF PERMAFROST ELLER GRUNDFJELD.

Fra det vest-øst gående MEP profil 1 blev tilsvarende fundet en reflektor, der formodes at være grundfjeld. Denne antagelse blev verificeret af gravning 2, hvor grundfjeldet blev mødt i to meter. Der ses derfor en svag hældning af grundfjeldet mod øst på denne del af grunden. Dette stemmer fint med at der i 2002 blev fundet af ARTEK, ved grundvandspejling, at der var en svag gradient for dybden ned til grundvandet ligeledes hældende mod øst. Den generelle topografi i området går ned mod havnen hvorfor det forventes, at grundvandsstrømmen vil trække mod nord, udenom forhøjningen af grundfjeldet og til sidst fortsætte i nordvestlig retning.

Olie burde have en lav resistivitet, men dette kan ikke kobles med, hvad der er, at se i nogle af MEP profilerne. Da der ved GC-målingerne blev fundet, at der i de dybeste af vores målinger ikke er fundet olieforbindelser, forventes det ikke, at det er olie man kan se som de lavresistive lag.

Bortset fra i grav 3 g 4, hvor der rent faktisk måles koncentrationer af både lette og tunge kulbrinter i de dybeste lag. Dette modsiges dog af, at der i det tilstrømmende grundvand i grav 3 ikke blev fundet nogle tunge kulbrinter.

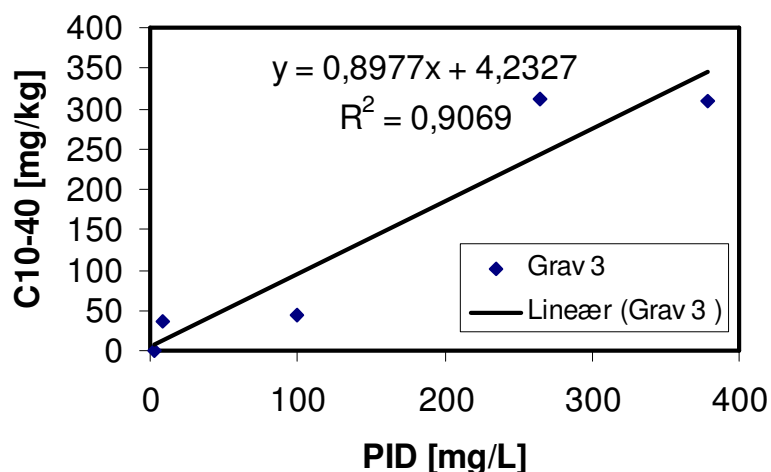
På grund af denne inkonsekvens i GC målingerne og resistivitetsmålingerne vurderes det, at det ikke er muligt, at se olieforureningen på GTO pladsen med de udførte geofysiske metoder, under de givne forhold

6.2 Kemiske analyser

Der er ved de foretagne kemiske analyser for olier blevet påvist, at der stadig er forhøjede koncentrationer af kulbrinter, at finde på GTO pladsen. Dette vil sige, at pladsen stadig er forurenet, dog i en mindre grad end den var da hhv. Carl Bro og ARTEK lavede undersøgelser. Dette kunne være et tegn på, at der har foregået en nedbrydning eller fjernelse af olien. Det er dog svært at konkludere noget specifikt, da der er store usikkerheder på om prøverne er udtaget på præcis samme sted. Dette har en stor betydning, da det har vist sig, at forureningen er meget lokal, hvilket vil sige at man et sted kan måle meget høje koncentrationer af olier og bare et par meter ved siden af kan der måles meget lave koncentrationer.

Sammenhæng mellem PID og GC målinger

Generelt kan der ses en sammenhæng mellem de målte værdier for GC og PID, hvilket vil sige, at en høj koncentration af tunge olier følges af en høj koncentration af de lette. Dette kan ses illustreret i figur 39, hvor det ses, at tilpasningen med en ret linie til data fra gravning 3 giver en god korrelation. Hvis tilsvarende bliver gjort for de andre gravninger er det ikke dem alle som får fine lineare forhold, men dog stadig en klar sammenhæng, for dette se Excel-ark på vedlagte CD.

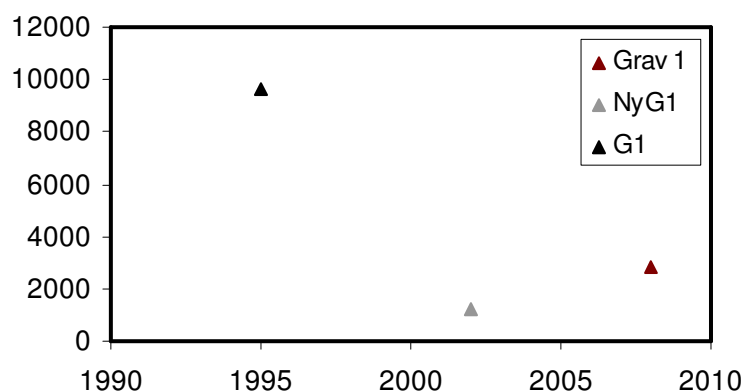


FIGUR 39: TOTAL KULBRINTE PLOTTET SOM FUNKTION AF PID TALLET FOR GRAV 3 BASERET PÅ 5 DATAPUNKTER

Fjernelsesrate

Af figur 40, kan der ses et plot af koncentrationen af tunge olier som funktion af tiden. Det er fra hhv. grav1, NyG1 og G1 i en dybde af 1,9 m. Det ses, at der ikke kan udregnes en fjernelsesrate da der i 2002 (ARTEK) blev fundet et lavere indhold af tunge olier end der blev fundet i 2008. Dette må skyldes, at det ikke er helt de samme steder der er blevet udtaget prøver fra, da det (forhåbentlig) ikke er muligt at koncentrationen er begyndt at stige. Begge de nyeste målinger ligger dog væsentligt under hvad der blev målt i 1995 af Carl Bro. Samme sammenhæng, eller mangel på samme kan ses ved de andre dybder, for dette se Excel-ark på vedlagte CD.

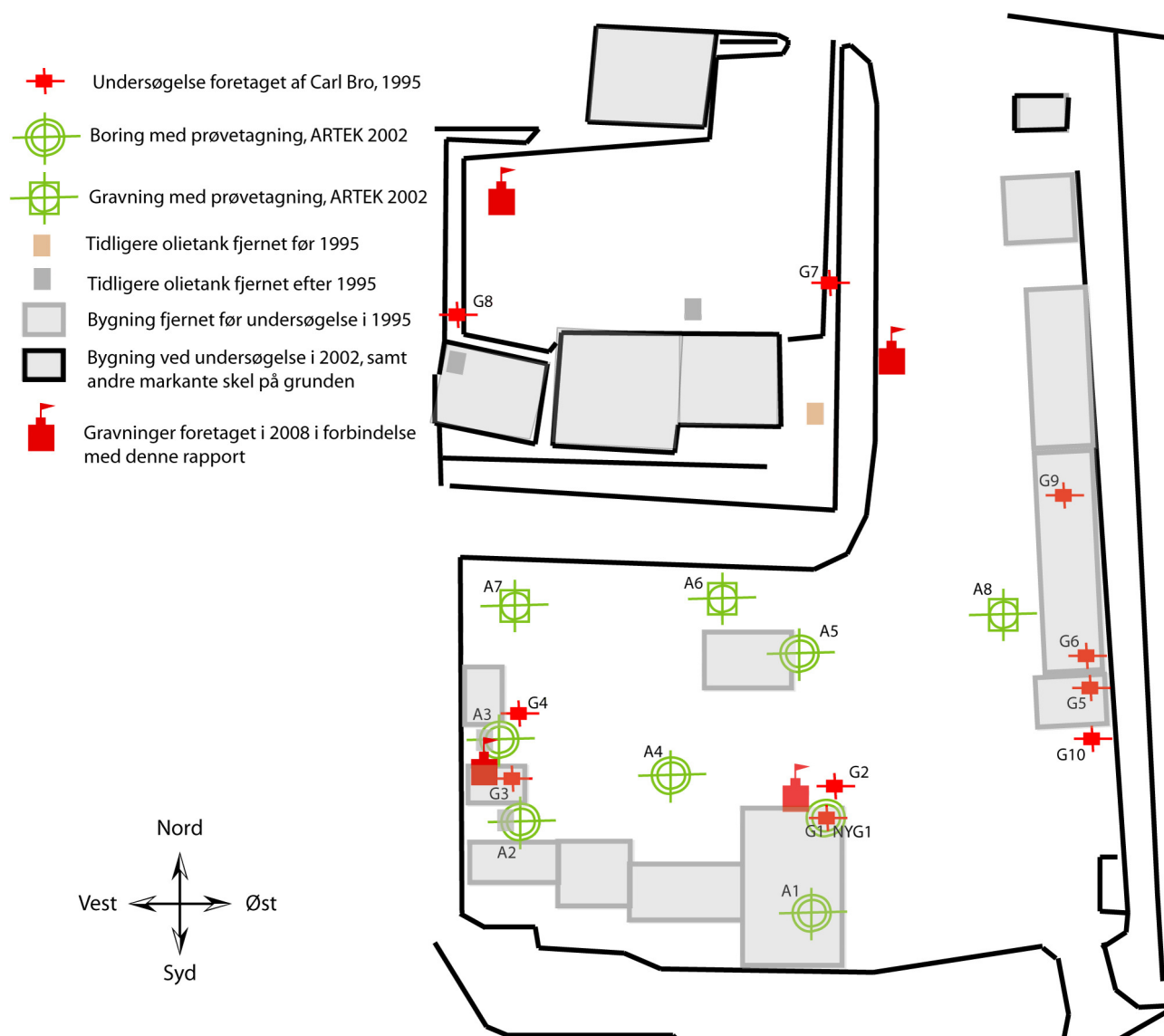
GC 1,9 m.u.t.



FIGUR 40: KONCENTRATIONEN AF TOTAL KULBRINTER SOM FUNKTION AF TIDEN FOR HHV. G1 (1995), NYG1 (2002) OG GRAV 1 (2008)

Sammenhæng med tidligere målte data

Af Figur 41 kan placeringen af de nyeste gravninger i forhold tidligere boringer udført af Carl Bro og ARTEK vist. Der ses at gravning 1 og NyG1 og G1 ligger meget tæt på hinanden ligesom G3, A2 og gravning 2. Der er desværre ingen boringer særlig tæt på gravning 3 og 4, hvorfor det er valgt at sammenligne med dem som er tættest på hhv. G7 og G8. Det blev besluttet, ikke at grave ved G7 og G8 da det var oplyst, at der skulle være ledninger og rør lige der.



FIGUR 41: OVERSIGT OVER HVOR CARL BRO OG ARTEK HAR UDTAGET PRØVET, SAMMENHOLDT MED HVOR DER BLEV UDTAGET PRØVER I FORBINDELSE MED UDARBEJDELSEN AF DENNE RAPPORT.

I det følgende er der lavet sammenligninger af egne data og tidligere fundne data. Dette er gjort med udgangspunkt i de gravninger, hvor der findes værdier fra tidligere undersøgelser, udtaget i nærheden, se figur 41. Sammenligningen fremgår af tabellerne 12-15.

Ved gravning 1 er de tætteste borerer hhv. NyG1 og G1. Sammenlignes de forskellige værdier i dybden 1,6m kan det ses, at der fra 1995 til 2002 er forsvundet/nedbrudt en del både af de lette og de tunge olier, mens der fra 2002 til 2008 er fundet en højere koncentration af de lette olier. Det samme er gældende i dybden 1 m.u.t.. I denne dybde er de tunge olier dog faldet utrolig meget fra 2002 til 2008. Selvom det på oversigten over placeringen af borerne (se figur 2 i afsnit 2.2, eller figur 41) ser ud som om NyG1 og G1 er sammenfaldende, er dette ikke med sikkerhed helt korrekt, da der ikke foreligger koordinater fra nogen af de tidligere undersøgelser. Det skal derfor tages med i betragtningerne, at det ikke er sikkert, prøverne er udtaget præcis samme sted. Dette kan have stor betydning, hvis forureningen er meget lokal, hvilket den i dette tilfælde antages at være.

Af tabel 12 ses, at der er noget som tyder på, at gravning 1 er placeret samme sted som G1. Dette ses ved, at indholdet af lette olier er næsten det samme. Koncentrationen af flygtige olier i poreluften går i ligevægt når der ikke sker nogen udskiftning af luften som derved dampmættes. Selv et mindre indhold af lette olier vil kunne dampmætte de volumenmængder luft der findes i jorden. Effekten forstærkes af, at de tunge olier nedbrydes til mindre og lettere komponenter der evt. kan fordampe.

Af tabel 13 kan det ses, at der ved de nyeste undersøgelser, ikke er blevet fundet nogle særlig høje koncentrationer af kulbrinter. Det ses, at der i de målinger som ligger umiddelbart tættest på (A2 og G3), i dybden 1 m blev fundet en højere koncentration af lette olier end ved den nyeste målerunde. Generelt ses det, ved denne gravning, at koncentrationen er faldende fra 1995 (PID = 60mg/L) til 2002 (PID = 7,2 mg/L) og ligeledes fra 2002 til 2008 (PID = 0 mg/L) både for lette og tunge olier, hvilket giver god mening.

Af tabel 14 kan data for grav 3 ses sammenlignet med boring G7, denne sammenligning har ikke de bedste forudsætninger da de desværre ikke ligger helt så tæt som tilfældet med grav 1 og 2 og de tilhørende borerer fra hhv. Carl Bro og ARTEK, men G7 er den boring som ligger tættest på. Dette skal tages i betragtning ved tolkning af data. Det stemmer dog meget godt overens med, at der er faldende koncentration både for lette og tunge olier i dybden 0,6 m.

Af tabel 15 kan sammenligningen mellem grav 4 og G8 ses. Denne sammenligning har ligeledes ikke de bedste forudsætninger, da de ligger i hvert sit hjørne af den indhegnede grund, hhv. det nordvestlige og sydvestlige hjørne. Det vides dog, at der ca. der hvor G8 er beliggende tidligere har ligget en olietank, så det var ventet at der her ville være den største koncentration i forhold til ved grav 4. Den store koncentration af tunge olier i toppen af grav 4, tyder på, at der har været et større spild. Da der findes en høj koncentration af lette olier, tyder det ydermere på, at det ikke er så lang tid siden, dette spild har fundet sted.

TABEL 12: KULBRINTE FORDELING I GRAV 1, NYG1, A1, G1 OG G2

[m.u.t.]	2008 Grav 1		2002 NyG1		1995 G1		2002 A1	1995 G2	
	C10-40 [mg/kg]	PID [mg/L]	GC [mg/kg]	PID [mg/L]	GC [mg/kg]	PID [mg/L]	PID [mg/L]	GC [mg/kg]	PID [mg/L]
0.6	276.10	0							
0.8	2902.59	197							
1	3602.68	260	16200	193		360-460	1,5		
1.3	3189.84	520							
1.3	41792.18	-							
1.6	2839.14	326	1250	188	9600**	390**		6000**	300**
1.9	1.18	78.6	<20 *	4.5*					
2.2	0.26	0.7					5,2***		

Riktig dybde: *2m, **1,7m ***2,15m

TABEL 13: KULBRINTE FORDELING I GRAV 2, A2, A3, G3 OG G4

[m.u.t.]	2008 Grav 2		2002 A2	1995 G3		2002 A3		1995 G4	
	C10-40 [mg/kg]	PID [mg/L]	PID [mg/L]	GC [mg/kg]	PID [mg/L]	GC [mg/kg]	PID [mg/L]	GC [mg/kg]	PID [mg/L]
0.5	0.92	0							
1	0.00	0	7,2		60	18200	218		288
2	1.89	0		960*	96*	465	45,6	4400*	330*

Riktig dybde: *1,7

TABEL 14: KULBRINTEFORDELINGEN I GRAV 3 OG G7

[m.u.t.]	2008 Grav 3		1995 G7	
	C10-40 [mg/kg]	PID [mg/L]	GC [mg/kg]	PID [mg/L]
0.35	3.25	0		
0.5	99.55	43.5		
0.6	378.86	309	1000	350*
1	8.69	36.1		
1.5	265.44	311		190

Riktig dybde: *0,7

TABEL 15: KULBRINTEFORDELINGEN FOR GRAV 4 OG G8

[m.u.t.]	2008 Grav 4		1995 G8	
	C10-40 [mg/kg]	PID [mg/L]	GC [mg/kg]	PID [mg/L]
0.5	41472.98	403		
0.8	93.96	38.7		
1.1	30.89	8.4		330*
1.6	171.49	31.3	95	250**

Riktig dybde: *1, **1,5

Det kan generelt af tabellerne 12-15 ses, at det varierer meget med hensyn til i hvilken dybde der findes mest olie. I grav 4 findes der en meget stor mængde i den øverste ½ meter. Hvorimod der i grav 1 bliver fundet store koncentrationer i dybden 1,3 meter.

Da GTO pladsen har henligget uden aktivitet i mange år må det forventes at de mobile stoffer som f.eks. MTBE er udvaskede, samt at de flygtige olier har indgået ligevægt, så de er fordampet fra jorden. Sidste nævnte viste sig kun at være en korrekt antagelse for de øverste lag i jorden, da der blev fundet betydelige koncentrationer af lette olier længere nede ved prøveudtagningerne i forbindelse med gravningerne. Det blev endda fundet at der ved gravning 4 var høje koncentrationer af lette olier selv i de øvre lag. Dette var ret overraskende da man ellers skulle tro at de lette olier var fordampet. Dette kan være et tegn på at forureningen netop her ikke er så gammel.

De store variationer i kulbrinteindholdet over lille geografisk afstand gør, at den fjernelsesrate, som det var planen at finde med kulbrinteanalyserne, får meget stor usikkerhed.

Dette skyldes, at det ikke er sikkert, at prøverne som udgangspunkt har haft samme koncentration samt, at det ikke er sikkert, at det er lykkedes os at ramme de præcis samme steder som Carl Bro og ARTEK. Det har ikke været muligt at få fremskaffet GPS koordinater for hvor de har foretaget deres prøveudtagninger og placeringerne er således lavet ud fra oversigtskort i deres respektive rapporter. For koordinater af gravningerne foretaget i forbindelse med dette projekt, se bilag B. Placeringen af gravningerne i 2008 har ligeledes været hindret af diverse ledninger som lå i jorden, som helst skulle undgås at komme i nærkontakt med, hvilket skete da ARTEK lavede undersøgelser i 1995.

En anden fejkilde er, at der ved gravningerne både nu og tidligere blev benyttet en rendegraver til at grave hullerne. Dette kan have medført, at noget af jorden blev blandet under prøvetagning og evt. uforurenet jord blev forurenet eller at forurenet jord blev ”fortyndet” med uforurenet jord.

Brug af forskelligt udstyr eller analysemetoder kan ligeledes skabe systematiske afvigelser, blandt andet vides det, at Carl Bro havde deres PID prøver stående i 12 timer, hvorimod der ved denne undersøgelse samt ved ARTEKs i 2002 blev benyttet 20 timer. Dette vil dog ikke have den store effekt andet end at Carl Bros PID målinger måske burde være større end de målte.

En anden fejkilde ved de foretagne PID målinger er, at nogen af poserne med prøver blev trykket under transport, hvilket resulterede i, at de ikke alle var helt fyldte med luft og prøve. Dette skete umiddelbart efter prøveudtagningen, hvilket vil sige, at det har gjort det luftvolumen som var tilgængeligt for ligevægt mindre. Dette vil sige, at koncentrationen af de lette olier muligvis har været større i de poser hvor der ikke har været helt så meget luft i. Dette ses dog ikke som nogen stor fejl.

6.3 Sammenfatning

Samlet set er det fundet, at de geofysiske metoder ikke kunne benyttes til specifikt at finde olieforurening på lokaliteten. Forureningen med olie ændrede ikke tilstrækkeligt på de fysiske parametre i jorden til, at forurennet jord fremtræder som specifikke lag blandt andre geologiske informationer. Der er opnået en rimeligt detaljeret information om geologien i området, som kan benyttes i den videre forureningsundersøgelse.

Med hensyn til udbredelsen af forureningen kan det siges med rimelig sikkerhed, stadig at være koncentreret i hot spots. Der vurderes på baggrund af GC målinger, placering af gravninger og data fra tidligere undersøgelser kun at være 4 kendte hot spots. Et ved gravning 1, et nogle meter nord for gravning 2 et ved gravning 3 og et ved gravning 4 og generelt i det nordvestlige hjørne. Forureningskoncentrationerne blev målt til at ligge mellem 170 og 42.000 mg/kg fordelt i dybder ned til 2 meter under terræn. Forureningen i gravning 1 blev afgrænset nedadtil i 2 meters dybde, mens der i gravning 3 og 4 kan være forurening dybere end de hhv. 1,5 og 1,6 meter, som der blev gravet til.

Der ses ikke nogen generelt sammenhæng mellem de forskellige fraktioner af kulstof i de forskellige prøver. Det bemærkes at jordkvalitetskriteriet er overskredet i langt de fleste af prøverne, både for enkeltkomponenter og for totalindholdet. Det ses, at der ligeledes i de fleste af prøverne ser ud til, at være mest af C₁₀-C₂₅ fraktionen og mindst af C₂₆-C₃₅ fraktionen. Dette går igen i de forskellige gravninger der derfor kan tolkes at stamme fra den samme slags forureningskilde.

På baggrund af ovenstående sammenfatning laves en betragtning af hvor meget jord der menes at være forurennet. I 1995 blev det skønnet af Carl Bro at mellem 5000m³ og 7500m³ jordvolumen var forurennet. Det er nu vurderet at forureningen kun er koncentreret i mindre afgrænsede hot spots uden væsentlig transport i jorden. Vi mener derfor, at det af Carl Bro udregnede jordvolumen er for stort. Kikkes på det samlede datamateriale er der ikke noget der peger i retningen af, at der skulle være flere hot spots end de tidligere omtalte. Hvis det antages at et hot spot kan fjernes ved, at afgrave en flade på 5 gange 5 meter, med en gennemsnitsdybde på 2 meter, giver det et volumen på 50m³ pr. hot spot og altså 200m³ i alt.

Da der på hele pladsen forekommer et dæklag, bestående af store sten, vurderes forureningen ikke at være til fare for nogen. Der bør dog ikke bygges følsomme institutioner eller legepladser på grunden uden at fjerne forureningen ved hot spots.

Den nemmeste løsning ville nok være at omdanne den til bytorv, da man så ikke skal til at tage hensyn til indeklima, med hensyn til afdampning osv. Umiddelbart som den henligger nu, ville der godt kunne blive lavet et bytorv eller lignende, hvis bare dæklaget får lov at forblive intakt og måske endda bliver udbygget, eller forureningen ved hot spots fjernet.

Der bør dog foretages nogle afværgeforanstaltninger i det nordvestlige hjørne inde i indhegningen hvor der blev fundet høje koncentrationer af både lette og tunge olier i de øverste lag. Dette burde enten graves op eller afdækkes. Ved gravninger med en spade i dette hjørne, blev der fundet plankegulv. Dette burde undersøges nærmere.

Det blev ligeledes fundet af Carl Bro, at der kan være forureningsproblemer skjult under nuværende bygninger. Dette er ikke undersøgt i denne rapport, da det ikke var forsvarligt at grave alt for tæt på bygningerne med en rendegraver. Dette er derfor ikke taget med i den ovenstående vurdering af forureningsomfanget.

7 Konklusion

Der er tidligere blevet udført undersøgelser på GTO pladsen af Carl Bro 1995 og af nogle ARTEK studerende i 2002. Ved disse undersøgelser blev det fundet at der forekom olieforurening i såkaldte "hot spots" rundt om på pladsen.

Der er ved de foretagne analyser blevet påvist, at der stadig forefindes forhøjede koncentrationer af kulbrinter på GTO pladsen. Dette endda i meget høje koncentrationer nogle steder, så det konkluderes, at der stadig er forurening på pladsen. Det er fundet at disse forureningen ligger i mindre afgrænsede hot spots og at der ikke sker væsentlig transport i jorden. Det ser dog ud til, at det ikke er i helt så høje koncentrationer som hhv. Carl Bro og ARTEK tidligere har fundet. Dette kunne være et tegn på, at der har været en nedbrydning/fjernelse af olien.

Umiddelbart er det ikke til fare for mennesker, så længe afdækningslaget forbliver intakt. Dog er der fundet helt overfladenær forurening ved grundens nord-vestlige hjørne, som kan stamme fra et nyere spild. Her er yderligere afdækning eller opgravning påkrævet.

Vandet i grøft 1 blev fundet til, at have overskredet grænseværdier for 4 ud af 7 testede tungmetaller, men dette vand var stillestående og så ikke ud til at blive brugt til noget.

Brønden som var på pladsen blev ligeledes testet for indhold af olie, og her blev der ikke fundet noget. Der er altså intet som tyder på, at olien transporteres med grundvandet. Dette var da heller ikke forventet pga. oliens hydrofobe egenskaber.

Det er fundet at et samlet jordvolumen på 200m^3 udgør den væsentligste del af forureningen. Hvis formålet med en oprensning ikke er, at fjerne alt forureningen, men bare at gøre grunden brugbar for almindelig byggeri (dvs. ikke særlig følsomt byggeri såsom børnehave) kan der derfor nøjes med, at blive fjernet et væsentligt mindre jordvolumen end det af Carl Bro udregnede i 1995. Det nuværende afdækningslag bør dog bibeholdes på resten af pladsen, samt reetableres efter afgravning.

8 Perspektivering og anbefalinger til fremtidige undersøgelser

GTO/Nunatek har ifølge litteraturstudiet 12 grunde som den omtalte GTO grund i Sisimiut spredt rundt i Grønland. Disse er ligeledes karakteriseret som ikke aktive (Greenland Survey 2003). Det bør derfor også undersøges, hvordan disse grunde er håndteret før der tages endeligt stilling til hvad der skal foretages på GTO pladsen i Sisimiut. Eventuelt kunne der laves et samlet løsningsforslag for alle 12 grunde.

Der skal også tages hensyn til hvor man skal gøre af den forurenede jord, hvis man vælger at grave det op. Der er nemlig ikke nogle oplagte steder at gøre af det i nærheden af Sisimiut. Og man skal huske at hvis man deponerer det et sted skal det være afgrænset så det ikke forurener deponeringsstedet.

En løsning kunne være at benytte nogle af de løsningsforslag som ARTEK fandt i 2002. Dette er landfarming eller kontrolleret biologisk nedbrydning. Der var potentiale i dette, men det anbefales at der laves yderligere undersøgelser mht. dette før der sættes noget større projekt i gang.

Litteraturliste

/ARTEK 2002/

Andersen, H. T., Andersen, T., Rasmussen, S. F., ”Undersøgelse af olieforurenede grund i Sisimiut, samt rensning af jorden ved kompostering”, 2. december 2002 (denne rapport er at finde på den vedlagte CD)

/Bedient, P. et al 1994/

Bedient, P., Rifai, H. S., Newell, C. J. “Ground water contamination, transport and remediation”, Prentice Hall, Englewood cliffs, New Jersey, 1994

/Carl Bro 1995/

Carl Bro Miljø as, Rådgivende ingeniørfirma, Grønlands Hjemmestyre, direktoratet for sundhed og Miljø, ”Orienterende Miljøundersøgelser i Sisimiut, rapport nr. 1: Byggeværksnets entreprenørplads”, Sag nr.: 710 702 01, Januar 1995 (denne rapport er at finde på den vedlagte CD)

/Christensen/

Christensen, N., B., ”Geofysiske metoder”, kapitel fra ”Danmarks geologi fra Kridt til i dag”

/Jensen 2000/

Jensen, Bjørn, Olieprodukter, 3. Kapitel i: Kemiske stoffer i miljøet, redigeret af Arne Helweg, Gads Forlag, København, 2000.

/Jan B. Zachariassen /

Samtale

/Jørn Hansen/

Mail korrespondance (denne er at finde på den vedlagte CD)

/Kurt 2008/

Samtale med tidligere ansvarlig for Nukissiorfiits værksted Kurt. Nu pensioneret deltidsansat til at servicere Nukissiorfiits køretøjer (sommer 2008)

/Lone Kristensen/

Mail korrespondance (denne er at finde på den vedlagte CD)

/Miljøstyrelsen/

Miljøstyrelsens hjemmeside (sidst besøgt 11. december 2008)

http://www2.mst.dk/download/jordogaffald/Informationsmateriale_om lettere forurenede jord Web tekst-final.doc

/Miljøstyrelsen 1993/

Miljøprojekt 223, 1993: Benzin- og Dieselforurenede grunde.

/Miljøstyrelsen 1999/

Miljøprojekt nr. 503, 1999 udarbejdet af Miljøstyrelsen, "Orensning af Blandingsforurennet jord",
sidst besøgt den 14. december 2008

<http://www.statensnet.dk/pligtarkiv/fremvis.pl?vaerkid=4584&repid=0&filid=25&iarkiv=1#4.3>

/Miljøstyrelsen 2008/

Dokument udarbejdet af Miljøstyrelsen, sidst opdateret december 2008, "Kvalitetskriterier i relation
til forurennet jord og kvalitetskriterier for drikkevand" (sidst besøgt 11. december 2008):

www.mst.dk/NR/rdonlyres/2EED6D00-3C69-486A-BED8-34B1FD527A8D/0/Kvalitetskreteriejord.doc

/Rasbak 1994/

Rasbak, F., Miljølære for ingeniører: Jord, Akademisk Forlag A/S, Århus, 1994

*/Rigsarkivets samlinger/**/Statens Arkiver/.*

Greenland Survey 2003

/Toxnet/

Hazard Substance Data Base (HSDB), sidst besøgt den 14. December 2008:

<http://toxnet.nlm.nih.gov/cgi-bin/sis/htmlgen?HSDB>

Bilag A: Tabel med kvalitetskriterier

Af tabellen fremgår de fire kvalitetskriterier for udvalgte stoffer. Det fremgår ligeledes af tabellen, hvilke stoffer benzin og dieselolie består af.

DE FIRE KVALITETSKRITERIER FOR UDVALGTE STOFFER SOM ER RELATERET TIL MULIG OLIEFORURENING /MILJØSTYRELSEN 2008/.

Stofnavn	Jordkvalitets- kriterium mg/kg	Afskærings- kriterium mg/kg	Grundvandskvalitets- kriterium mg/kg	Afdampnings- kriterium mg/kg
Kulbrinter fra olie og/eller benzinprodukter^j				
C ₆ -C ₁₀ kulbrinter	25 ^k	-	-	-
>C ₁₀ -C ₁₅ kulbrinter	40 ^k	-	-	-
>C ₁₅ -C ₂₀ kulbrinter	55 ^k	-	-	-
>C ₂₀ -C ₄₀ kulbrinter	150 ^{k,l}	-	-	-
Sum af kulbrinter C ₆ -C ₄₀	150 ^{k,l,m}	-	9	0,1
Benzin (motorbenzin)				
C ₅ -C ₁₀ kulbrinter	25	-	9	-
Benzen	1,5	-	1	0,00013
Toluen	-	-	5	0,4
Xylener	-	-	5	0,1
Alkylbenzener	-	-	1 ^a	0,03 ^b
1,2-dibromethan (additiv, blyholdig benzin)	0,02	-	0,01	2·10 ⁻⁴
Bly, uorganisk	40	400	1	-
Dieselolie/ fyringsolie/ gasolie				
C ₅ – C ₃₅ kulbrinter	100		9	0,1
Benzen	1,5		1	0,00013
Toluen			5	0,4
Xylener			5	0,1
Alkylbenzener, aromatiske kulbrinter			1 ^a	0,03 ^b
Mineralsk terpentin, aromatfri				
C ₇ -C ₁₂ kulbrinter	-	-	9	0,6
Mineralsk terpentin, aromatholdig				
C ₇ -C ₁₂ kulbrinter	25		9	0,2
Alkylbenzener, aromatiske kulbrinter			1 ^a	0,03 ^b
Polyaromatiske				
Kulbrinter, PAH	4 ^g	40 ^g	0,1 ^h	-
Benzo(a)pyren	0,3	3	0,01	
Dibenz(a,h)anthracen	0,3	3		
Fluoranthren			0,1	
Petroleum				
Totalkulbrinter C ₉ – C ₁₆	25	-	9	0,1
Alkylbenzener, aromatiske kulbrinter		-	1 ^a	0,03 ^b

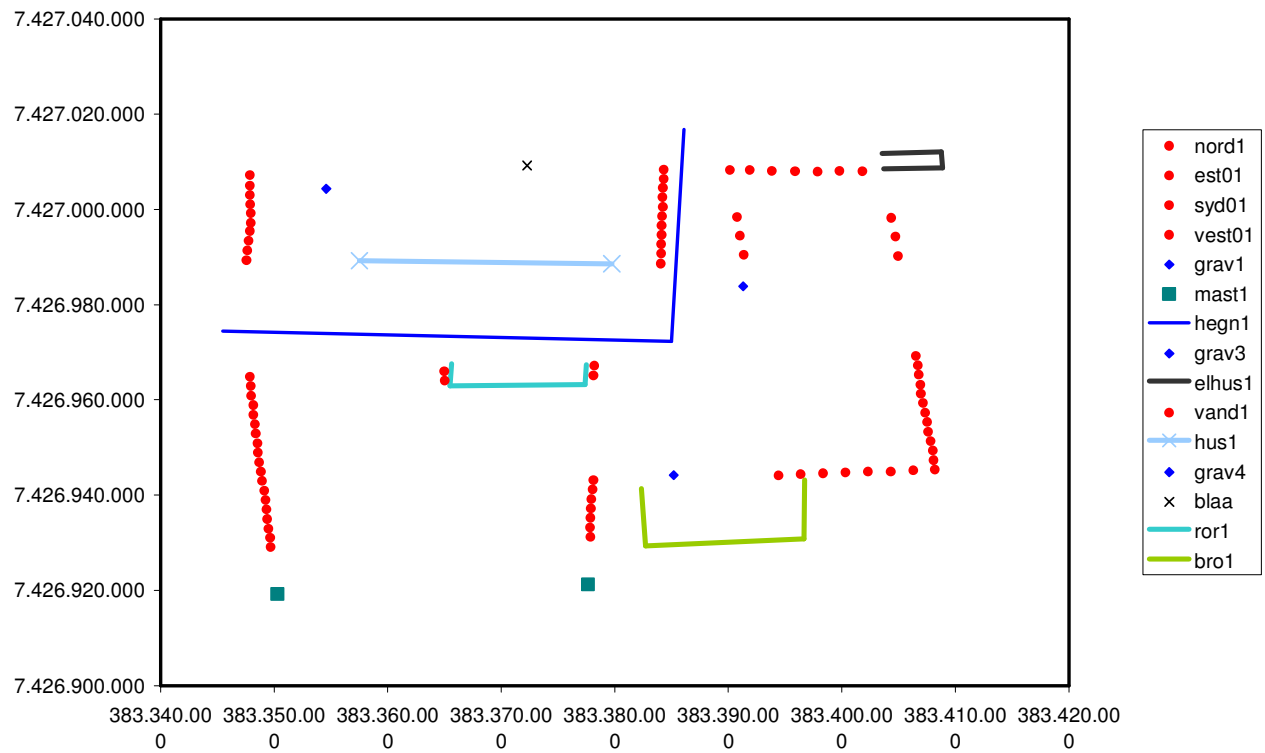
Bilag B: GPS koordinater

Af tabellen fremgår GPS koordinater på det grid som blev lavet med georadaren, gravningerne samt andre objekter på GTO pladsen. Af figuren kan det ses hvordan alle punkterne er placeret i forhold til hinanden. For elektronisk form, se excel-fil Bilag.xls

GPS KOORDINATER FRA GRAVNINGER, GRID OG ANDRE FASTE OBJEKTER PÅ GTO PLADSEN I SISIMIUT, GRØNLAND

Placering	East	Højde	North	Placering	East	Højde	North
Base	383.166.506	112.218	7.426.558.967	vest01	383.349.685	55.388	7.426.929.100
				vest02	383.349.679	55.342	7.426.931.064
nord1	383.401.843	52.829	7.427.008.003	vest03	383.349.519	54.861	7.426.932.952
nord2	383.399.829	52.683	7.427.008.052	vest04	383.349.407	54.797	7.426.934.984
nord3	383.397.878	52.500	7.427.007.934	vest05	383.349.342	54.661	7.426.936.979
nord4	383.395.909	52.395	7.427.008.002	vest06	383.349.259	54.646	7.426.938.942
nord5	383.393.861	52.343	7.427.008.054	vest07	383.349.149	54.492	7.426.940.941
nord6	383.391.888	52.225	7.427.008.217	vest08	383.348.959	54.488	7.426.942.929
nord7	383.390.159	52.124	7.427.008.268	vest09	383.348.854	54.491	7.426.944.912
nord8	383.390.798	52.398	7.426.998.370	vest10	383.348.682	54.360	7.426.946.911
nord9	383.391.045	52.574	7.426.994.420	vest11	383.348.589	54.196	7.426.948.946
nord10	383.391.394	52.718	7.426.990.463	vest12	383.348.533	54.103	7.426.950.907
nord11	383.404.359	52.636	7.426.998.159	vest13	383.348.399	53.895	7.426.952.885
nord12	383.404.747	52.750	7.426.994.247	vest14	383.348.307	53.787	7.426.954.865
nord13	383.404.976	52.946	7.426.990.229	vest15	383.348.159	53.669	7.426.956.857
				vest16	383.348.162	53.590	7.426.958.888
est01	383.406.525	54.008	7.426.969.211	vest17	383.347.999	53.473	7.426.960.859
est02	383.406.704	54.078	7.426.967.233	vest18	383.347.941	53.352	7.426.962.875
est03	383.406.793	54.187	7.426.965.255	vest19	383.347.862	53.308	7.426.964.868
est04	383.406.928	54.318	7.426.963.184	vest20	383.364.998	53.232	7.426.966.004
est05	383.406.992	54.352	7.426.961.262	vest21	383.365.019	53.275	7.426.964.015
est06	383.407.178	54.544	7.426.959.323	vest22	383.378.136	53.278	7.426.965.122
est07	383.407.343	54.593	7.426.957.292	vest23	383.378.194	53.209	7.426.967.118
est08	383.407.548	54.598	7.426.955.291				
est09	383.407.595	54.563	7.426.953.255	mast1	383.377.665	56.011	7.426.921.253
est10	383.407.828	54.673	7.426.951.322	mast2	383.350.282	56.052	7.426.919.184
est11	383.408.035	54.614	7.426.949.362				
est12	383.408.111	54.710	7.426.947.346	grav1	383.385.176	54.538	7.426.944.198
est13	383.408.225	54.847	7.426.945.368	grav3	383.391.290	52.876	7.426.983.836
				grav4	383.354.588	51.323	7.427.004.318
syd01	383.406.312	54.894	7.426.945.183				
syd02	383.404.321	54.751	7.426.944.955	hegn1	383.345.494	52.860	7.426.974.403
syd03	383.402.311	54.609	7.426.944.877	hegn2	383.385.016	53.310	7.426.972.328
syd04	383.400.342	54.558	7.426.944.720	hegn3	383.386.092	51.933	7.427.016.756
syd05	383.398.355	54.507	7.426.944.559				
syd06	383.396.390	54.534	7.426.944.346	elhus1	383.403.691	52.983	7.427.008.472
syd07	383.394.429	54.688	7.426.944.085	elhus2	383.408.867	53.244	7.427.008.711
syd08	383.378.117	54.560	7.426.943.122	elhus3	383.408.755	53.034	7.427.012.039
syd09	383.378.059	54.751	7.426.941.158	elhus5	383.403.529	52.841	7.427.011.738
syd10	383.377.939	54.872	7.426.939.161				
syd11	383.377.893	54.882	7.426.937.195	hus1	383.379.756	52.302	7.426.988.622
syd12	383.377.866	54.942	7.426.935.179	hus2	383.357.513	52.092	7.426.989.183
syd13	383.377.822	55.012	7.426.933.165				

syd14	383.377.861	55.028	7.426.931.230	vand1	383.384.324	51.902	7.427.008.312
vand2	383.384.331	51.964	7.427.006.403				
vand3	383.384.265	52.013	7.427.004.488				
vand4	383.384.213	51.994	7.427.002.540				
vand5	383.384.239	52.032	7.427.000.517				
vand6	383.384.186	52.086	7.426.998.534				
vand7	383.384.130	52.140	7.426.996.560				
vand8	383.384.158	52.220	7.426.994.594				
vand9	383.384.108	52.288	7.426.992.650				
vand10	383.384.087	52.373	7.426.990.745				
vand11	383.384.075	52.464	7.426.988.573				
vand12	383.347.574	51.993	7.426.989.319				
vand13	383.347.661	51.910	7.426.991.347				
vand14	383.347.767	51.817	7.426.993.419				
vand15	383.347.863	51.765	7.426.995.430				
vand16	383.347.955	51.707	7.426.997.157				
vand17	383.347.937	51.629	7.426.999.166				
vand18	383.347.904	51.584	7.427.001.022				
vand19	383.347.885	51.521	7.427.003.026				
vand20	383.347.870	51.461	7.427.004.992				
vand21	383.347.874	51.485	7.427.007.144				
blaa	383.372.280	51.813	7.427.009.206				
ror1	383.377.501	53.170	7.426.967.446				
ror2	383.377.398	53.394	7.426.963.228				
ror3	383.365.489	53.349	7.426.962.981				
ror4	383.365.616	53.169	7.426.967.570				
bro1	383.382.366	54.682	7.426.941.385				
bro2	383.382.720	54.953	7.426.929.393				
bro3	383.396.670	54.939	7.426.930.864				
bro4	383.396.704	54.540	7.426.943.211				



GRAF FOR ALLE KOORDINATERNE ER TEGNET IND.

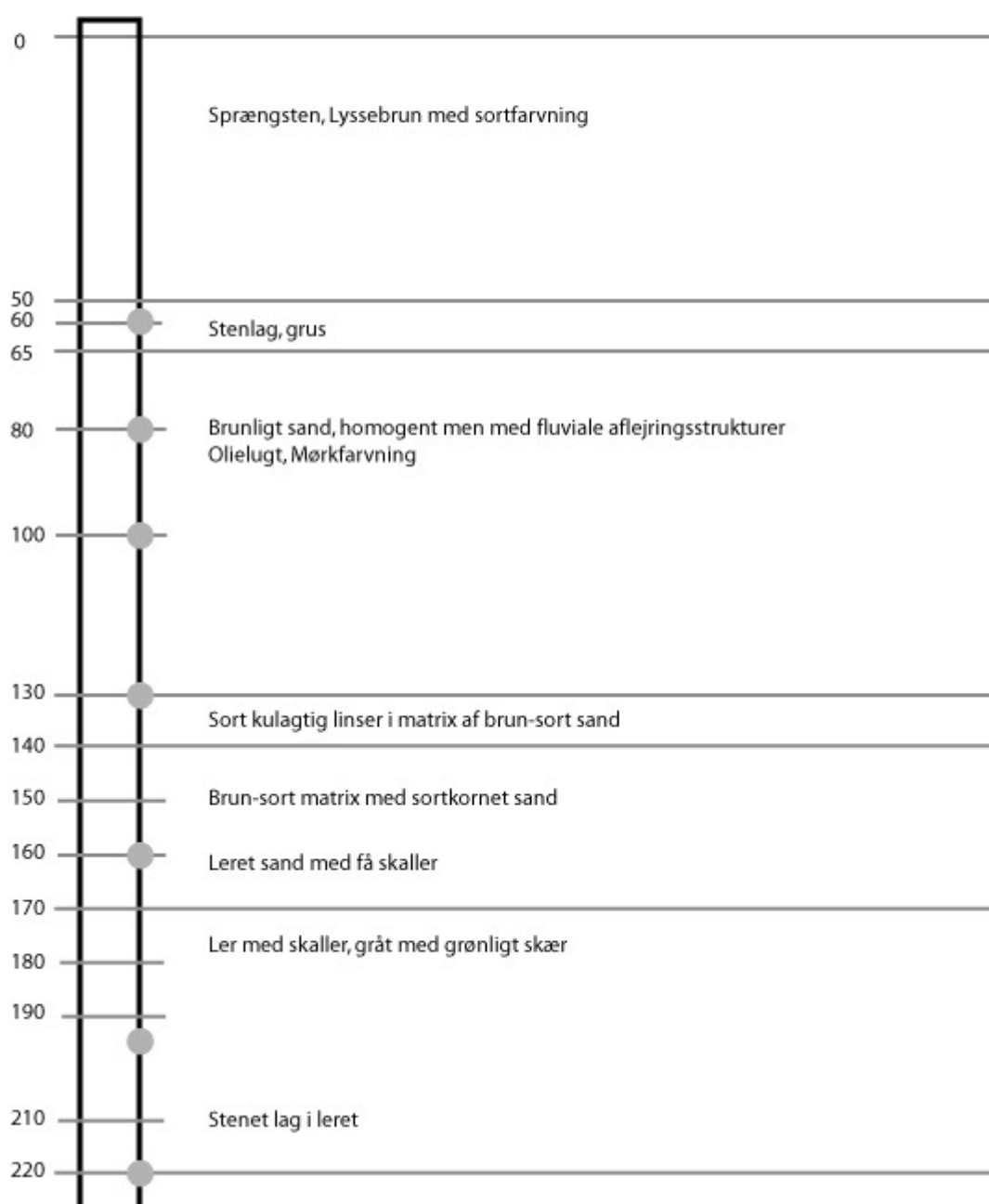
Bilag C: Boreprofiler for de 4 gravninger

Center for Arktisk Teknologi
Danmarks Tekniske Universitet
Kemitorvet, Bygning 204
2800 KGS. Lyngby

Projekt udført af Dorte Moon Pade og Eskild Paamand
Studerende ved institut for Miljø og Ressourcer

Borested: GTO pladsen i Sisimiut	Dato ons. 13/8-2008	UTM-zone: 22 nord
Boringsnavn: G1	Formål: Forureningsundersøgelse	UTM-kordinater (northing/easting): 7426944 / 383385.2

Kote [cm under terræn]



Center for Arktisk Teknologi
Danmarks Tekniske Universitet
Kemitorvet, Bygning 204
2800 KGS. Lyngby

Projekt udført af Dorte Moon Pade og Eskild Paamand
Studerende ved institut for Miljø og Ressourcer

Borested: GTO pladsen i Sisimiut

Dato ons. 13/8-2008

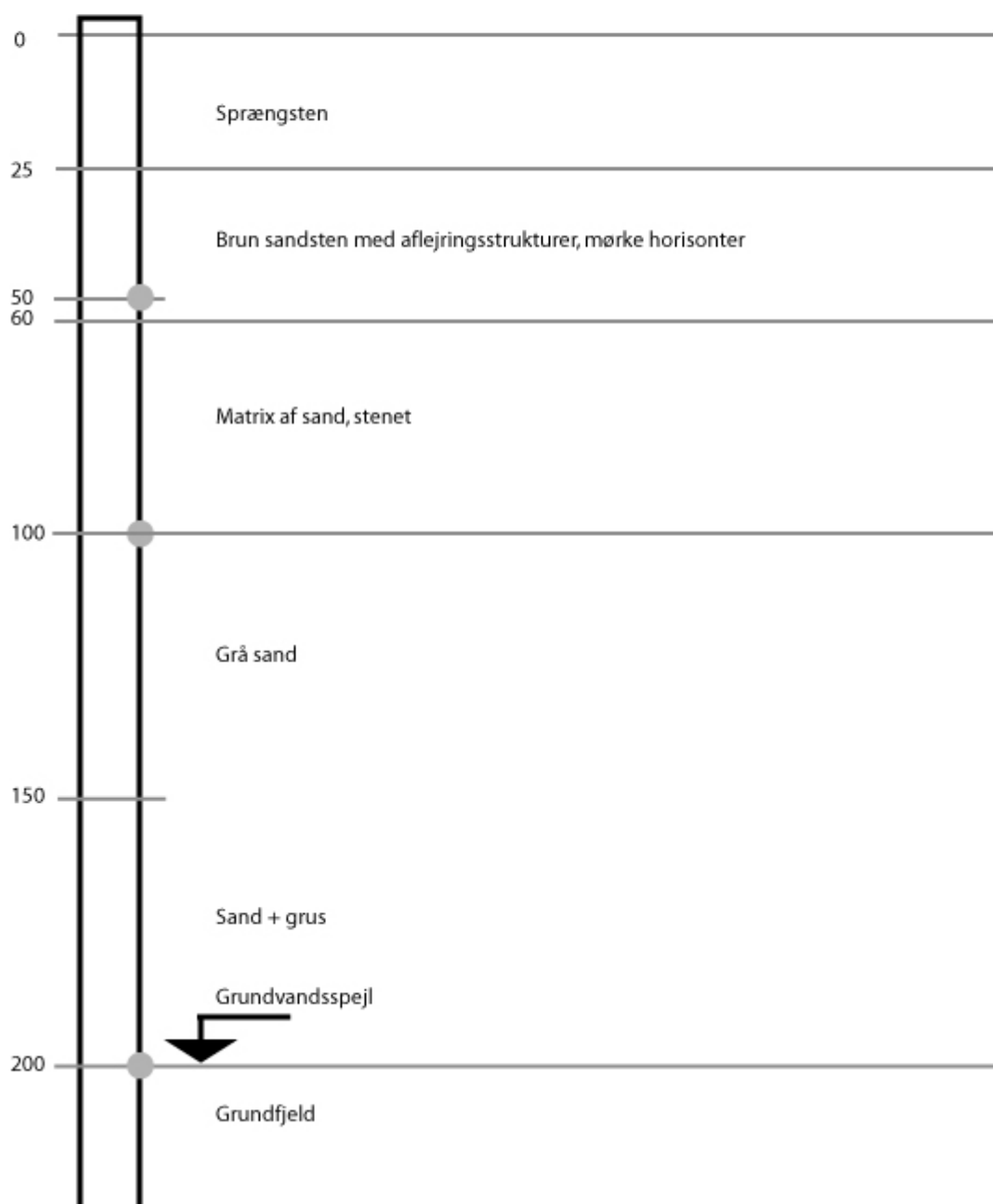
UTM-zone: 22 nord

Boringsnavn: G2

Formål: Forureningsundersøgelse

UTM-koordinater (northing/easting):
7426935 / 383349.4

Kote [cm under terræn]



Center for Arktisk Teknologi
 Danmarks Tekniske Universitet
 Kemitorvet, Bygning 204
 2800 KGS. Lyngby

Projekt udført af Dorte Moon Pade og Eskild Paamand
 Studerende ved institut for Miljø og Ressourcer

Borested: GTO pladsen i Sisimiut

Dato ons. 13/8-2008

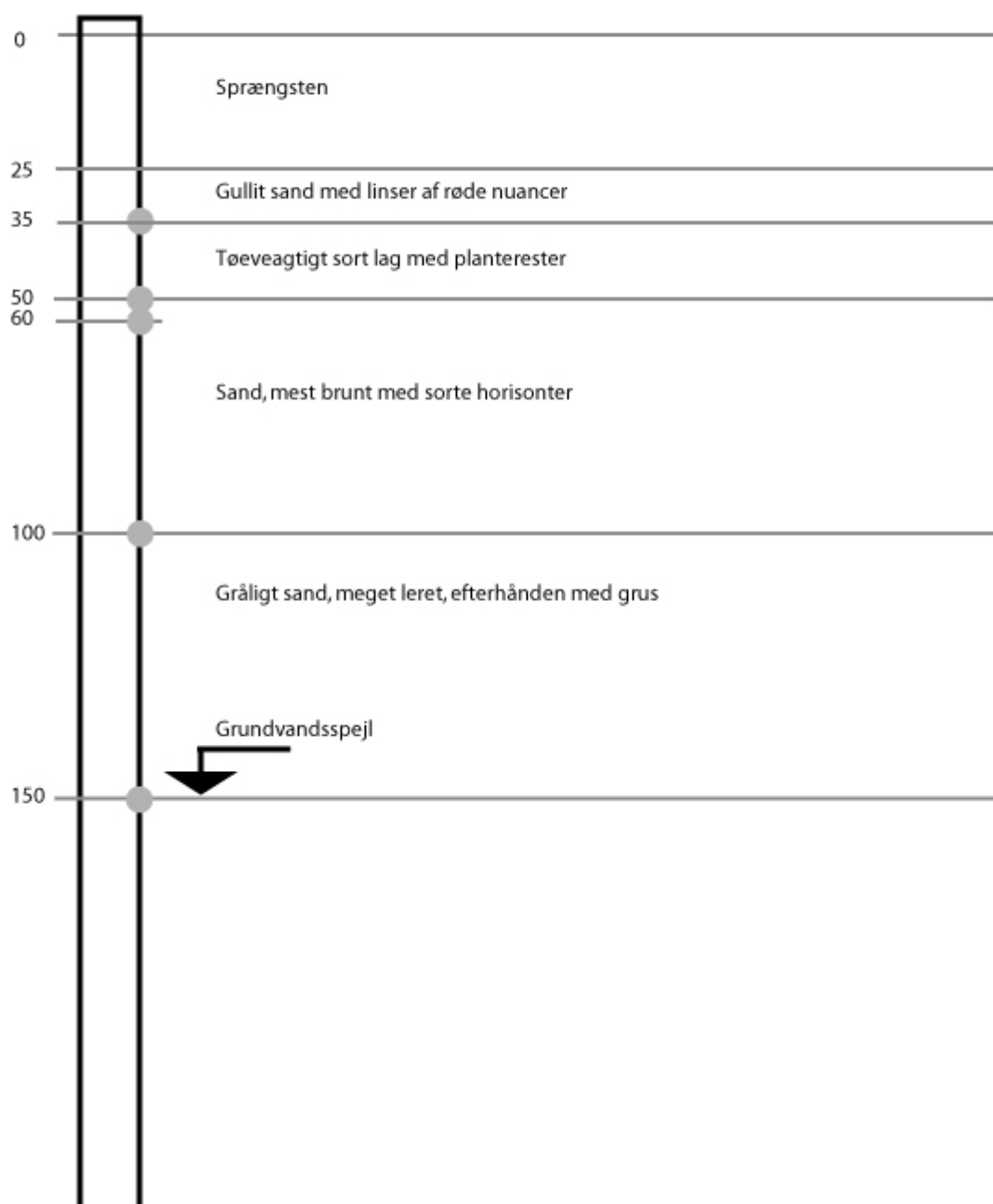
UTM-zone: 22 nord

Boringsnavn: G3

Formål: Forureningsundersøgelse

UTM-koordinater (northing/easting):
 7426984 / 383391.3

Kote [cm under terræn]



Center for Arktisk Teknologi
 Danmarks Tekniske Universitet
 Kemitorvet, Bygning 204
 2800 KGS. Lyngby

Projekt udført af Dorte Moon Pade og Eskild Paamand
 Studerende ved institut for Miljø og Ressourcer

Borested: GTO pladsen i Sisimiut

Dato ons. 13/8-2008

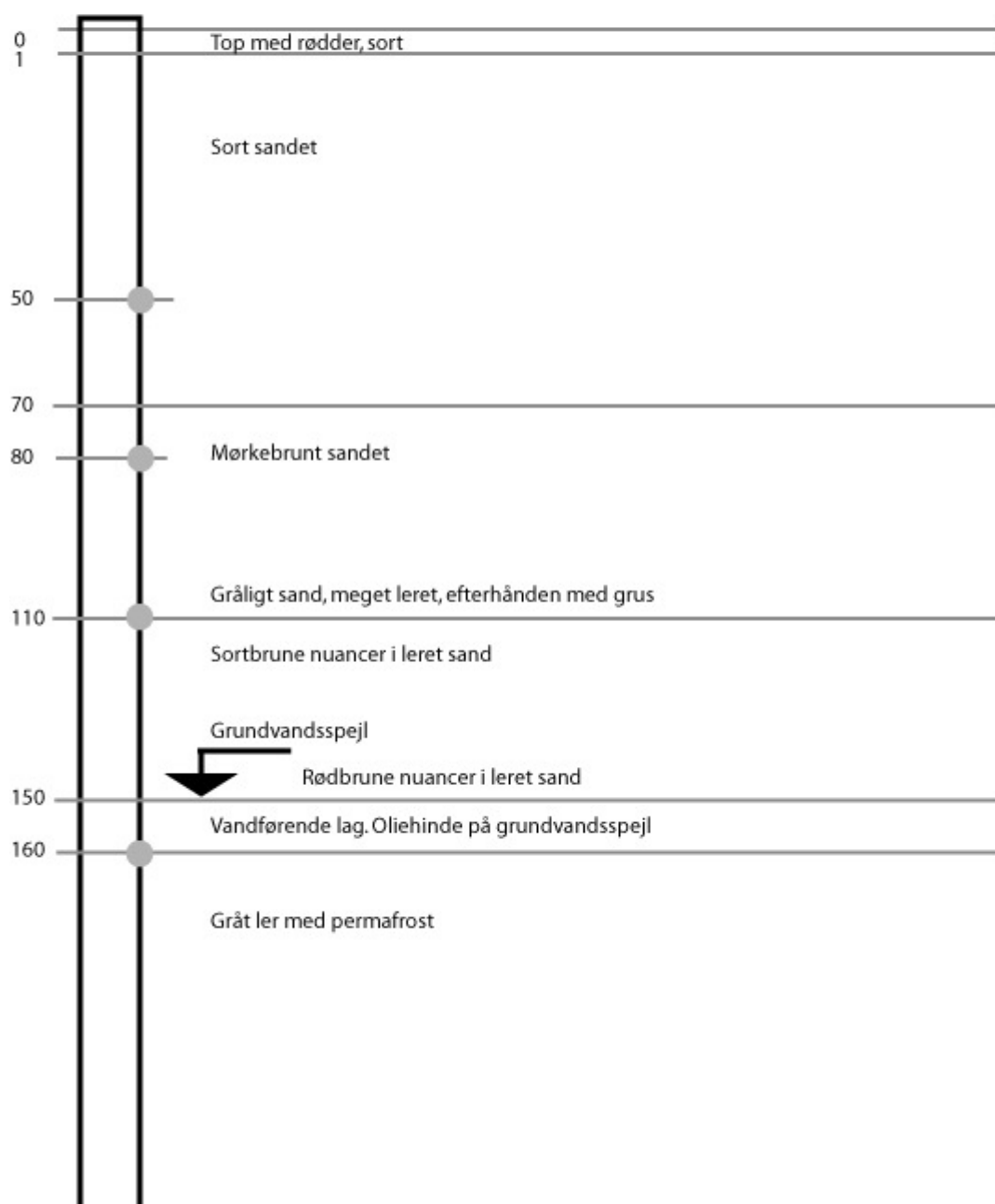
UTM-zone: 22 nord

Boringsnavn: G4

Formål: Forureningsundersøgelse

UTM-koordinater (northing/easting):
 7427004 / 383354.6

Kote [cm under terræn]

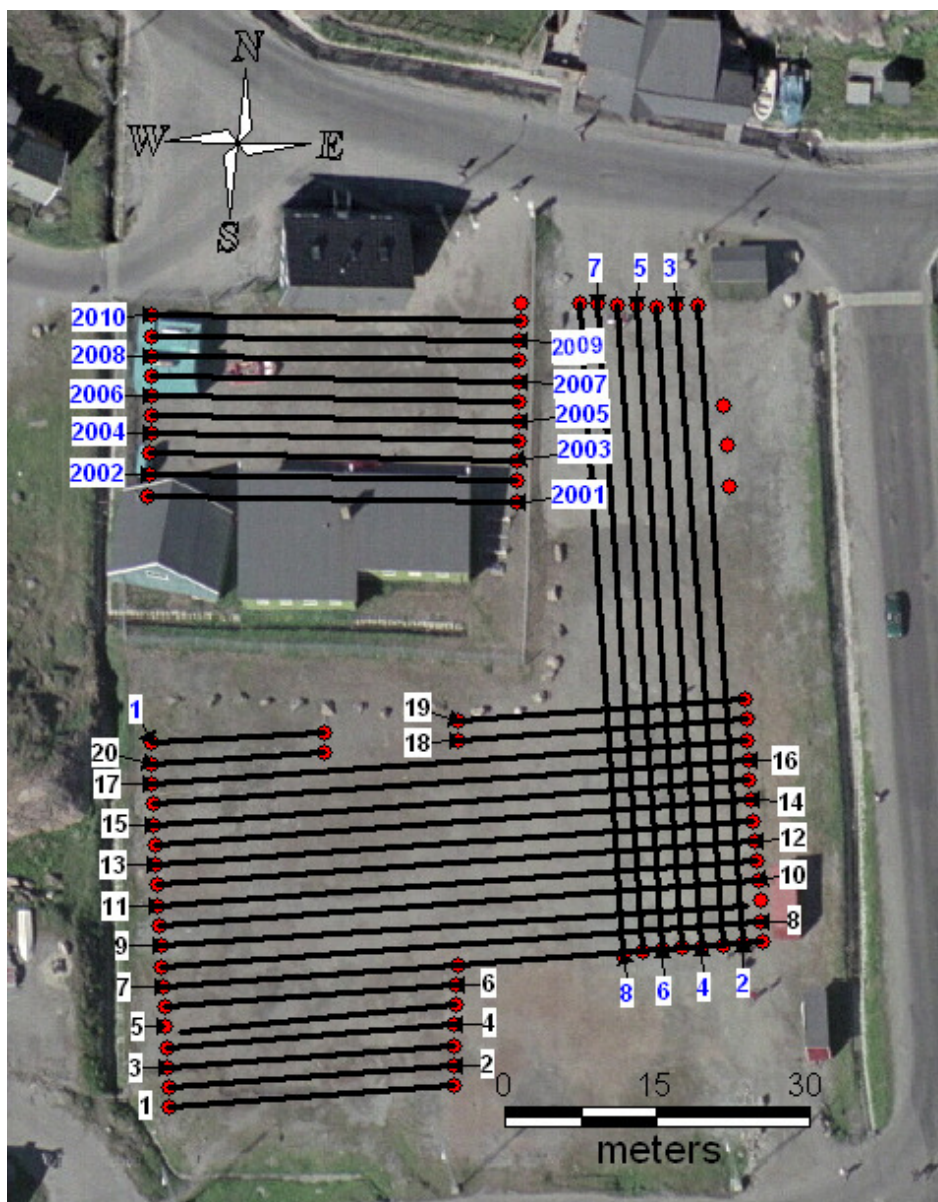


Bilag D: Tungmetal standarder

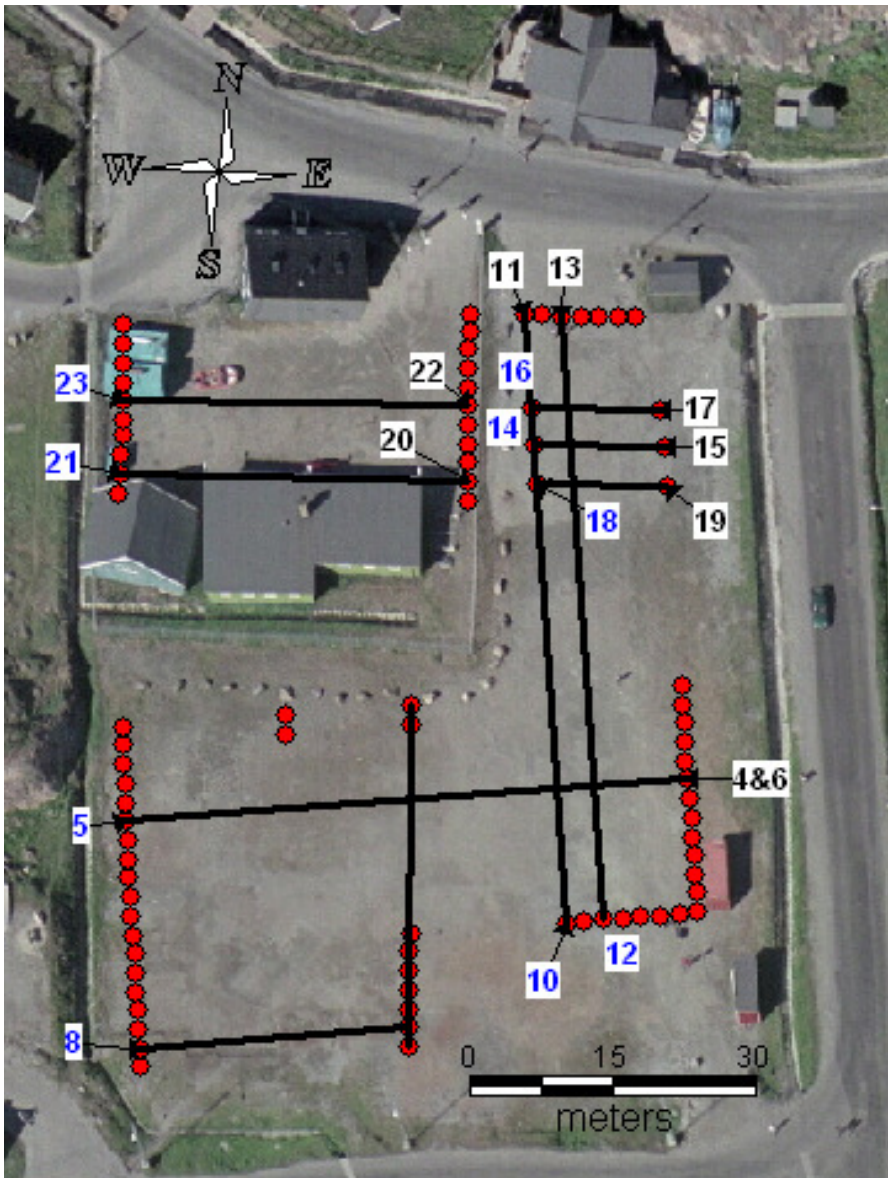
Tube	Sample Labels	As 193.696	Cd 226.502	Cr 205.560	Cu 324.754	Ni 221.648	Pb 220.353	Zn 206.200
1	Blank	0	0	0	0	0	0	0
2	Standard 1	0,0252	0,0252	0,0252	0,0252	0,0252	0,0252	0,025200 e
3	Standard 2	0,5133	0,5133	0,5133	0,5133	0,5133	0,5133	0,5133
4	Standard 3	1,02112	1,02112	1,02112	1,02112	1,02112	1,02112	1,02112
5	Standard 4	2,5737	2,5737	2,5737	2,5737	2,5737	2,5737	2,5737
6	Standard 5	5,0072	5,0072	5,0072	5,0072	5,0072	5,0072	5,0072
7	Standard 6	10,2754	10,2754	10,2754	10,2754	10,2754	10,2754	10,2754
8	Standard 7	24,9744	24,9744	24,9744	24,9744	24,9744	24,9744	24,9744
9	VKI 1	0,007845	-0.004920 uv	-0.004610 uv	-0.002183 uv	0.000736 uv	11,8008	0,521889
10	VKI 2	-0.005716 uv	1,26316	4,87213	5,35855	2,46933	0,009518	0,041266
11	blind 1	-0.001119 uv	-0.006678 uv	-0.007132 uv	-0.007883 uv	-0.002786 uv	-0.010217 uv	-0.007084 uv
12	blind 2	-0.006625 uv	-0.006790 uv	-0.007673 uv	-0.008889 uv	-0.005142 uv	-0.010297 uv	0.000077 uv

Bilag E: Oversigt over georadar nummereringer

Af de to figurer fremgår nummereringen af de forskellige georadar profiler.



OVERSIGT OVER NUMMERERINGS AF DE HØJFREKVENTE GEORADARPROFILER. ALLE DE NUMRE SOM STÅR MED SORT ER DEM SOM BLEV FORETAGET DEN 08-08-08. DEM SOM STÅR MED BLÅ ER DEM SOM BLEV FORETAGET DEN 09-08-08.

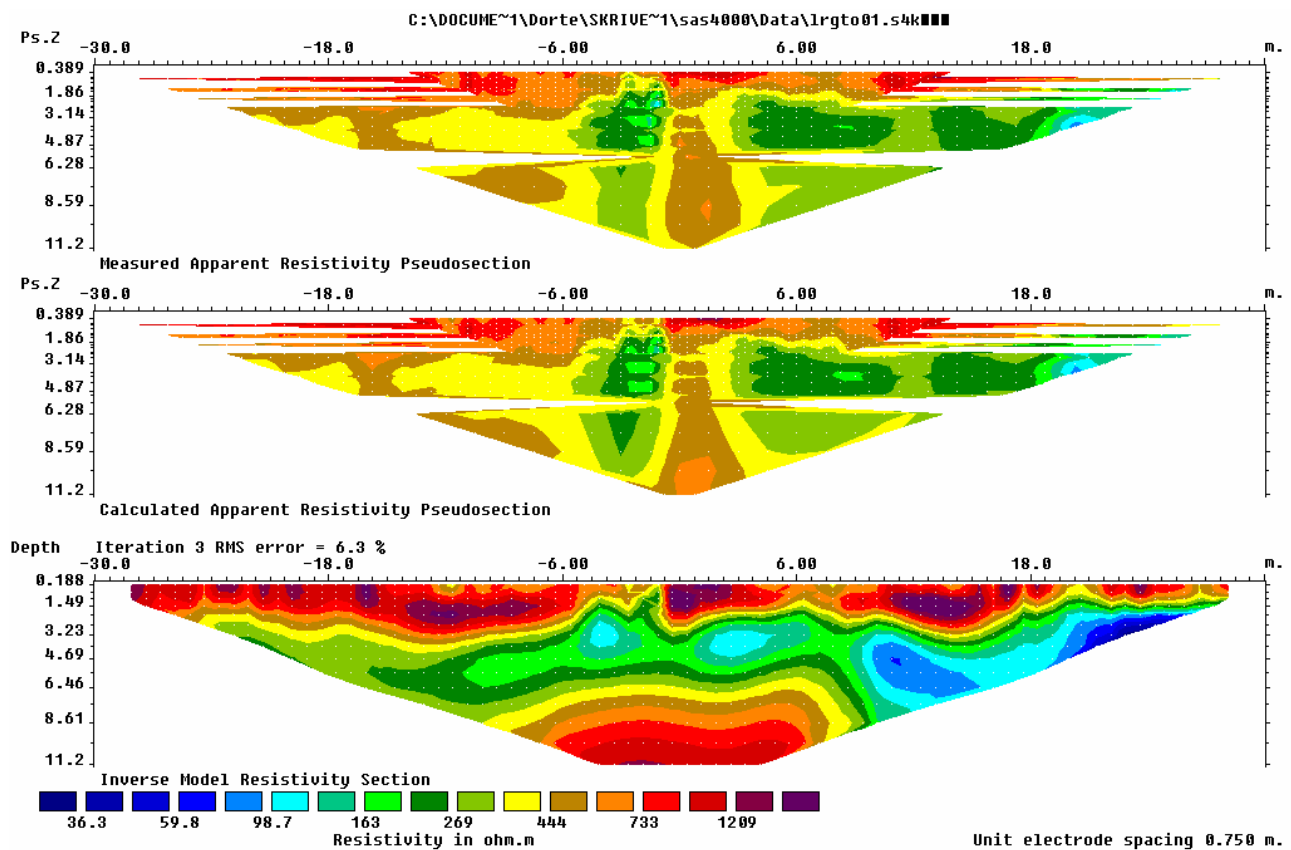


OVERSIGT OVER NUMMERERINGEN AF DE LAVFREKVENTE GEORADARPROFILER. DEM DER STÅR MED BLÅ ER HVOR PROFILET ER LAVET FRA VENSTRE MOD HØJRE OG DEM DER STÅR MED SORT ER HVOR PROFILET ER LAVET FRA HØJRE MOD VENSTRE. DET SES AT ALLE LINIERNE ER BLEVET LAVET I BEGGE RETNINGER. DISSE MÅLINGER BLEV LAVET DEN 11-08-08.

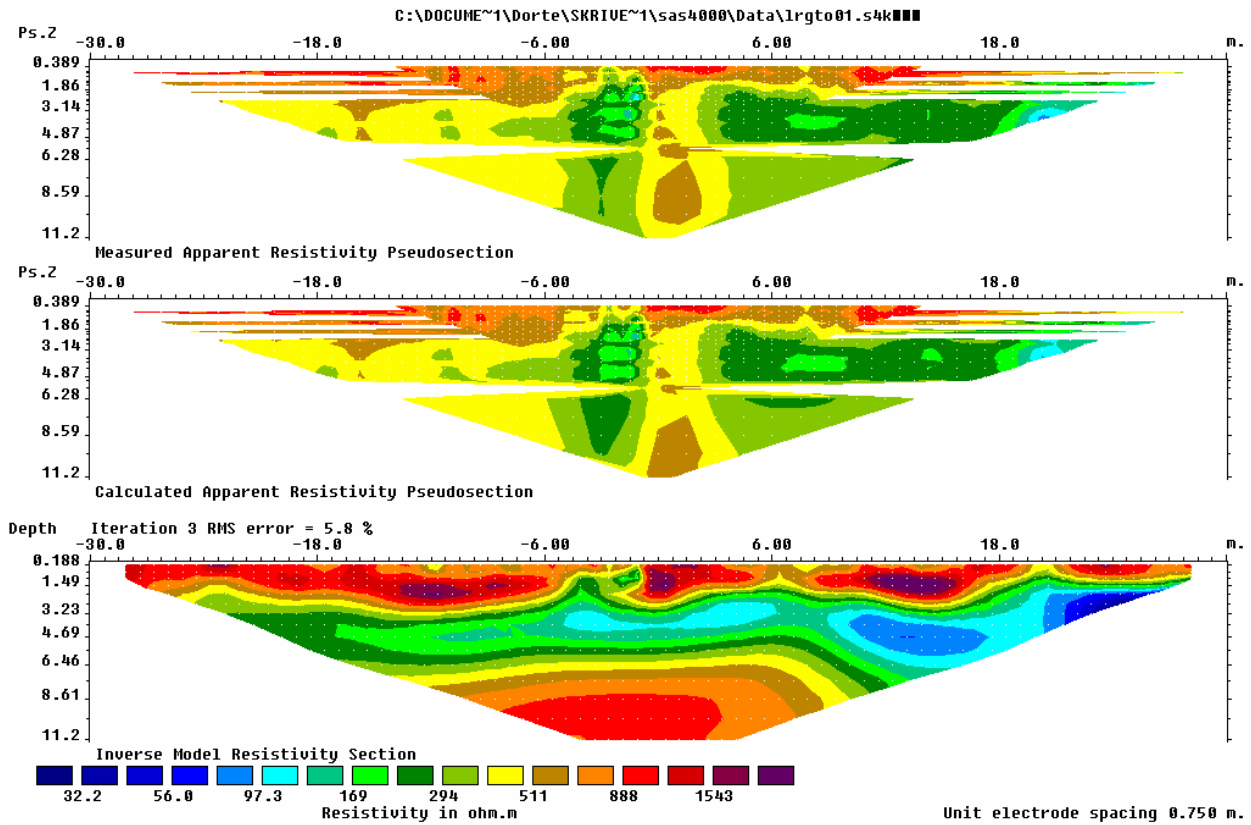
Bilag F: MEP

Nedenstående kan ses figurer, hvor der er stillet på vertical-horisontal faktoren, for hhv. at fremhæve vertikale eller horisontale strukturer. Det ses at der ikke er den store forskel at se, hvilket er derfor det er valgt ikke at benytte nedenstående.

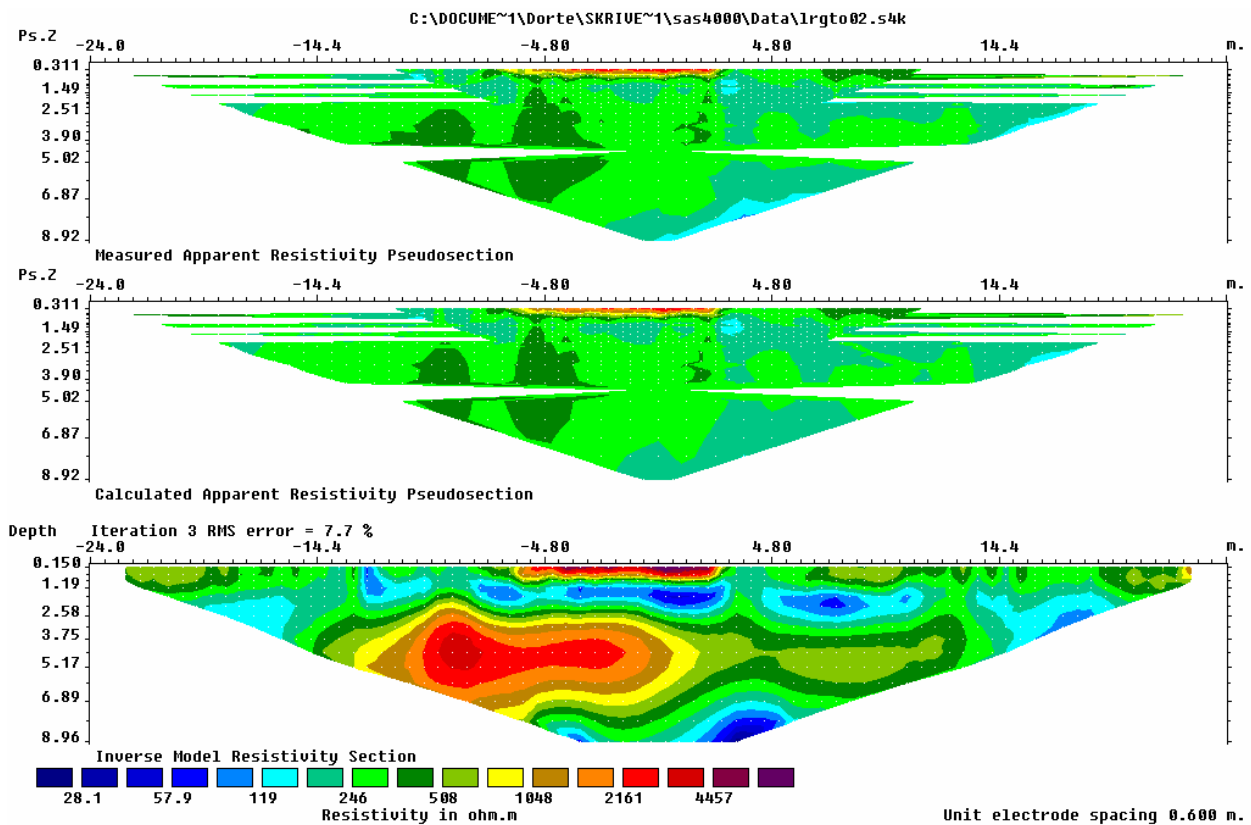
Endvidere er datapunkterne vist, hvor det ses at der ikke er fraserteret nogle. Samt blockene som Res2dinv benytter til modellen er vist.



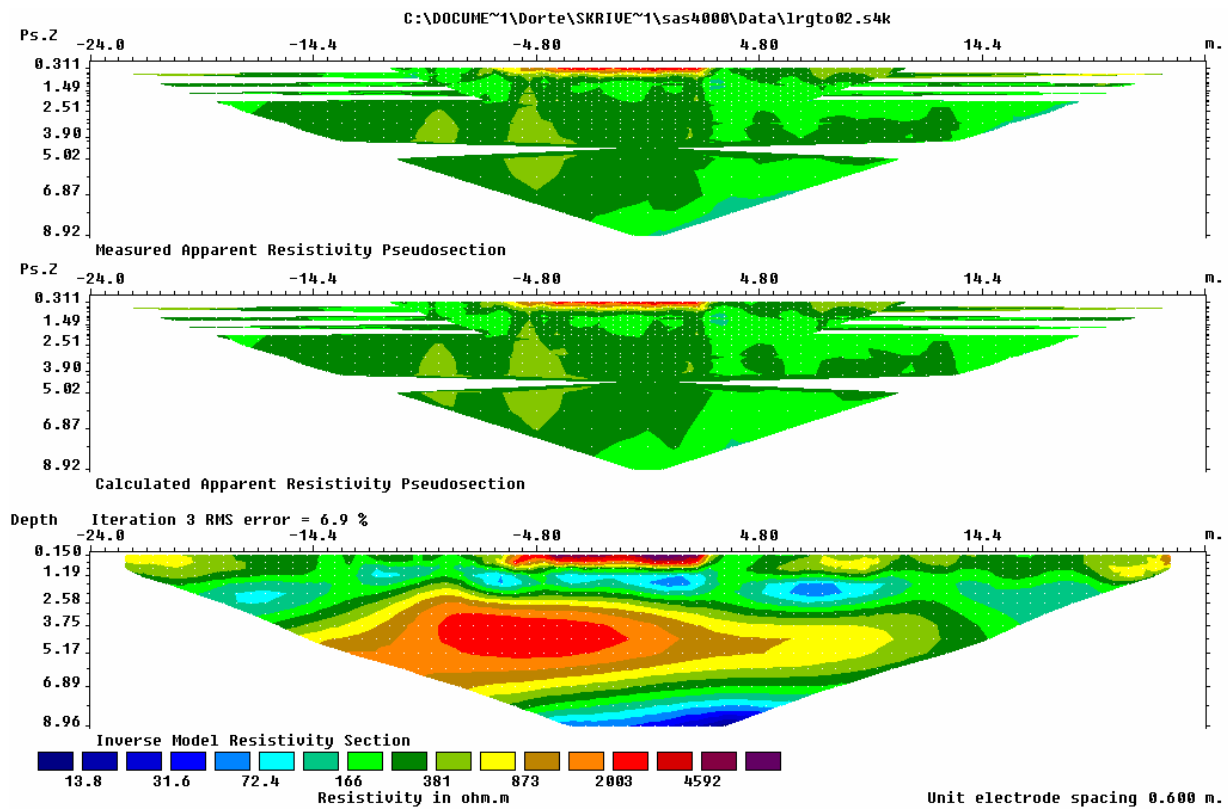
MEP PROFIL 1, HVOR VERTICAL-HORISONTAL FLATNESS FACTOR ER SAT TIL 2



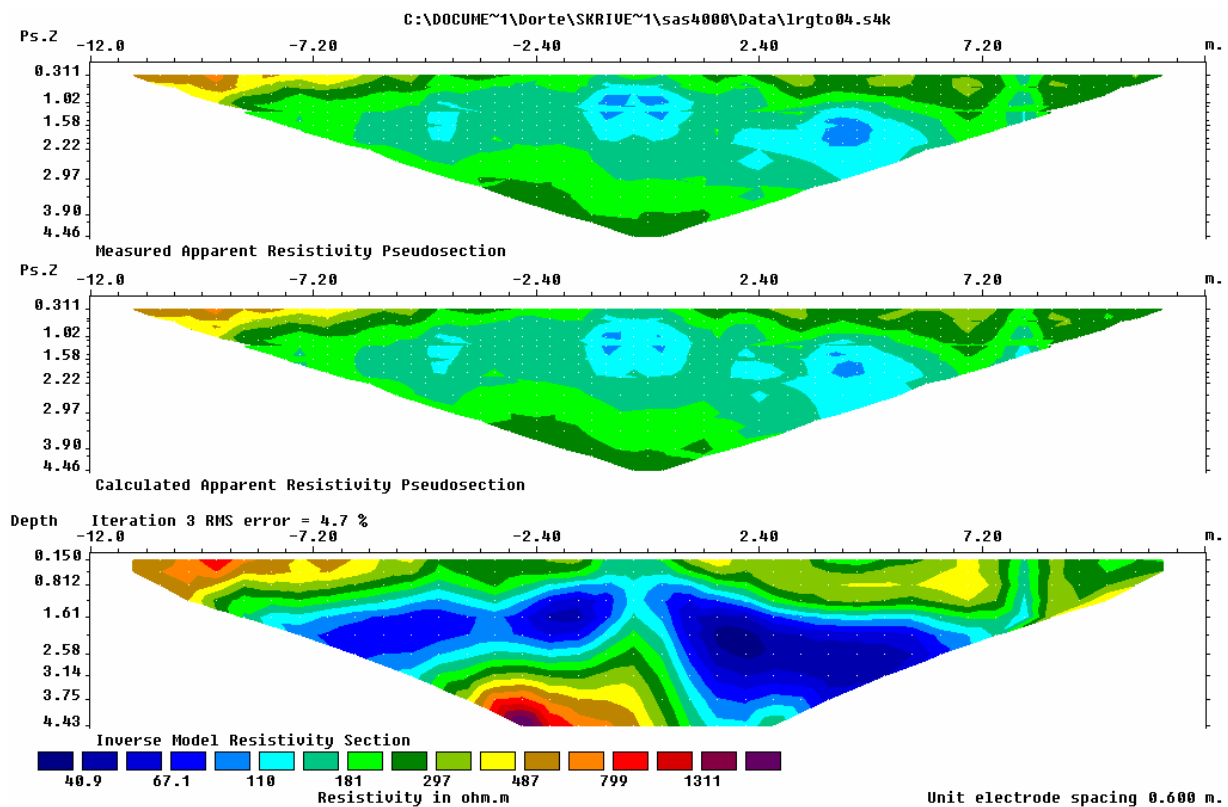
MEP PROFIL 1, HVOR VERTICAL-HORISONTAL FLATNESS FACTOR ER SAT TIL 0,5



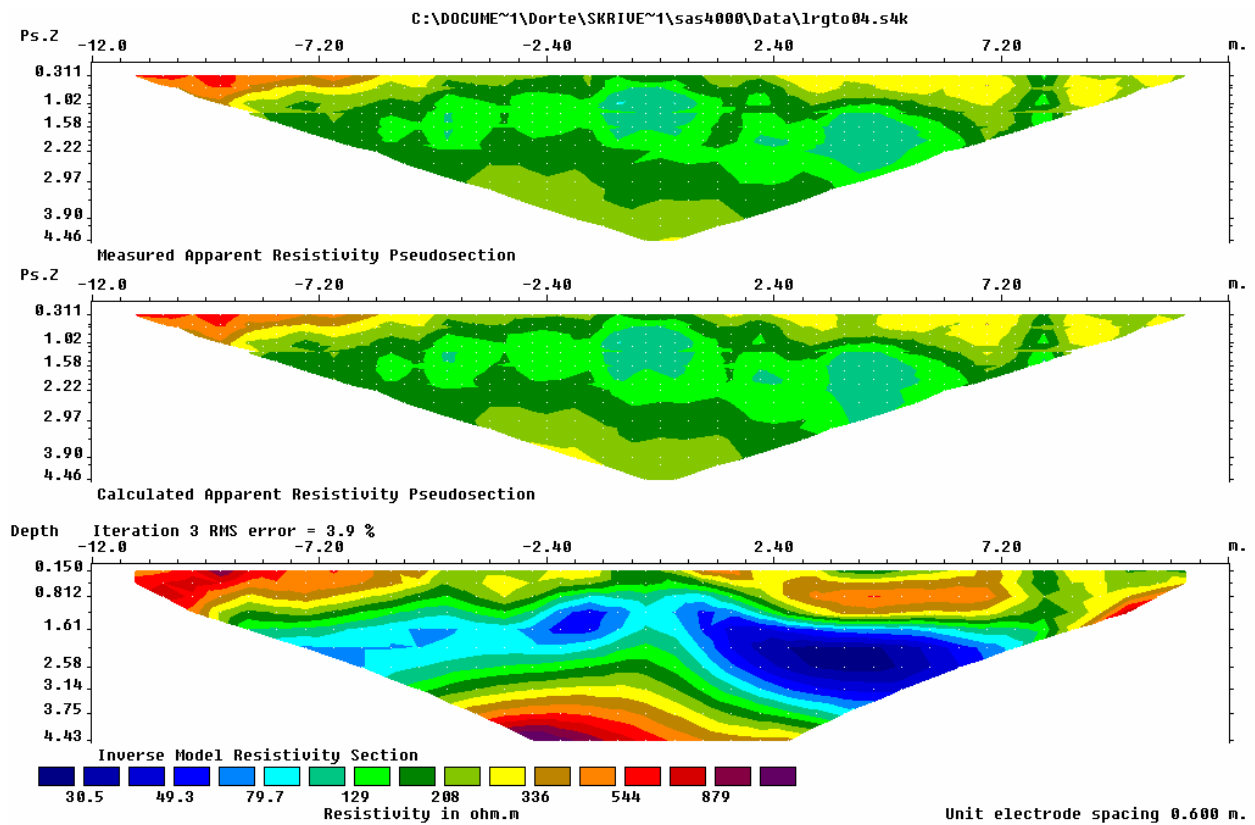
MEP PROFIL 2, HVOR VERTICAL-HORIZONTAL FLATNESS FACTOR ER SAT TIL 2



MEP PROFIL 2, HVOR VERTICAL-HORIZONTAL FLATNESS FACTOR ER SAT TIL 0,5

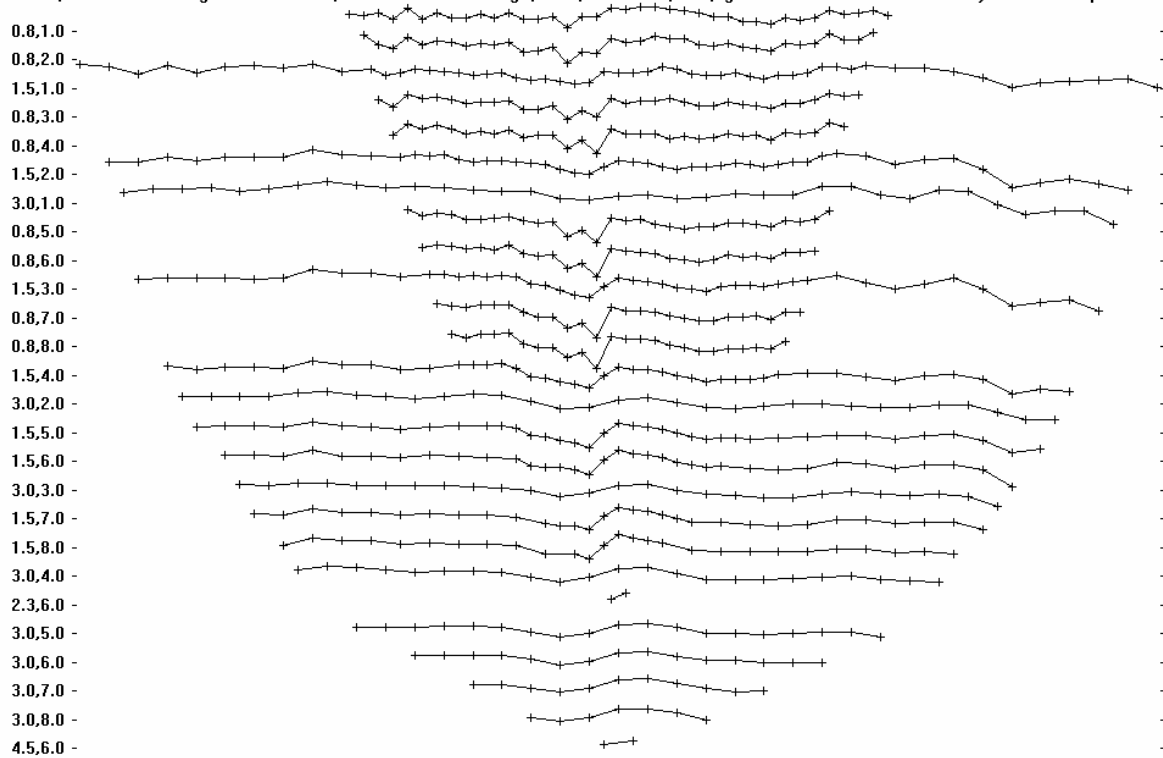


MEP PROFIL 3, HVOR VERTICAL-HORIZONTAL FLATNESS FACTOR ER SAT TIL 2



MEP PROFIL 3, HVOR VERTICAL-HORIZONTAL FLATNESS FACTOR ER SAT TIL 0,5

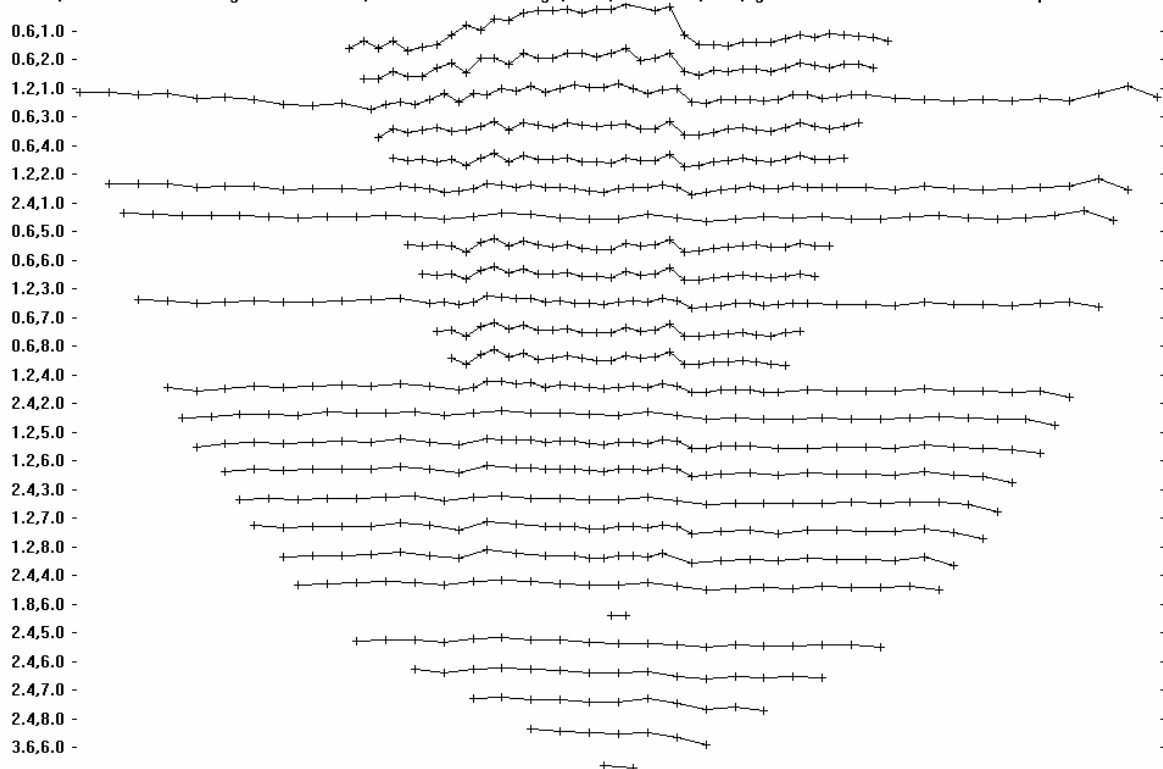
Elec. spac., WScreen image save in fileIC:\Documents and Settings\Dorte\Skrivebord\MEP\Irgto01.2008.17.08-med-thomas-ny-bad data.bmp.



+ Measured data + Removed data

DATA FOR MEP PROFIL 1. DET SES AT DER IKKE ER BLEVET FJERNET NOGET DATA.

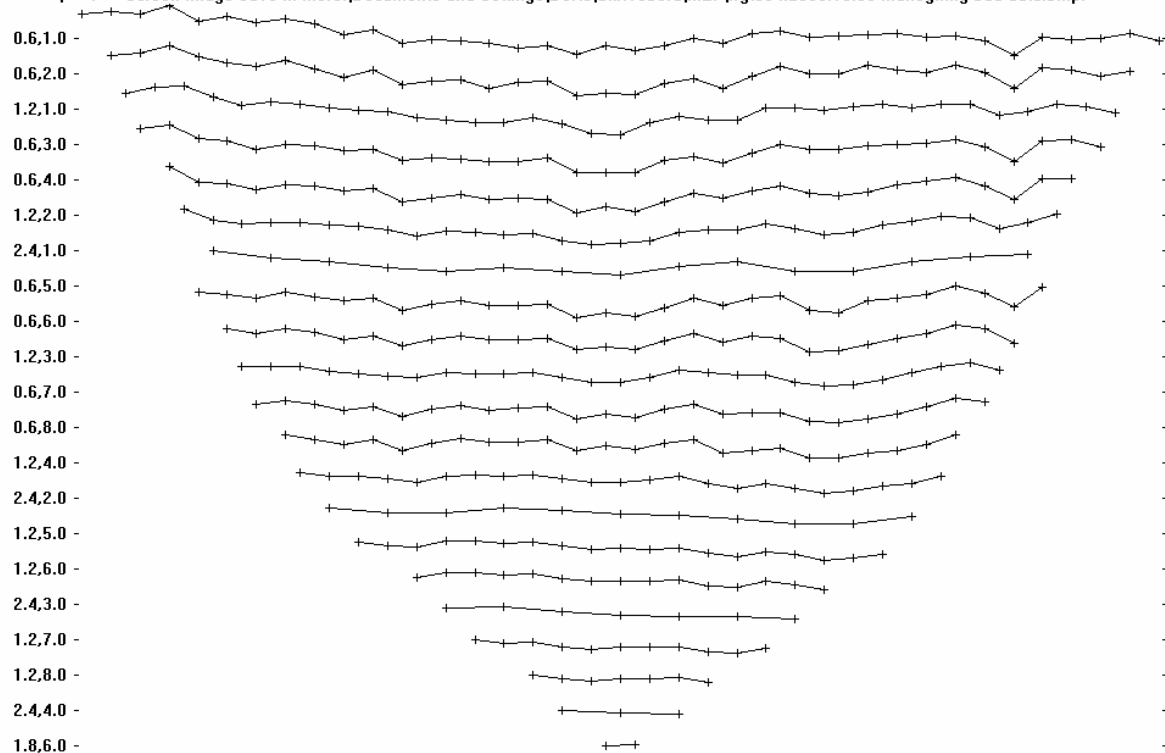
Elec. spac., WennScreen image save in fileIC:\Documents and Settings\Dorte\Skrivebord\MEP\Irgto02.2008.18.08-toilet-bad data.bmp.



+ Measured data + Removed data

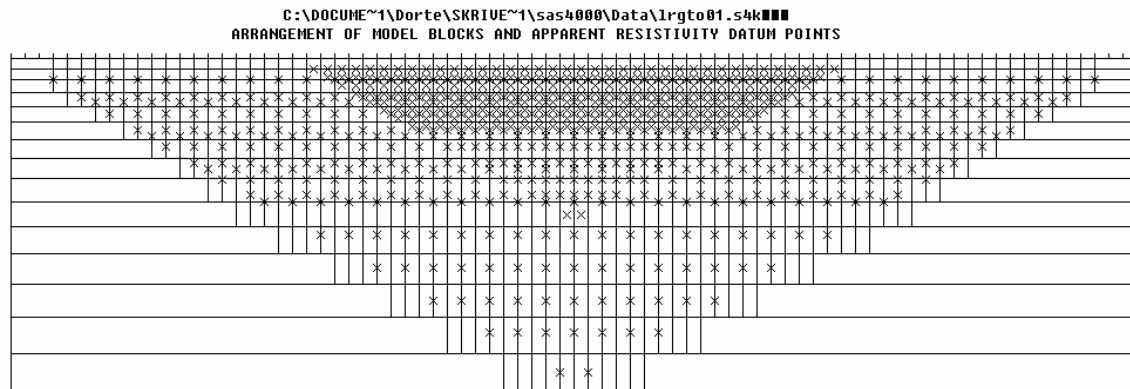
DATA FOR MEP PROFIL 2. DET SES AT DER IKKE ER BLEVET FJERNET NOGET DATA.

Elec. spac., WeScreen image save in file C:\Documents and Settings\Dorte\Skribebord\MEP\lrgto04.2008.18.08-indhegning-bad data.bmp.



+ Measured data + Removed data

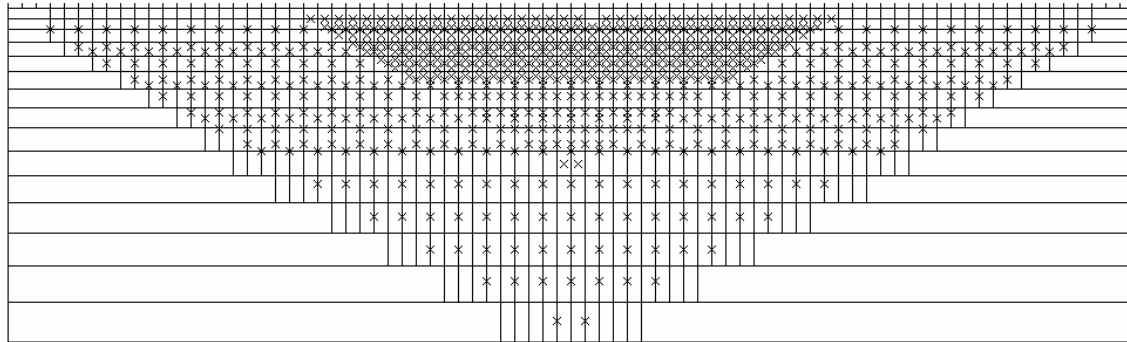
DATA FOR MEP PROFIL 3. DET SES AT DER IKKE ER BLEVET FJERNET NOGET DATA.



□ Model block Number of model blocks 882
 × Datum point Number of datum points 748
 Number of model layers is 15 Unit electrode spacing 0.750 m.
 Minimum pseudodepth is 0.39. Maximum pseudodepth is 11.2.
 Number of electrodes is 81.

BLOCKS FOR MEP PROFIL 1

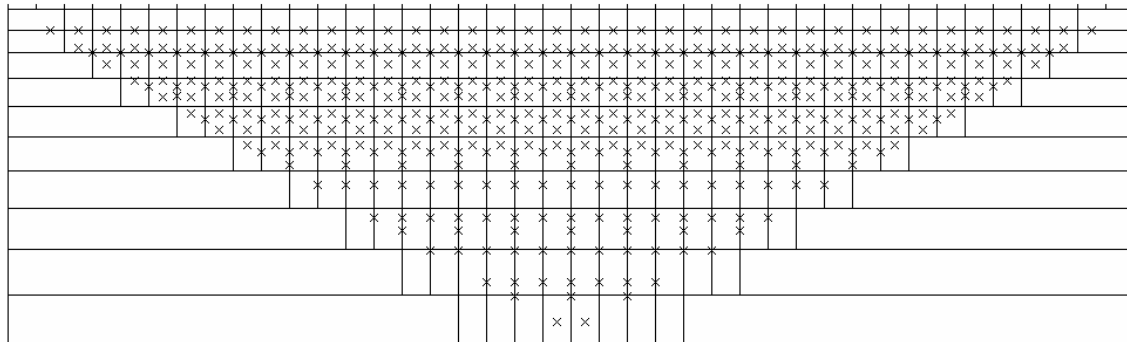
C:\DOCUME~1\Dorte\SKRIVE~1\sas4000\Data\lrgto02.s4k
ARRANGEMENT OF MODEL BLOCKS AND APPARENT RESISTIVITY DATUM POINTS



☐ Model block Number of model blocks 802
☒ Datum point Number of datum points 747
 Number of model layers is 15 Unit electrode spacing 0.600 m.
 Minimum pseudodepth is 0.31. Maximum pseudodepth is 8.9.
 Number of electrodes is 81.

BLOCKS FOR MEP PROFIL 2

C:\DOCUME~1\Dorte\SKRIVE~1\sas4000\Data\lrgto04.s4k
ARRANGEMENT OF MODEL BLOCKS AND APPARENT RESISTIVITY DATUM POINTS



☐ Model block Number of model blocks 266
☒ Datum point Number of datum points 454
 Number of model layers is 10 Unit electrode spacing 0.600 m.
 Minimum pseudodepth is 0.31. Maximum pseudodepth is 4.5.
 Number of electrodes is 41.

BLOCKS FOR MEP PROFIL 3

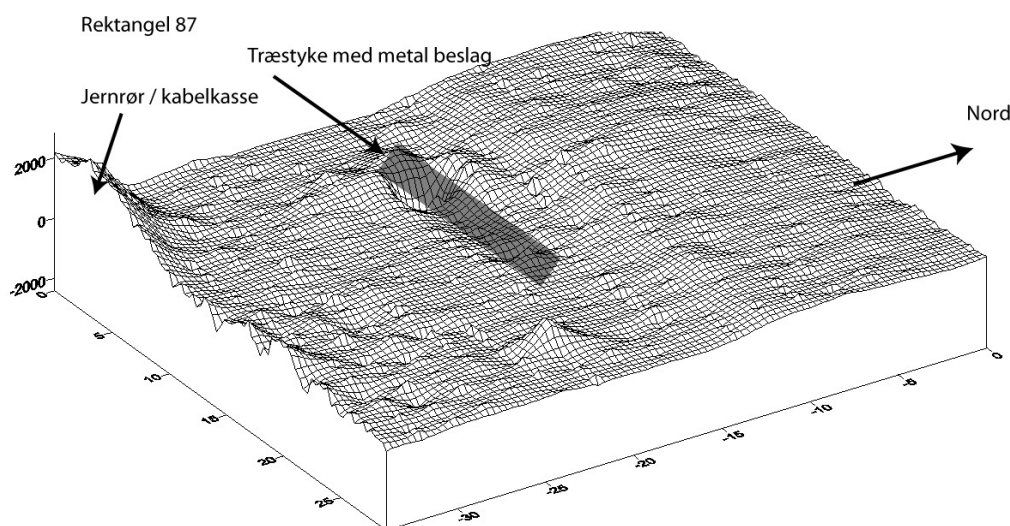
Bilag G: Stangslingramme - wireframe

I det følgende vises wire-frame plot for quadraturdelen H_s/H_p af de indsamlede data for de tre rektangler der blev indsamlet data fra.

På figur G.1 er det markeret hvor der blev passeret et længere træstykke med metal beslag.

Træstykket blev passeret i længderetningen og der ses kraftigst udsving længst mod vest, hvor der også var mest metal. Udsvinget ses som en karakteristisk *M* formet anomali hvis det plottes som tværsnit henover metalbeslaget som typisk ses for ledende punktkilder så som passage tværs over et metalrør /*Reynolds 2005*/. Det bemærkes, at der ikke blev gået direkte henover metalbeslaget, men passeret i længderetningen tæt forbi på begge sider.

I det sydvestlige hjørne stak enderne fra nogle begravede kabelbakker ud af jorden, som her havde en mindre terrænkote forskel. Det vides ikke helt præcist hvordan de ligger i jorden og det ser ud til at der er for mange andre forstyrrelser fra kabler, der løber tæt forbi dette hjørne, og en metal mast der også stod ved hjørnet til at der kan siges noget om dette.

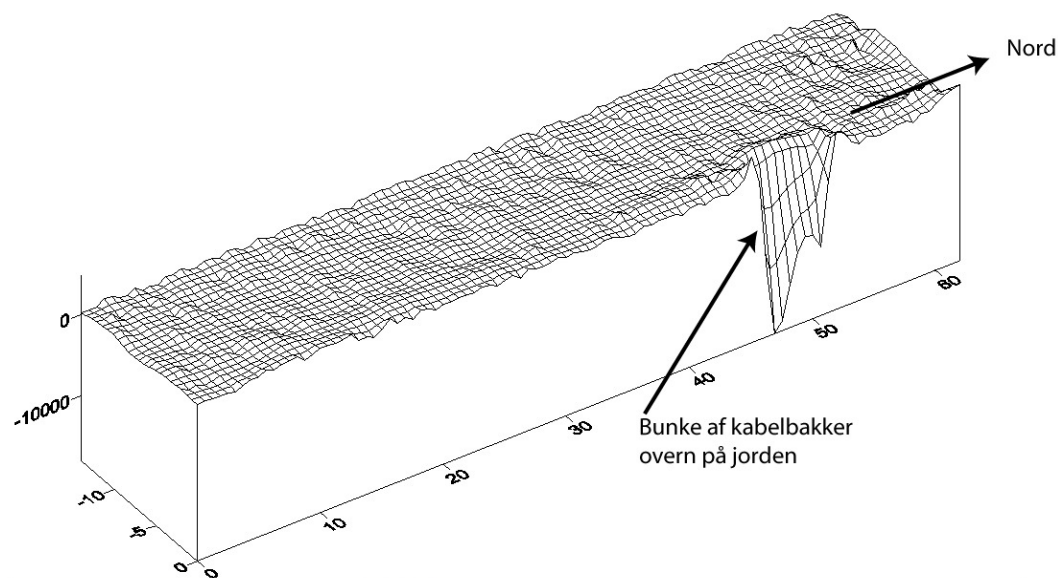


FIGUR G.1: WIRE-FRAME PLOT AF QUADRATURDELEN, H_s/H_p , FOR REKTANGEL 87 PÅ DEN SYDVESTLIGE DEL AF GRUNDEN

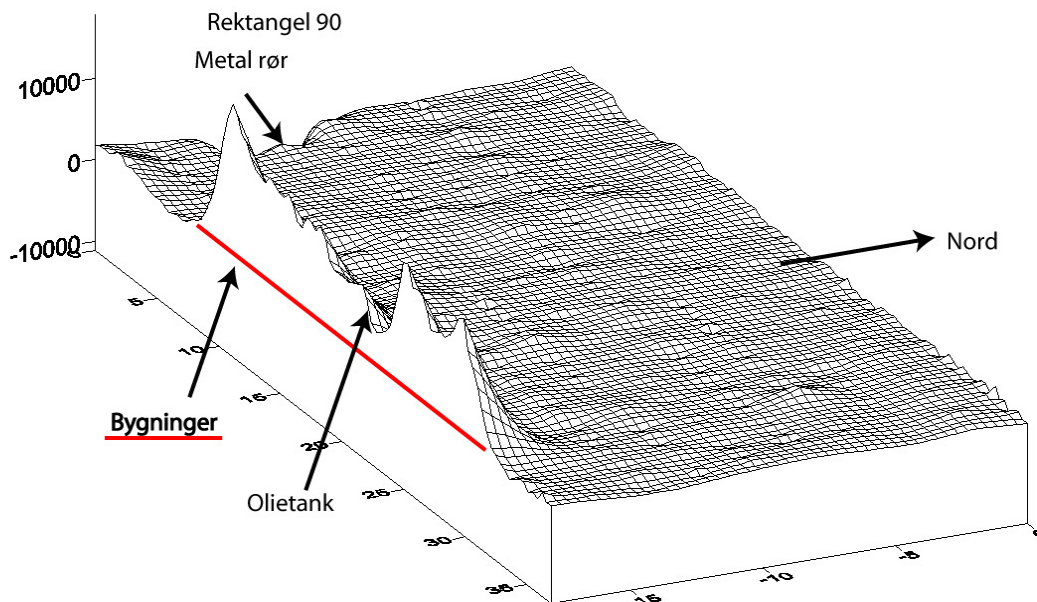
På figur G.2 er vist et plot af quadraturdelen løbende i nord-sydgående retning og som er sammenfaldende med MEP profil 2 og det geologiske profil der er lavet som konceptuel model over den geologiske lagserie.

Figur G.3 viser det rektangel der ligger inden for indhegningen. Som det ses er der ikke noget specielt at bemærke til dette resultat, bortset fra to kraftige udsving. Et i den sydlige kant som løber langs autoværkstedet, og et ved den vestlige kant hvor der lå en bunke kraftige metalrør som målingen er taget ovenpå. Som forklaret i teoriafsnittet er quadraturdelen proportional med ledningsevnen hvorfor det kan ses, at denne stiger i nærheden af værkstedet hvor der løber strøm og kabler. Samme form for *M* anomali findes også ved den bunke af kabelbakker der giver det store

udsving på denne del af grunden. Helt i den nord-østlige del af grunden er der en transformatorstation som også kan lave lidt forstyrrelser her.



FIGUR G.2: WIRE-FRAME PLOT AF QUADRATURDELEN, H_S/H_P , FOR REKTANGEL 92 PÅ DEN ØSTLIGE DEL AF GRUNDEN



FIGUR G.3: WIRE-FRAME PLOT AF QUADRATURDELEN, H_S/H_P , FOR REKTANGEL 90 PÅ DEN NORDVESTLIGE DEL AF GRUNDEN, INDEN FOR INDHEGNINGEN

Bilag H: Gas Chromatograf – vandprøver

Af nedenstående graf ses resultaterne fra analysen af vandprøverne på GC'en. Det ses at de alle sammen er meget lave. Og kun 2 af dem overstiger grundvandskvalitetskriteriet. Det bør nævnes at grundvandskvalitetskriteriet ikke nødvendigvis behøves at være overholdt så længe vandet ikke benyttes som drikkevand.

Vand				
Fraktioner	C10-25 [mg/L]	C26-35 [mg/L]	C36-40 [mg/L]	SUM [mg/L]
Grundvandskvalitets- Kriterium				0,009*
Kalibreringsstandard	20	25	15	-
Kontrol A	0	0.017	0	0.017
Kontrol B	0.003	0.003	0	0,006
Grøft 1 A	0	0	0	0
Grøft 1 B	0	0	0	0
Grøft 2 A	0	0	0	0
Grøft 2 B	0	0	0	0
Brønd overflade A	0	0.028	0.029	0,057
Brønd overflade B	0	0	0	0
Brønd renpumpet A	0	0	0	0
Brønd renpumpet B	0	0	0	0
Grav 3 A	0	0	0	0
Grav 3 B	0	0	0	0

* For C6-40 /Miljøstyrelsen 2008/