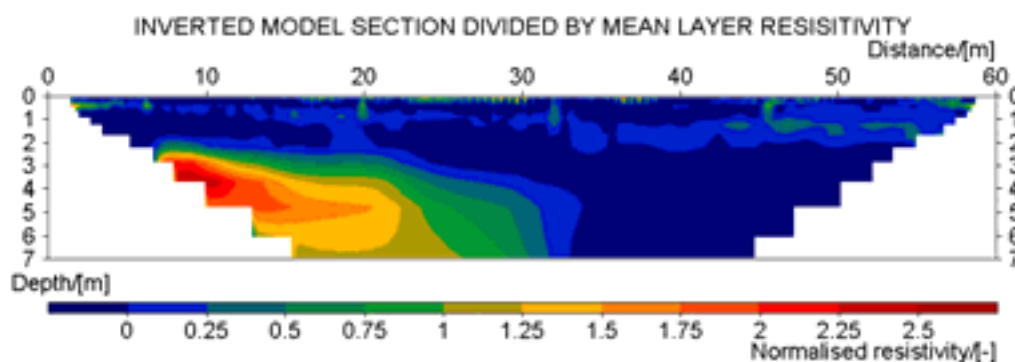


Markradar - Fältförsök

©Svenskt Gastekniskt Center – Maj 2004



Emelie Vestin, SwedPower AB
Peter Wilén, SwedPower AB
Peter Danielsson, SwedPower AB

SGC:s FÖRORD

FUD-projekt inom Svenskt Gastekniskt Center AB avrapporteras normalt i rapporter som är fritt tillgängliga för envar intresserad.

SGC svarar för utgivningen av rapporterna medan uppdragstagarna för respektive projekt eller rapportförfattarna svarar för rapporternas innehåll. Den som utnyttjar eventuella beskrivningar, resultat e.dyl. i rapporterna gör detta helt på eget ansvar. Delar av rapport får återges med angivande av källan.

En förteckning över hittills utgivna SGC-rapporter finns på SGC:s hemsida www.sgc.se.

Svenskt Gastekniskt Center AB (SGC) är ett samarbetsorgan för företag verksamma inom energigasområdet. Dess främsta uppgift är att samordna och effektivisera intressenternas insatser inom områdena forskning, utveckling och demonstration (FUD). SGC har följande delägare:

Svenska Gasföreningen, Sydkraft Gas AB, Sydkraft AB, Göteborg Energi AB, Lunds Energi AB och Öresundskraft AB.

Svensk Fjärrvärme ger ut rapporten som publikation 2004:113.

Följande parter har gjort det möjligt att genomföra detta utvecklingsprojekt:

Svensk Fjärrvärme AB
Sydkraft Gas AB
Öresundskraft AB
Lunds Energi AB
Göteborg Energi AB
AB Fortum Värme samägt med Stockholms stad
Nova Naturgas AB
Dansk Gasteknisk Center a/s
Statens Energimyndighet

SVENSKT GASTEKNISKT CENTER AB



Johan Rietz

SAMMANFATTNING

Föreliggande rapport avser delprojekt 2 av projektet mobil markradarutrustning och arbetet omfattar fältförsök av ett antal mätutrustningar. Tre markradarutrustningar har testats på olika typer av ledningar och i olika geologiska material. Av dessa är två stycken konventionella utrustningar som opererades av en geofysiker medan en (Easy Locator) är en förenklad utrustning av ”gräsklippartyp” som kan opereras av en tekniker med begränsade geofysiska kunskaper. Förutom markradarutrustningarna provades fyra kompletterande metoder.

De undersökningar som utförts visar att markradar vid goda förutsättningar fungerar väl för att upptäcka ledningar och kablar. Geologiska strukturer i jorden liksom djup till berg och grundvattenytans läge i förhållande till markytan kan också bestämmas med markradar. Metoden fungerar framför allt bra när det gäller att lokalisera ledningar i torra jordar med litet innehåll av lera och silt och utan stora mängder störande objekt så som stenar och rötter. Större betongrör på stort djup liksom även mindre tegelrör kan vara svåra att upptäcka beroende på att betong och tegel i vissa fall kan ha liknande elektromagnetiska egenskaper som jordmaterialet. Mindre kablar kan lokaliseras om de ligger ytligt och i ett för radarn gynnsamt material. Kännedom om markförhållanden är viktig vid radarmätning för att erhålla bra resultat och om förhållandena inte är gynnsamma bör en kompletterande metod användas. Alternativt utförs hela undersökningen då med en annan metod, se nedan.

Flertalet tester utfördes med antenner med en frekvens av 350-500 MHz. Om antenner med lägre frekvens används kan en djupare profil undersökas. Det bör dock observeras att mindre kablar blir svårare att urskilja när antenner med låg frekvens används.

RAMAC / GSSI

De två utrustningarna, SIR 3000 från GSSI och RAMAC X3M från MALÅGeoScience, fungerade på i stort sett samma sätt och ingen markant skillnad i prestanda kunde upptäckas vid de undersökningar som utfördes i detta projekt. Båda utrustningarna är tämligen komplexa och opererades av en geofysiker.

EASY LOCATOR

Easy Locator är uppbyggd som en gräsklippare med hjul och för en oerfaren radaranvändare är utrustningen mycket lätt att lära sig att handha i fält. Den är lätt att framföra på vägar, gräsmattor och andra släta ytor, den är däremot svårare att köra i terräng. Det är enkelt att lära sig menysystemet och att ställa in de olika parametrarna på datorn. Tolkningen av radargrammen är dock svårare att lära sig och bara vid ett fåtal av försöken sågs ledningar tydligt för det otränade ögat. Efter ett par dagars mätning och en del hjälp från geofysiker blev tolkningsförmågan bättre. Kapaciteten att lagra data är mycket begränsad. Efter mätningen kan operatören backa tillbaka en sträcka av 100 meter i radargrammet och vid nästa mätning raderas föregående mätning. Detta innebär att operatören måste uppfatta objekt direkt och markera dem i fält. Jämförelse med den konventionella utrustningen kunde färre ledningar lokaliseras med Easy Locator, detta beroende på att den konventionella utrustningen har större möjligheter att bearbeta data i efterhand

EM (Elektromagnetisk bredbandssondering)

Metoden fungerar bra till att detektera framför allt elledningar med hög spänning och även större metalledningar kunde ses i de flesta fall. Bergytans läge i förhållande till markytan under lera kunde också indikeras med metoden. Det krävs dock någon borrhning för att verifiera djupet till berg. Metodens användbarhet i urban miljö begränsas kraftigt av dess känslighet i fråga om metallföremål, elledningar och större byggnader som ger upphov till störningar.

Resistivitet

Större gasledningar i plast eller stål gav en indikation i sandigt respektive lerigt material. I vissa fall kunde även mindre ledningar som dräneringsledningar i tegel förlagda i lera indikeras. Bergytan framträdde tydligt men det krävs någon borrhning för att verifiera djupet till berg. Metoden kan användas för att detektera större ledningar i t.ex. lera. Metoden är inte lämplig för att detektera mycket små rör och är inte heller lämplig att använda i torra och sandiga jordar.

Seismik

Metoden används vid sträckningsstudier, oftast för att bestämma bergytans läge i förhållande till markytan samt för att skilja på lera, morän och friktionsmaterial. Om jordlagren består av friktionsmaterial kan även grundvattenytans läge bestämmas. Seismik fungerar lika bra för ytliga undersökningar som för djupare i jord och korrelation med t.ex. borrhning ger en bättre djupbestämning. Metoden är mycket användbar vid t.ex. projektering av ledningssträckning för styrd borrhning.

Radiometrisk kabel- och rördetektor

Metoden visade sig lämpad för att söka magnetiska föremål så som metallrör av olika slag eller kablar med ett inducerat elektromagnetiskt fält. Metoden är ej lämpad att använda på t.ex. plastledningar eller om ledningarna ligger på ett stort djup.

SUMMARY

This report describes the second part of a project on ground penetrating radar (GPR) and the investigation comprises fieldwork with a number of utilities. Three different GPR utilities were tested on different types of pipes and the tests were performed in various geological environments. Of the three utilities tested two are conventional utilities, which are operated in the field by a geophysicist while one is a simplified "lawnmower" utility, which can be operated by a technician with little knowledge of geophysics. In addition to this, four other complementary methods were tested.

The field tests show that GPR under favorable conditions can work well when it comes to identifying pipes and cables. Geological structures in the soil as well as depth to bedrock and the level of the groundwater surface in correlation to the ground surface can also be determined with GPR. The method performs particularly well when it comes to identifying pipes in dry soils with low content of clay and silt and without a large amount of disturbing objects such as rocks or roots. Larger concrete pipes on large depths as well as minor brick pipes are in some cases difficult to detect. This can in some cases be due to the similar electromagnetic character of soil, as compared to brick and concrete. Minor cables can be detected if they are located on shallow depth and in, for the radar, geologically favorable soil. In order to achieve good results, knowledge of the geological setting in which the radar testing is carried out is of great importance. If the geological setting is not favorable for radar surveying a complementary method should be applied. Alternatively the whole survey is carried out with a different method.

The majority of the tests were carried out with antennas with a frequency of 350-500 MHz. Antennas with lower frequencies are used when deeper profiles are being surveyed. It should be noted, however, that smaller cables are more difficult to detect, when antennas with lower frequencies are used.

RAMAC / GSSI

The two utilities SIR 3000 from GSSI and RAMAC X3M from MALÅ GeoScience operate in the same way and no major difference in performance has been noted in this project. Both utilities are rather complex and are operated by a physicist.

EASY LOCATOR

Easy Locator is constructed as a lawnmower with wheels and it is easy for the inexperienced user to operate the utility in the field. The equipment is easy to maneuver on roads, lawns and other flat surfaces. On the other hand it is more complicated to maneuver in rougher terrain. The menu system is easy to understand and to get used to and it is also simple to choose the different parameters in the computer. However, the interpretation of the radargram is more difficult to comprehend and only in a minority of the tests the pipe or cable could be seen clearly by the untrained eye. After a few days of training and with help from a geophysicist the ability to interpret improves. The capacity to store data is very limited. After measuring, the operator can move back in the radargram a distance of 100 meter. In the following survey the earlier radargram will be erased. This forces the operator to analyze and mark objects in the field. Additional objects could be identified with the conventional utilities using data enhancement (filtering of data) compared to what could be seen in the field on the screen of the Easy Locator only using the built in limited data enhancement.

EM (electromagnetic geophysical sensing)

The method works well to detect primarily electrical cables with high voltage. Larger metallic pipes are also detectable with this method. The level of bedrock under clay can be indicated with the method, but to verify depth to bedrock boring is needed. The usefulness of the method in urban environments is severely limited by its sensitivity for metallic objects, electrical cables and large buildings, which imposes interference on the measurements.

Resistivity

Larger plastic or steel objects were indicated in soils dominated by sand and clay. In some cases even smaller objects such as brick pipes in clay dominated soil could be identified. The bedrock surface was clearly indicated but should be correlated with borings for exact depth. The method can be used to detect larger pipes in for example clay. The method is not suitable for detection of very small pipes and not for use in sand dominated soils.

Seismic

The method is mainly used for determining the depth to bedrock (soil cover) and to distinguish between clay, till and frictional soils. If the soil contains frictional materials the ground water level can be determined. Seismic perform equally well both for deep and for shallow surveys. Correlation with boring gives a more accurate depth range. The method is for example very useful when it comes to localizing bedrock surface when planning for pipeline location for directional drilling.

Radiometry buried cable and pipe locator.

The method was shown to be useful particularly to detect magnetic objects like metallic pipes of different kinds or cables with an induced electromagnetic field. The method is not useful for detection of for example plastic pipes or for cables on large depths.

INNEHÅLL

1	Inledning	7
2	Målsättning	7
3	Projektbeskrivning	7
	3.1 Bakgrund	7
	3.2 Tester – platser, utrustningar och metoder	8
	3.3 Projektmöten	9
	3.4 Referensgrupp	9
4	Testområden och Undersökningsmetoder	10
	4.1 Testområden	11
5	Markradar - Metod och resultat	13
	5.2 RamacX3M - Malå Geoscience	14
	5.3 GSSI - SIR3000	20
	5.4 Malå geoscience - Easy locator	22
	5.5 Jämförelse mellan RAMAC X3M, SIR3000 och Easy Locator	25
6	Övriga provade tekniker - Metod och resultat	27
	6.1 EM – Elektromagnetisk bredbandssondering	27
	6.2 Resistivitet	30
	6.3 Seismik	32
	6.4 Kabel- och rördetektor	34
7	Slutsats	35
8	Bilagor	37
9	Källor	37

Förord

Föreliggande rapport avser delprojekt 2 av projektet mobil markradarutrustning. Delprojekt 1, som finansierades av Svenskt Gastekniskt Center (SGC), är redovisad i SGC Rapport 125, "Mobil Markradarutrustning – Förstudie", 2001. Resultaten visade att det inte framkommit någon utrustning som uppfyller samtliga de krav som kan ställas på en markradarutrustning för ledningslokalisering. Det gäller penetrationsförmåga, mätupplösning, lokalisering, hanterbarhet och redovisning/presentation.

Detta arbete omfattar fältförsök av ett antal mätutrustningar och har genomförts med SwedPower AB som uppdragsledare och ansvarig för genomförandet av fältstudien som helhet. Arbetet är finansierat av SGC och Svensk Fjärrvärme AB och rapporten publiceras separat av SGC och Svensk Fjärrvärme AB.

Medverkande författare till rapporten är:

Emelie Vestin, SwedPower AB

Peter Wilén, SwedPower AB

Peter Danielsson, SwedPower AB

1 INLEDNING

Föreliggande rapport avser delprojekt 2 av projektet mobil markradarutrustning, som finansieras av Svenskt Gastekniskt Center AB och Svensk Fjärrvärme AB. Arbetet har genomförts med SwedPower AB som ansvarig för genomförandet av fältförsöken som helhet.

Syftet med projektet är att utreda hur ny teknik inom geofysiska mätmetoder kan användas för ledningslokalisering och markundersökning för läggning av rörledningar i mark.

2 MÅLSÄTTNING

Målsättningen med projektet har varit att:

Utvärdera markradarmätningar för ledningslokalisering.

Detta sker genom att två olika utrustningar testas i tre olika markslag; lera, sandiga sediment och morän. I samband med testerna skall speciellt penetrationsförmåga och upplösning med olika typer av antenner utvärderas. Proven utförs i samband med pågående rörarbeten så att resultaten av undersökningarna kan vidimeras genom schaktning i samband med ledningsarbeten.

Utvärdera möjlighet till ledningslokalisering med hjälp av resistivitetsmätning.

3 PROJEKTBESKRIVNING

3.1 BAKGRUND

Markradarsystem (GPR, "Ground Penetrating Radar") används i många olika sammanhang för att erhålla information om förhållanden under markytan. Vid förläggning av olika typer av ledningar är det väsentligt att erhålla information både om markförhållanden, djup till berg, förekomst av block, schaktbarhet samt lägen för redan existerande ledningar och kablar.

Delprojekt 1 av projektet mobil markradarutrustning utfördes under 2001 och 2002 och baserades huvudsakligen på litteraturstudier och erfarenheter av olika tillämpningar av markradar samt kontakter med tillverkare och nyttjare. I projektet framkom bl.a. följande (för fullständig rapport se SGC rapport 125):

Det har inte framkommit någon särskild utrustning som uppfyller alla de önskemål som kan ställas på en markradarutrustning för ledningslokalisering. Det gäller penetrationsförmåga, mätupplösning, lokalisering, hanterbarhet och redovisning/presentation. Samtliga utrustningar, särskilt för ledningslokalisering, har en begränsad penetreringsförmåga i leriga jordar, som är beroende på typ av antenn.

För markundersökningar med konventionell markradar har under senare år utveckling av nya antenner skett. Särskilt utveckling av antenner med lägre frekvenser ger ökade möjligheter för praktiska tillämpningar under svenska förhållanden.

När det gäller andra geofysiska metoder är det främst resistivitetsmätning som är lämpligt för markundersökning. Under senare år har mer lättanvända system utvecklats som uppfyller flera önskade krav enligt ovan. Möjligheter till ledningslokalisering bör undersökas.

Sedan ett par år genomförs ett omfattande markradarprojekt inom EU, GIGA (Ground penetrating Innovative Research for highly reliable robustness/accuracy GAs pipe detection/location (www.giga-radar.info)). Här finns intressanta resultat från ett aktuellt större europeiskt samarbetsprojekt om markradar för ledningslokalisering.

3.2 TESTER – PLATSER, UTRUSTNINGAR OCH METODER.

Önskemål har framförts om en utrustning för ledningslokalisering som mäter med flera antenner samtidigt för noggrann lokalisering av ledningar. Det skulle även vara möjligt att koppla en GPS till utrustningen för att överföra mätdata direkt i en koordinatsatt ritning samt att direkt presentera data i 3D. En utrustning med dessa egenskaper finns inte att tillgå på marknaden i dagsläget. Fältförsöken har istället fokuserat på att testa några olika markradarutrustningar samt kompletterande utrustningar som kan användas då förhållandena inte är gynnsamma för radarmätning.

För ledningslokalisering har tre olika utrustningar testats i fält, varav en är en lättanvänd ”gräsklipparmodell”. Utrustningarna kommer från två olika tillverkare. Olika antenner har provats med dessa utrustningar. Försök med utrustning som mäter med fler än en antenn samtidigt har inte utförts eftersom det inte visat sig finnas lämplig sådan att tillgå.

Förutom markradar har fyra andra metoder för markundersökningar och ledningslokalisering provats. Dessa är resistivitetsmätning, elektromagnetisk bredbandssondering (EM) samt utrustning för seismik, en mindre test med radiometrisk kabel- och rördetektor har också utförts. Resistivitetsmätningar var inplanerade från början i projektet, men de övriga tre metoderna har initierats under arbetet. Motivet till detta är framför allt att komplettera markradarundersökningarna som gav ett något varierande resultat vid olika markförhållanden.

Fälttesterna har utförts på olika platser både i naturmark och stadsmiljö och under olika geologiska förhållanden. Testerna har utförts med olika utrustning samt för markradar med olika antenner för att undersöka vilken utrustning som lämpar sig vid olika tillfällen. Exempel på presentation av mätdata återfinns i resultat kapitel 5.

3.3 PROJEKTMÖTEN

Två projektmöten har hållits med deltagande från referensgruppen för projektet. Vid flera tillfällen har funnits möjligheter för referensgruppen att vara med vid olika testplatser. Följande frågeställningar har framkommit i projektmöten:

- Vilka ledningsmaterial kan ses med radarn?
- Vilka jordmaterial ger dålig djuppenetration för radarn?
- Utprovning av GPS-koppling och överföring till CAD system.
- Utarbeta mätstrategier för olika miljöer.

Användningsområden:

- Att hitta ledningar som man ”tappat bort”.
- Att hitta ledningar och andra hinder för projektering för att t.ex. säkerställa att det är möjligt att trycka under en gata.
- Möjlighet till arbete i både plan och profil.

3.4 REFERENSGRUPP

Referensgruppen för projektet är sammansatt av följande medlemmar:

Anders Tvärne - Svensk Fjärrvärme AB
Anna Karlsson – Nova Naturgas AB
Anna-Kajsa Ström – AB Fortum Värme
Bo Andersson - Göteborg energi AB
Erik Wasell – Svenska Gasföreningen
Håkan Haglund – Sydkraft Gas AB
Jan Lindeberg – Öresundskraft AB
Owe Jönsson – Svenskt Gastekniskt Center AB

4 TESTOMRÅDEN OCH UNDERSÖKNINGSMETODER

Alla utrustningar har inte provats på alla platser, det innebär att det inte går att jämföra alla mätningar och utrustningar direkt. Däremot finns en strategi i val av platser och metoder för att möjliggöra utvärdering. Av tabell 4.1 framgår var respektive mätmetod använts. De seismiska undersökningarna har tidigare utförts i lerjordar i Bohuslän inom ett annat projekt.

Plats\Utrustning	Markradar RAMAC X3M-MALÅ GeoScience	Markradar Easy Locator - MALÅ Geo- Science	Markradar SIR3000/ SIR2 - GSSI	EM GEM-2- Geophex	Resistivitet ABEM Lund Imaging Sys- tem	Radiometri RD400PXL-2 Precision Locator - Radiodetection
Göteborg Rya, Stads- miljö. Gas & div. lednin- gar i sand/fyllnadsmaterial	X	X	X			X
Göteborg vägmot, Stads- miljö. Sandmaterial	X	X		X		
Bohuslän Dräneringsledningar lera	X	X	X	X	X	
Bohuslän, Stadsmiljö. Gas, fjärrvärme & bergyta i lera	X	X	X	X		
Varberg, Stadsmiljö. Industriomr. & div. led- ningar i sand		X	X	X		X
Falkenberg, Bensin - gasmack sandmaterial		X	X	X	X	
Landskrona Dräneringsledningar moränlera		X	X		X	
Malmö, Stadsmiljö Stadsmiljö med sand & fyllnadsmaterial		X	X			
Gislaved, Stadsmiljö Väggkorsning & morän	X					

Tabell 4.1 Mätplatser och mätmetoder

Testområden beskrivs i kapitel 4.1 och testade utrustningar beskrivs i kapitel 5 och 6.

4.1 TESTOMRÅDEN

Testområdena valdes i syfte att utföra testerna i olika geologiska miljöer samt undersöka olika typer av ledningar. Viktigt för undersökningsområdena var även att tillförlitligt kartunderlag eller andra uppgifter om ledningars läge var tillgängligt.

I samband med förläggning av en gasledning mellan Rya (på Hisingen) och Stenungsund under 2003 gavs möjlighet att prova utrustning i några olika miljöer.

4.1.1 Göteborg Rya

Området ligger på Hisingen i norra Göteborg och utgörs av fyra delområden som till största delen består av industrimark och vägar. Jordmaterialet utgörs huvudsakligen av sand med inblandning av fyllnadsmaterial. Området var intressant då en gasledning skulle anläggas genom området och det därigenom, då schakten stod öppna, var möjligt att se hur ledningar och andra föremål var förlagda i marken.

4.1.2 Göteborg vägmot

I Göteborg undersöktes tre vägmot. Dessa områden var intressanta eftersom jordmaterialet består av sand vilket är fördelaktigt för markradarundersökningar. Marken täcktes till största delen av gräsytor och vägar.

4.1.3 Bohuslän-dräneringar

I Bohuslän undersöktes två leråkrar, den ena med glacial lera och den andra med post-glacial lera. Området var intressant eftersom lera är en vanligt förekommande jordart i regionen samt för att det är vanligt att förlägga ledningar i lera. I de utvalda områdena fanns dessutom god kunskap om dräneringsrörens material och positioner i x, y, z- led. Tidigare undersökningar visar att markradarundersökning i leriga områden vanligtvis inte ger goda resultat. Det var därför intressant att jämföra resultaten från radarmätningar i lera med andra kompletterande metoder.

4.1.4 Bohuslän ledningar och berg

Två leråkrar i Bohuslän undersöktes, den ena med glacial lera och den andra med post-glacial lera. Området var intressant eftersom lera är en vanligt förekommande jordart i regionen och för att det är vanligt att förlägga ledningar i lera. I områdena fanns dessutom god kunskap om djup till berg. Tidigare undersökningar visar att markradarundersökning i leriga områden vanligtvis inte ger så goda resultat. Det var därför intressant att jämföra resultaten från radarmätningar i lera med andra kompletterande metoder.

4.1.5 Varberg

Ett industriområde med sandigt jordmaterialet i Varberg undersöktes. Området var intressant eftersom det här finns en hel del ledningar av olika slag. Markytan är asfalterad och ledningarna är; gasledningar, el-högspänning och normalspänning, optokablar, vatten och avlopp. Dessutom hade kommunen god kännedom om ledningarnas läge i x, y, z-led.

4.1.6 Falkenberg

Ett område med sandmaterial intill en bensinmack utanför Falkenberg undersöktes. Området var intressant på grund av att två gasledningar med olika dimensioner och olika material passerar genom området.

4.1.7 Landskrona

Utanför Landskrona vid Weibulls planteringar undersöktes en åker med dräneringar. Jordmaterialet är moränlera med inslag av sand och silt. Området var intressant eftersom dräneringar i denna typ av mark kan behöva korsas vid ledningsförläggning. I området finns ett flertal dräneringsrör vilkas positioner i x, y, z- led var väl kända. Tidigare undersökningar visar att markradarundersökning i leriga områden vanligtvis inte ger så goda resultat. Det var därför intressant att jämföra resultaten från radarmätningar i moränlera med andra kompletterande metoder.

4.1.8 Malmö

I ett radhusområde i Malmö undersöktes gasledningar av olika material och dimension och av olika ålder. Jordmaterialet är fyllnadsmaterial och sand och marken är asfalterad. Området var intressant eftersom det här finns en mängd olika ledningar i stadsmiljö. De mindre ledningarna intill varje hushåll är av plast medan de större ledningarna är av stål. Här finns även äldre ledningar i gjutjärn som tagits ur bruk.

4.1.9 Gislaved

Tre olika testområden i och på gränsen till Småland undersöktes i samband med projektering av en gasledning. I Hestra undersöktes en gatukorsning med elkablar och Va-ledningar. Marken är delvis gräsbevuxen och delvis asfalterad och jordmaterialet under vägkroppen är troligen morän. En grusväg intill en transformatorstation undersöktes också. Jordmaterialet är morän och marken är naturmark samt grusmaterialet på vägen. I och parallellt med vägen finns flera elkablar.

I Nittorp undersöktes geologin vid en å. Marken är naturmark och stig och jordmaterialet är i det ena fallet morän och i det andra fallet isälvsediment. Främst undersöktes jordlagerföljden för en passage av ån och i övrigt undersöktes två kablar intill en väg.

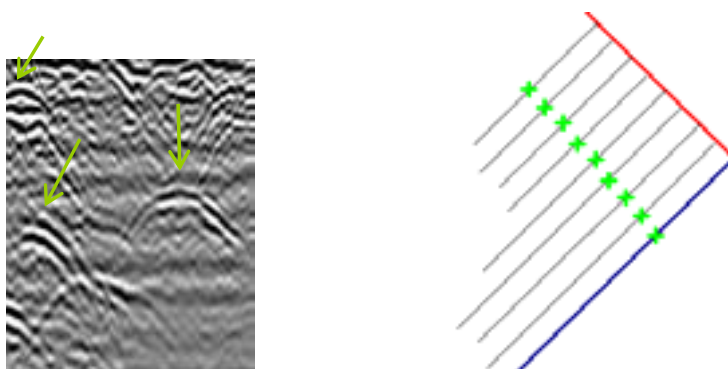
5 MARKRADAR - METOD OCH RESULTAT

5.1.1 Metod

Markradar arbetar med elektromagnetiska vågor med mycket hög frekvens, av storleksordningen 40 MHz-2,5 GHz, vilket möjliggör undersökning av framför allt hur den relativa dielektricitetskonstanten varierar i marken. En elektromagnetisk våg utsänds från en radarantenn belägen på markytan. Om radarvågen på sin väg ned i marken stöter på en elektrisk reflektor kommer delar av vågenergin att reflekteras åter mot markytan. Den del som inte reflekteras fortsätter nedåt, till nästa reflektor eller till dess att energiförlusten blivit så stor att vågens energi till stor del försvunnit. Tiden från utsändning till dess att vågen återvänder bestäms. Djupet till en reflektor kan i många fall beräknas med god precision, men kräver i regel någon form av kalibrering.

En elektrisk reflektor utgörs av gränssytan mellan två volymer med skilda elektriska och magnetiska egenskaper, ju större skillnad mellan egenskaperna desto kraftigare reflektor. Återreflexen av radarvågen kan ses som en bågformat mönster, en så kallad hyperbel i radargrammet, se figur 5.1. Val av frekvens baseras på vilket djupintervall man vill undersöka och detaljupplösningen. En lägre frekvens ger större djupkänning men sämre detaljupplösning. För en mer utförlig metodbeskrivning se SGC rapport 125.

Det bör observeras att objekt, oavsett om det är stenar eller andra föremål såsom ledningar och tunnor, ger liknande hyperbelformade reflexer. För att säkerställa att identifierade hyperbler härrör från ett utsträckt objekt, t.ex. en ledning, bör ett flertal parallella linjer mätas, där de olika hyperblerna sammanfaller, se figur 5.1. Det bör observeras att tydligast hyperbel fås om ledningen passerar vinkelrätt. Fältmätningarna går mycket fort att utföra med markradar förutsatt att mätområdet är utmärkt i förväg. Radartolkningen tar i jämförelse med fältdelen lika lång eller längre tid att genomföra.



Figur 5.1. Exempel på hyperbler samt skiss över hur mätlinjer kan läggas upp. Den röda linjen är startlinje, de grå är radarprofilerna och de gröna kryssen motsvar identifierade hyperbler.

Markradar är lämplig att då jordmaterialet är tämligen torrt och innehållet av lera och silt är litet. Ett högt innehåll av ler och silt samt vatten och salt ger kraftigt minskad penetration av radarvågen och därmed minskar chansen att urskilja föremål i marken. Förekomst av stora mängder sten så som i morän eller trädrötter leder till att radarbilden blir brusig och försämrar därmed chansen att urskilja föremål.

5.2 RAMACX3M - MALÅ GEOSCIENCE

5.2.1 Utförande

Markradarundersökningar genomfördes som ett metodtest vid två tillfällen under 2003. En undersökning utfördes under sommaren 2003, dels i Göteborg (4 områden), dels i Hestra (2 områden) och Nittorp (1 område). En andra undersökning utfördes under november 2003, dels i Göteborgsområdet (6 områden) och Bohuslän (1 område).

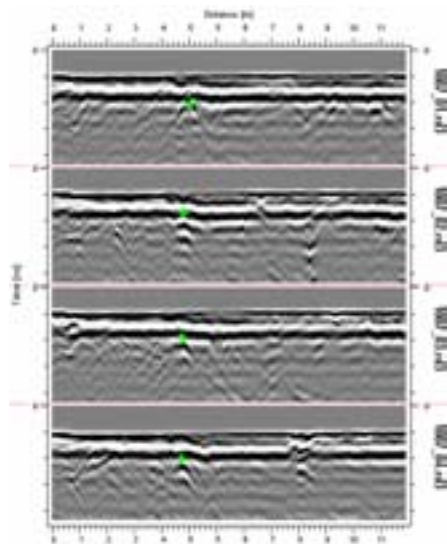
Syftet med undersökningen var att kartlägga bergytan, nedgrävda objekt i form av olika typer av kablar och ledningar i olika geologiska miljöer inför framtida ledningsdragningar samt att prova utrustningens hanterbarhet. Undersökningarna utfördes dels i för radarn lämpliga material så som sand och dels i för radarn olämpliga miljöer så som lera.

Utrustningen som användes var MALÅ GeoScience:s radarutrustning RAMAC X3M i kombination med 500 MHz skärmade antenner. En del av mätningarna gjordes även med skärmade 250 MHz eller 800 MHz antenner samt RAMAC Monitor för datainsamling, se figur 5.2 samt bilaga 1. Mätningarna tolkades av personal från Raycon och personal från SwedPower kontrollerade därefter hur väl tolkningen stämde med kartor över området.

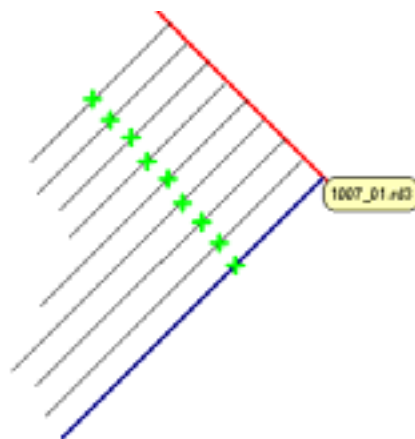


Figur 5.2. MALÅ GeoScience:s radarutrustning RAMAC X3M i kombination med 500 MHz samt RAMAC Monitor för datainsamling.

Resultaten från markradarundersökningen kan redovisas i en tabell där djup och position (antal meter från profilens startpunkt) till de olika objekten redovisas. Om markradarmätningarna genomförs relativt tätt (0.5 till 1 m mellan profilerna) kan även en enklare 3D redovisning tas fram, där de olika objekten tolkats in, se figur 5.3 och 5.4.

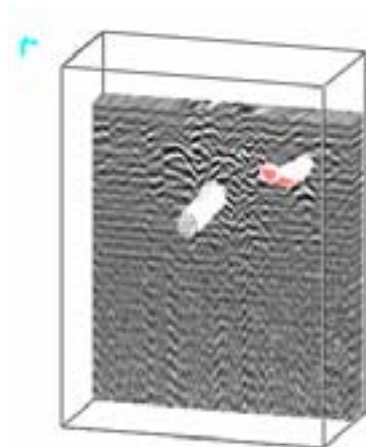


Profilerna 1007_01 till 04

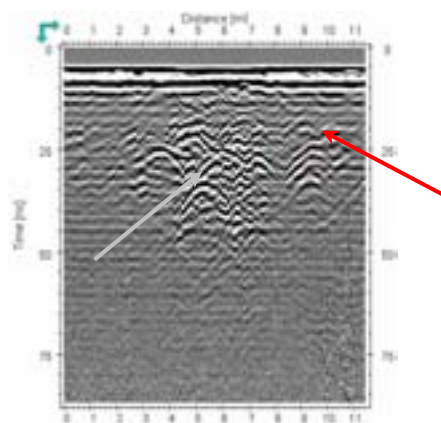


Skiss över mätområde 1007 med tolkade objekt. Det röda strecket representerar räcket längs med gångvägen.

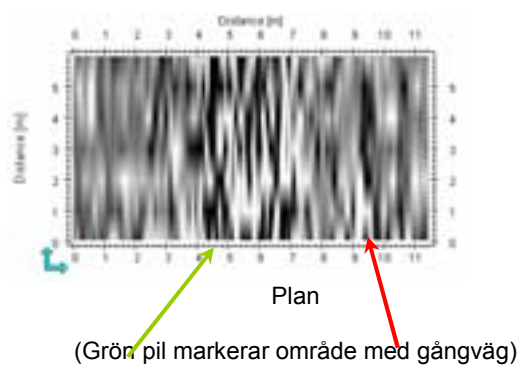
Figur 5.3. Redovisning av profiler och skiss över ett mätområde på Hisingen med inlagda resultat.



Huvudvy

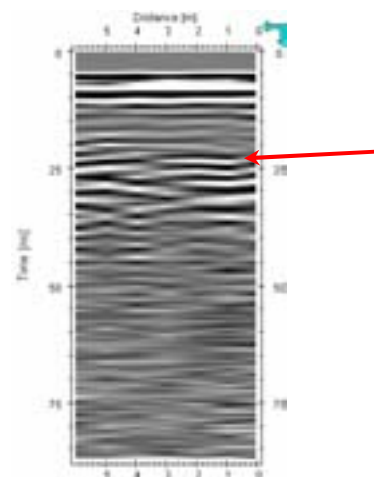


Framsida



Plan

(Grön pil markerar område med gångväg)



Sida

Figur 5.4. Redovisning i 3D modell över ett mätområde på Hisingen. Två av fyra ledningar är identifierade och markeras som rör i huvudvyn samt med pilar i Framsida, Plan och sida.

Det finns även möjlighet att koppla en GPS eller DGPS till radarutrustningen och därigenom direkt få koordinater för objekt längs profilen.

Markradarmätningarna genomfördes som enskilda profiler. Mellan mätpunkterna i profilen hölls ett avstånd om 2 till 5 cm. För att säkerställa att identifierade hyperbler härrör från ett utsträckt objekt, t.ex. en ledning, bör ett flertal parallella linjer mätas, där de olika hyperblerna sammanfaller. Det bör observeras att tydligast hyperbel fås om ledningen passerar vinkelrätt.

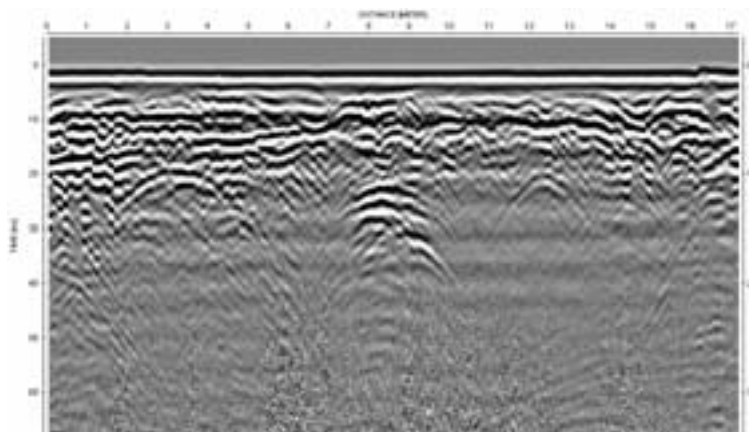
Samtidigt med markradarmätningarna genomfördes en DGPS inmätning som gav en position för varje enskild radarmätning (varje radartrace) med en noggrannhet om 0,5 till 1 m. Det bör dock observeras att GPS antennen ej satt på radarantennen, utan på operatören vilket ger en position som är ca 50 till 70 cm missvisande. För noggrann positionering är det dock inga problem att fästa GPS antenn direkt på radarantenn

5.2.2 Resultat och erfarenheter

Markradarmätningarna gav goda resultat i de flesta av de undersökta områdena. I några områden var resultaten dock sämre. Mätningarna gick mycket fort att genomföra i fält, förutsatt att områdena var markerade och röjda innan mätning påbörjades. Utrustningen var smidig att hantera och föra över markytan. Det var även mycket enkelt att hantera datordelen för att ställa in olika parametrar och att spara mätdata. Batterierna räckte till för att genomföra mätningar under en dag. Den effektiva mättiden uppgick dock endast till ett par timmar.

Flertalet kablar och ledningar som fanns med på ritningarna återfanns med radarn. Ytligare liggande rör av metall kunde identifieras utan problem i fält t.ex. gasledningar i stål med en meters täckning. Även elkablar med högspänning kunde identifieras. Om ledningarna är små och jordmaterialet innehåller en del stenar kan de dock döljas av brus i radargrammet.

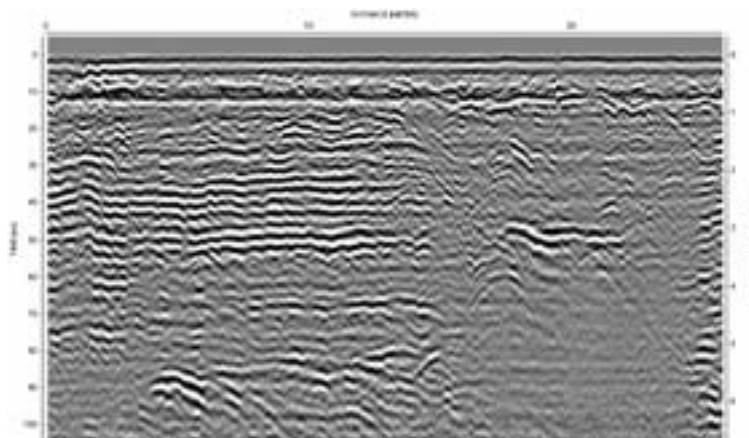
Mindre kablar så som tele och elkablar kunde identifieras i vissa fall men inte i andra, se figur 5.5. Större knippen av t.ex. teleledningar eller optiska kablar kan identifieras då de bildar en grupp av mindre hyperbler. I många av profilerna är jorden omgrävd. Detta kan vara en ledtråd till var ledningar lagts ner men ger ofta även ett stökigare radargram med många små hyperbler från sten och annat.



Figur 5.5. Profil från Sandarna (vägmot med sand i Göteborg). Profil över sammanlagt 7 st. ledningar förlagda i sand. En gasledning i stål, två st. högspänningskablar, avloppskulvert, avlopp samt vatten och avlopp. De fem första ledningarna syns tämligen bra i radargrammet och kunde pekas ut medan de två sista ledningarna (vatten och avlopp) inte sågs. Djuppenetrationen är endast 2 meter.

Det bör dock tilläggas att det i de flesta profiler även markerades flera andra objekt som inte är rör eller kablar. Om dessa är stenar eller andra ledningar går inte att avgöra i en profil vilket i en situation där ledningar ska identifieras kan ställa till besvär. Detta kan dock motverkas genom att flera parallella profiler görs. Då kan återkommande objekt dras samman till ledningar och punktojekt uteslutas.

Vid några platser kunde stora föremål som kulvertar med en diameter över 1 meter beläggna på ett tämligen stort djup $>1,5$ m inte identifieras direkt i fält. Detta trots att de i ett par fall var belägna i sandiga områden. I vissa fall syntes spår av grävning och efter vidare bearbetning av data kunde kulverten identifieras, se figur 5.6. I andra fall kunde inte kulverten identifieras på radargrammet trots vidarebearbetning av mätdata.



Figur 5.6. Profil från Lärjemotet (vägmot med sand utanför Göteborg). I profilen finns en betongkulvert med diametern 1 m. I fält syntes inga tydliga indikationer på ledningarna men efter vidare bearbetning syns ett tydligt lager vid ca 20 m på ett djup av 3 m.

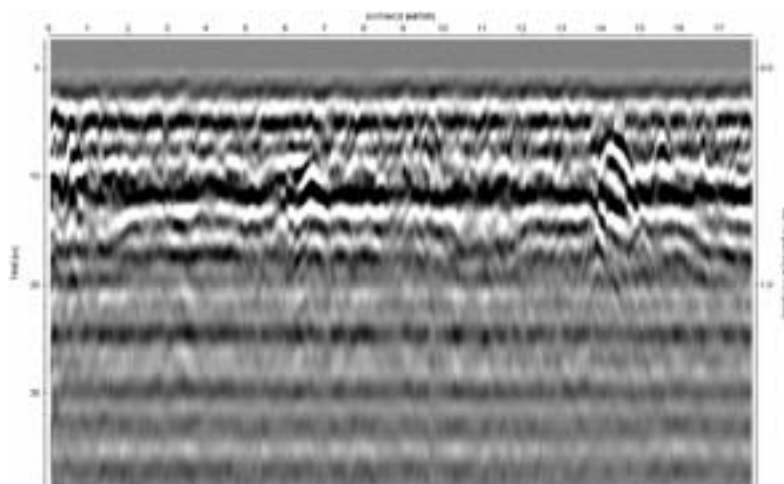
Vid ett par platser gjordes undersökningar tvärs en gasledning utan att denna kunde urskiljas i radargrammet. I ett fall fanns inga antydningar till hyperbler i radargrammet ens efter vidare bearbetning av mätdata. Det dåliga resultatet beror troligen på att profilen ligger alldeles intill en väg och att jorden innehåller mycket vägsalt.

Ett par av mätningarna utfördes i Bohuslän i områden med lera. En åker med tegeldrängeringar med en diameter av ca 10 cm på 80 cm djup undersöktes, se figur 5.7. Ett fåtal indikationer på drängeringarna kan ses i profilen men de ligger enligt radarn på ca 50 cm djup, se figur 5.8.



Figur 5.7. Leråker på Norra Hisingen med ett öppet schakt för gasledning. I schaktet är två drängeringar markerade med röd färg. Radarprofil togs längs med schaktkant.

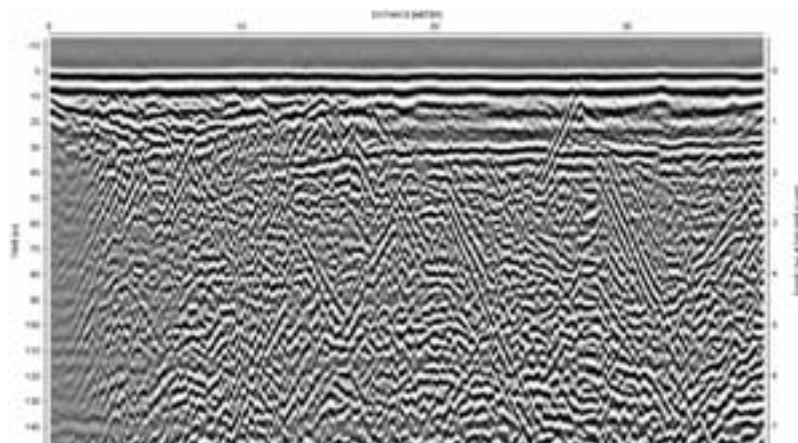
Direkt i fält var radargrammet än mer otydligt. Det dåliga resultatet beror dels på att lera kraftigt dämpar radarvågen samt att lera och tegel har liknande elektriska egenskaper och därmed ger en liten kontrast i dielektrisk potential och följaktligen liten återreflex.



Figur 5.8. Två drängeringar syns vid ca 6,5 m och 14 meter på omkring 0,5 meters djup.

Bergytan undersöktes på ett par ställen och i de fall där jordmaterialet inte är för rikt på lera eller sten kunde bergytan följas från markytan och ner till ca 3-4 meter. I ett område med fyllnadsmassor på berg kunde bergytan endast urskiljas ner till ca en halvmeter innan den helt skymdes av bruset från det omgrävda steniga materialet. Geologisk lagerföljd undersöktes vid ett tillfälle med tämligen gott resultat. Även grundvattenytan kan ofta ses i profilen men kan vara i vissa fall vara svår att skilja från strukturer i jordlagerföljden. För att närmare bestämma djup och materialegenskaper måste profilen korreleras mot t.ex. en borrhning.

I de fall där resultatet blev mindre tillfredsställande beror detta till stor del på jordmaterialets stora innehåll av silt och lera vilket kraftigt begränsar radarvågornas djuppenetration. Vägsalt samt saltinnehållet i lera kan också verka begränsande för radarvågorna. Ett allt för stort vatteninnehåll i jorden är också negativt vid markradarmätningar. I morän och isälvsmaterial med mycket sten är det också svårt att urskilja objekt som t.ex. ledningar från stenar. Även trädrötter kan ge upphov till hyperbler som skymmer de sökta objekten, se figur 5.9.



Figur 5.9. Profil från Nittorp i skogbevuxet område med jordmaterial av isälvsmaterial.

Beroende på vad syftet är med undersökningen kan resultaten av radarmätningen redovisas på olika sätt. I vissa fall kan det räcka att direkt i fält markera var objekt finns. I det flesta fall fungerar det bra att utgå ifrån en känd start och slutpunkt och därefter ange längdmätningen i profilen. Under undersökningen utprovades även en GPS-koppling. GPSen kan programmeras att ge koordinater till start och slutpunkter eller för varje mätning i profilen. GPS-mottagaren kan monteras direkt på radarantennen. Testet av GPS-kopplingen fungerade bra.

5.3 GSSI - SIR3000

5.3.1 Utförande

Markradarundersökningar genomfördes som ett metodtest under december 2003. Syftet var att kartlägga bergytan, nedgrävda objekt i form av olika typer av kablar och ledningar i olika geologiska miljöer samt att utprova hur lätthanterad utrustningen är. Mätning har utförts på 7 olika lokaler från Malmö i söder till Kungälv i norr. De olika lokalerna är belägna i olika geologiska miljöer. Undersökningarna utfördes dels i för radarn lämpliga material så som sand och dels i för radarn olämpliga miljöer så som lera.

För mätningarna har använts markradar SIR3000 och SIR2 med 400 och 900 MHz antenn från Geophysical Survey System INC. USA se figur 5.10 och 5.11 samt bilaga 2. Mätning utfördes i sektioner på respektive mätlokal. Mätningarna tolkades av personal från GRADAR GEOFYSIK och personal från SwedPower kontrollerade därefter hur väl tolkningen stämde med kartor över området. Ett exempel på mätresultat kan ses i figur 5.12.



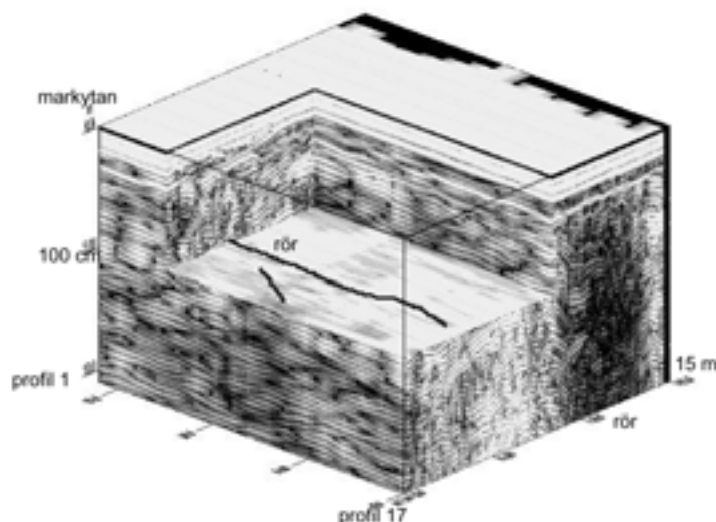
Figur 5.10. Till höger GSSI-SIR3000 med en 400 MHz antenn och till vänster Easy Locator med skärmd antenner 500 MHz.
Figur 5.11. GSSI-SIR3000 monitor.

5.3.2 Resultat och erfarenheter

I stadsmiljö i Malmö undersöktes plast, stål respektive gjutjärnsledningar. Jordmaterialet i gatan är fyllnadsmaterial och sand. Plastledningarna syntes tämligen tydligt och ungefär 8 av 10 ledningar kunde ses direkt förutsatt att de korsades i 90 graders vinkel. Även stålledningarna syntes bra men i något fall syntes ingen tydlig hyperbel utan en mera suddig form. Vid undersökning ca 45 grader mot ledningen bildar hyperblerna från ledningarna en mer utdragen form. Detta gör dem i vissa fall markant svårare att upptäcka. Gamla gjutjärnsledningarna kunde inte ses.

En gasledning i plast med en diameter av 54 mm på ca 1 m djup i ett sandigt material i Falkenberg undersöktes. Ledningen syntes mycket svagt och hade missats till och med om den korsades i 90 grader. Jordmaterialet var tämligen nyschaktat och blött när undersökningen utfördes.

I stadsmiljö med sandigt jordmaterial undersöktes ett område med en mängd olika ledningar. I omkring hälften av fallen syntes ledningarna bra när de undersöktes var och en för sig. Optokabel i skyddsrör kunde ses liksom VA ledning och gasledning i plast. I en 3D modell av området med mycket ledningar av olika slag syns flera ledningar som svaga hyperbler. Dessa hade inte kunnat urskiljas om kännedom om ledningarna inte funnits. De ledningar som kunde identifieras var en gasledning samt två VA-ledningar. Elledningar som fanns strax intill kunde inte urskiljas.



Figur 5.12. 3D modell över ett gatuavsnitt i Varberg. Tre knippen med rör har lokaliserats men inte de enskilda ledningarna.

I lera utanför Göteborg kunde dräneringsrör i tegel med en dimension av 12 cm ses men inte mindre dräneringsrör. Gasledningen i stål med 400 mm dimension syntes ibland som en svag hyperbel men oftast var den mycket svag. Ledningarna sågs sällan riktigt tydligt utan i de flesta fall detekterades de istället genom att föraren försökte se var lagerföljden var störd på grund av schaktning.

Gasledningen av plast förlagd i lera med dimensionen 300 mm syntes mycket otydligt och kunde främst upptäckas som en störning i lagerföljden. I de fall den var förlagd med styrd borrhning, det vill säga där lagerföljden ej störts, gick den inte att upptäcka. Bergytan under leran syntes tydligt men försvann vid ca 1,5 m. Efter bearbetning av data kunde den i vissa fall ses ner till 2,5 m.

Dräneringar i siltig moränlera utanför Landskrona undersöktes. I detta material kunde en betongbrunn urskiljas tämligen väl. Av betongrör med diametern 110-150 mm på ca 100-120 cm djup sågs de flesta. Av dräneringar i tegel med dimension ca 80 mm på djup 80-100 cm kunde endast 1 av 6 urskiljas.

5.4 MALÅ GEOSCIENCE - EASY LOCATOR

5.4.1 Utförande

Undersökningar genomfördes som ett metodtest vid ett flertal tillfällen under november och december 2003. Syftet med testet var att se hur lätt denna utrustning var att använda för en tekniker utan särskilda kunskaper i geofysik samt hur väl den fungerade för att kartlägga berg och nedgrävda objekt i form av olika typer av kablar eller ledningar i olika geologiska miljöer.

Utrustningen som användes var MALÅ GeoScience:s radarutrustning Easy Locator med skärmade antenner med 350 och 500 MHz samt RAMAC Monitor för datainsamling, se figur 5.13 samt bilaga 3. Utrustningen är monterad på en vagn så att den påminner om en gräsklippare. Mätningarna tolkades av personal från SwedPower. Vid samtidig mätning med annan markradarutrustning gjordes även tolkning av geofysiker.



Figur 5.13. Markradar av "gräsklippartyp". Easy Locator med skärmade antenner 500 MHz samt RAMAC Monitor för datainsamling. Här syns en elkabel.

Metoden för mätning med Easy Locator är samma som för en konventionell markradar som RAMAC. Även antennerna och monitorn är samma som för en RAMAC. Det som framför allt skiljer Easy Locator från en RAMAC-utrustning är att det inte går att lagra eller tanka över data. Det är inte möjligt att koppla någon GPS till utrustningen utan föraren måste markera objekt i fält.

För att använda utrustningen behöver föraren framför allt veta om jordmaterialet är lämpat för radarmätning, se 5.1.1. Med kännedom om jordmaterialet kan föraren ställa in rätt hastighet för beräkning av djup i radargrammet. De olika parametrarna ställs enkelt in med ett par knapptryckningar på monitorn och därefter är utrustningen klart att använda, se bilaga 4. De tre viktigaste parametrar som ställs in är:

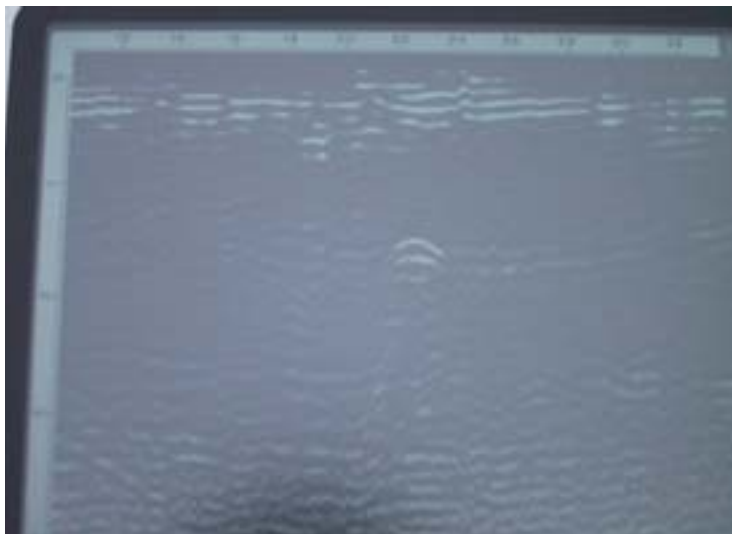
- Jordtyp: Här väljer föraren mellan Slow soils (Wet), Average soils och Fast soils (Dry). Denna inställning ger en hastighet för jorden och utrustningen tar med hjälp av denna fram det djup som presenteras i radargrammet.
- Färg: radargrammet kan presenteras i olika färgsättningar och genom att byta mellan olika färger och svart vit presentation kan vissa föremål framträda tydligare.
- Djup: Här kan föraren välja mellan en högre upplösning av radargrammet t.ex. ner till 1,5 meter eller lite lägre upplösning ända ner till 3,6 meter samt 6,4 meter.

Filtrering av radardata, det vill säga bearbetning av mätdata, kan göras på monitorn så att en del av bakgrundsbruset plockas bort och starka sammanhängande hyperbler kan ses tydligare. Det är även möjligt att förstärka de signaler som kommer från störst djup och eftersom dessa signaler ofta är svaga då energin har minskar på vägen genom marken kan detta ge ytterligare information. Kontrasten på skärmen kan också varieras så att t.ex. de kraftigaste hyperblerna i radargrammet framträder tydligare.

Vid markradarundersökning är det viktigt att arbeta metodiskt och i möjligaste mån undersöka linjära objekt genom att korsa dem vinkelrätt. I de fall där det är okänt om några objekt finns i marken måste den aktuella ytan undersökas i ett rutmönster med profiler åt ena hållet och sedan åter undersökas i profiler vinkelrätt mot de första, se bilaga 4.

5.4.2 Resultat och erfarenheter

För en oerfaren radaranvändare är utrustningen mycket lätt att lära sig att handha i fält. Den är lätt att framföra på vägar gräsmattor och andra släta ytor. Däremot är den svårare att köra i terräng där det är tätt mellan träd och buskar samt på leriga åkrar eller ängar med större tuvor. Det är enkelt att lära sig menysystemet och att ställa in de olika parametrarna på datorn. Tolkningen av radargrammen är dock svårare att lära sig och bara vid ett fåtal av försöken sågs ledningar tydligt för det otränade ögat, se figur 5.14. Efter ett par dagars mätning och en del hjälp från mätpersonal från Raycon blev lättare att tolka data och att identifiera olika objekt.



Figur 5.14. Bild av Easy Locators monitor. Här kan en hyperbel från en gasledning i stål på ca 1,2 meters djup tydligt urskiljas.

En fjärrvärmeledning undersöktes på fyra ställen längs en grusväg och kunde identifieras vid två av mätplatserna. De ställen där ledningen inte kunde identifieras var marken nyligen schaktad och materialet tämligen blött vilket troligen bidrog till det dåliga resultatet.

Gasledning av stål har undersökts vid ett flertal platser i olika jordmaterial. Ledningen ligger på ett djup av 1-1,5 meter. I sandigt material syns ledningen i de allra flesta fall bra. I lera syntes ledningen inte. Vid ett par platser har ledningen inte gått att urskilja trots att jordmaterialet inte varit lerigt.

Vatten och avloppsledningar i mark syns vanligtvis ganska bra då de ligger grunt. Kulvertar med t.ex. vatten och avlopp på större djup kunde ses mera sällan. Några av dessa kulvertar sågs dock efter vidare processering av mätdata i den konventionella radarutrustningen.

Dräneringar i lera kunde ses i vissa fall om diametern var ca 12 cm men dåligt om diametern var mindre än ca 10 cm. Högspänningsledning kunde identifieras i flera fall medan en ensam optokabel inte kunde ses. Däremot kunde knippen av optokablar ses i flera fall.

5.5 JÄMFÖRELSE MELLAN RAMAC X3M, SIR3000 OCH EASY LOCATOR

De två utrustningarna SIR 3000 från GSSI och RAMAC X3M från Malå GeoScience AB fungerade på i stort sett samma sätt och ingen markant skillnad i prestanda kunde upptäckas vid de undersökningar som utfördes i detta projekt. Båda utrustningarna är tämligen komplexa och bör opereras av en geofysiker.

De tre utrustningarna Easy Locator samt RAMAC X3M och SIR 3000 var i stort sett likvärdiga i vad som kunde upptäckas på skärmen i fält. Vissa skillnader i fältmässighet finns dock. Easy Locator är uppbyggd som en gräsklippare med hjul, se figur 5.15. och 5.16. Konstruktionen är lämpad för vägar men inte för mer krävande terräng eller leriga förhållanden. Allt för tät växtlighet eller smala passager mellan buskar och träd kan också vara besvärliga. Måthjulet som även styr när radarn mäter kan ibland vara stilla även om apparaten förs framåt t.ex. över trottoarkanter, grästuvor och vid leriga förhållanden. Förutsatt att hjulen kan rullas på marken är dock Easy Locator mycket noggrann i längdmätning.



Figur 5.15. Till vänster RAMAC X3M med en 500 MHz skärmad antenn och GPS inkopplad. Till höger Easy Locator med en 500 MHz skärmad antenn. Båda med RAMAC Monitor.

På SIR 3000 och RAMAC X3M sitter antennen och datordelen inte ihop och antennen dras för hand utan hjul, se figur 5.15 och 5.16. Detta gör utrustningen mer smidig att hantera i terräng. Längdmätningen sköts antingen genom ett måthjul som monteras i anslutning till antennen eller genom att utrustningen mäter i ett speciellt tidsintervall och mätpersonalen går med ett jämt tempo. Utrustningen kan även monteras på någon form av vagn eller kopplas till ett måthjul. Det är viktigt att välja en längdmätningss metod som passar den noggrannhet som krävs för undersökningen.

Den förenklade utrustningen Easy Locator har en mycket begränsad kapacitet att lagra data. Efter mätningen kan operatören backa tillbaka en sträcka av 100 meter i radargrammet. Vid nästa mätning raderas föregående mätning. Detta innebär att operatören måste uppfatta objekt direkt och markera dem i fält. Det finns heller ingen möjlighet att vidare behandla data för att tydligare se objekt eller att beräkna ett mer exakt djup till objekten. För att närmare studera en hyperbel för att t.ex. beräkna ledningens dimension eller för att mer noggrant bedöma djupet till föremålet krävs att en så kallad hyperbelanalys utförs. För detta krävs att hyperbeln kan mätas tämligen noggrant. Detta är inte möjligt att utföra med någon relevant noggrannhet på skärmen.



*Figur 5.16.
Till höger
SIR3000 med
en 400 MHz
antenn och till
vänster Easy
Locator med
en 500 MHz
skärmad
antenn.*

Hastigheten kan på Easy Locator ställas in för tre olika jordmaterial medan den på RAMAC X3M och SIR3000 utrustningen kan ställas in för flera jordmaterial. Detta innebär att Easy Locator i vissa fall ger ett mindre exakt djup.

För en oerfaren radaranvändare är utrustningen mycket lätt att lära sig att handha i fält. Den är lätt att framföra på vägar, gräsmattor och andra släta ytor. Däremot är den svårare att köra i terräng. Det är enkelt att lära sig menysystemet och att ställa in de olika parametrarna på datorn. Tolkningen av radargrammen är dock svårare att lära sig och bara vid ett fåtal av försöken sågs ledningar tydligt för det otränade ögat. Efter ett par dagars mätning och en del hjälp från geofysiker blev tolkningsförmågan bättre.

De flesta typer av ledningar kan upptäckas med hjälp av Easy Locator vid gynnsamma markförhållanden om de ligger på ett ringa jorddjup. Om markförhållandena är ogynnsamma kan dock även mycket stora föremål missas. Att data från Easy Locator inte kan sparas är i vissa fall begränsande för undersökningsarbetet då vidare filtrering ofta är nödvändig för att upptäcka föremål. Digital dokumentation av arbeten blir allt viktigare vid denna typ av undersökningar vilket inte tillgodoses av Easy Locator. Eftersom slutsatsen skall dras direkt i fält utan möjlighet att spara data för att göra en vidare analys eller för att rådfråga någon ställer detta stora krav på kunskaper om geologi, geofysik och ledningsdragning hos operatören.

6 ÖVRIGA PROVADE TEKNIKER - METOD OCH RESULTAT

Resultaten av förstudien visade att det finns begränsningar för markradar i leriga jordar och därför har även några andra metoder än markradar testats för lokalisering av ledningar.

6.1 EM – ELEKTROMAGNETISK BREDBANDSSONDERING

6.1.1 Metod och utförande

För en ingående presentation av metod hänvisas till SGC rapport 125. En fördel med EM gentemot markradar är att dess förmåga inte släcks ut på grund av förekomst av lera. Sammanfattande kan man säga att elektromagnetisk bredbandssondering fungerar så att ett tidsvariabelt elektromagnetiskt fält alstras med hjälp av ström i en spole. Det magnetiska fältet genererar i sin tur en elektrisk ström i en ledare och detta fält genererar ett sekundärt elektromagnetiskt fält som motverkar primärfältet. Sekundärfältet mäts med hjälp av en mottagarspole. Spolavstånd och frekvens styr fältets genomträngningsdjup.

Mätningen utfördes med en utrustning för elektromagnetisk bredbandssondering GEM-2 från Geophex, se www.geophex.com. Utrustningen har formen av en ”planka” där sändare och mottagare är placerade i vardera änden, se figur 6.1 och bilaga 5. Plankan kan bäras i en rem över axeln och data samlas in i en liten elektroniklåda på dess översida. Mätning utförs efter ett bestämt tidsintervall och mätpersonen måste därför hålla ett jämt gångtempo för att varje mätning skall hamna på rätt ställe i x-led. Eftersom det är svårt att dra slutsatser av enskilda mätprofiler utfördes undersökningarna i flera profiler per område. Mätdata tankades över från utrustningen till en laptop och plottades där efter upp i datorprogrammet surfer. Resultaten redovisas i nivåkartor över respektive parameter, se figur 6.2.

Undersökningarna utfördes som ett blindtest där personal från SwedPower satte ut mätområdet efter detaljerade kartor. GMD utförde sedan undersökningen och tolkade vad som kunde finnas under mark i form av ledningar eller t.ex. djup till bergytan. I undersökningen ingick 5 st. platser och sammanlagt mättes 10 st. olika mätområden. Dessa är belägna i olika geologiska miljöer samt har olika ledningar förlagda. Varje mätområde var en rektangel som lades så att ledningarna i möjligaste mån korsades vinkelrätt.

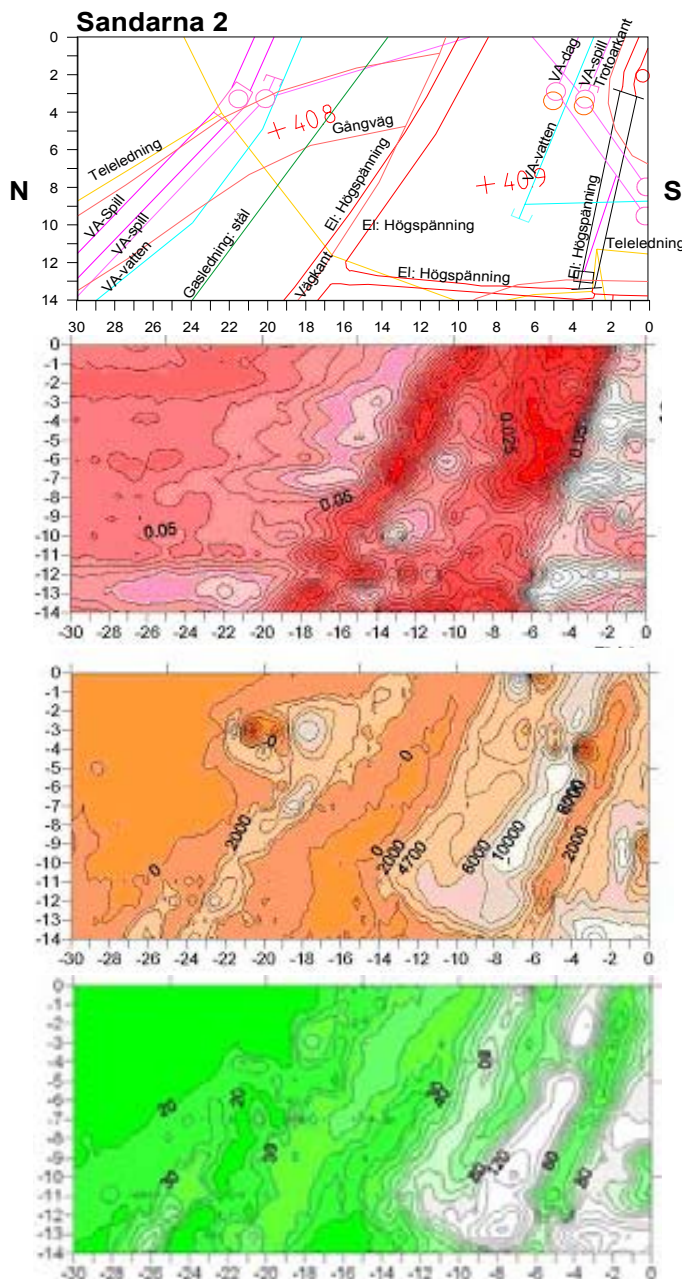


Figur 6.1.
Mätutrustning för elektromagnetisk bredbandssondering GEM-2 från Geophex.

6.1.2 Resultat och erfarenheter

Vid den passiva mätningen syns elledningar med högspänning bra. Mätningen visar då två anomalier varav en är positiv och en är negativ och ledningen ligger mellan dessa. Dessa två anomalier är tillsammans ofta bredare än ledningen.

Mindre ledningar och t.ex. optokablar eller teleledningar kan i vissa fall identifieras i framför allt elektrisk konduktivitet och magnetisk susceptibilitet. Detta kan dels bero på om ledningarna är förlagda i skyddsrör (vilka kan ge upphov till anomalier) och dels på ledningsmaterialet. Här tyder det mesta på att metalledningar ger ett tydligare utslag (större anomali) än betongledningar. Mindre Va-ledningar indikeras ofta men inte alltid.



Ledningskarta

Figur 6.2. Presentation av passiv mätning, sekundära fältet och elektrisk konduktivitet för en frekvens. Stråk där ledningar går kan återfinnas i de olika bilderna.

Det är dock svårt att direkt urskilja en specifik ledning. I detta fall ligger ledningarna tämligen tätt.

Passiv mätning för 47025 Hz.

Sekundärfältet för 47025 Hz.

Elektrisk konduktivitet för 47025 Hz.

De mindre gasledningarna av plast som undersöktes gav i vissa fall utslag. Dock bör det observeras att detta endast gällde de ledningar som var förlagda med schaktning. En gasledning av plast med diameter 315 mm, förlagd med hjälp av styrd borrhning kunde inte detekteras. Detta tyder på att det i vissa fall är den omblandade jorden i ett schakt som ger utslag vid mätningen och inte i första hand ledningarna.

Grövre gasledningarna av stål förlagda med schaktning eller med styrd borrhning gav upphov till anomalier, vilket även gällde när ledningarna var förlagda med styrd borrhning. Dräneringar av tegel förlagda i lera syntes ej i mätningarna.

Bergytan under markytan kunde urskiljas väl. Eftersom dessa data är relativa måste de korreleras mot t.ex. borrhningar för djupbestämning.

Alla metallföremål så som stuprör, brevlådor och brunnar ger kraftiga störningar i mätningarna. Även elledningar och större objekt som hus ger störningar. Detta bör nog beaktas om metoden skall användas i en urban miljö.

Mättekniskt finns en del förbättringar att göra. T.ex. bör man i områden med mycket ledningar mäta profiler med mindre avstånd än 1 m från varandra. Detta kräver att det elektromagnetiska fältet är mycket fokuserat så att man inte mäter ett bredare område än vad profilen representerar. Det är även bra om mätningen kan utföras i två vinkelräta riktningar. Med nuvarande mätmetodik finns en viss fördröjning i början av en profil vilket kan förskjuta mätvärdena något i x-led. Noggrannheten i avstånd på x-skalan bör vara bättre om ledningar skall kunna skiljas från varandra och koordinatsättas med större noggrannhet. Utrustningen måste då kompletteras med ett mätjul eller dylikt.

Metoden fungerade bra till att detektera framför allt elledningar med hög spänning. Även större metalledningar bedöms ge upphov till anomalier i de allra flesta fall. Bergytans läge i förhållande till markytan under lera kan indikeras med metoden. En kompletterande studie av detta med borrhningar för djupkorrelation bör dock utföras innan detta säkert kan fastslås. Metodens användbarhet i urban miljö begränsas starkt av dess känslighet i fråga om metallföremål, elledningar och större byggnader.

6.2 RESISTIVITET

6.2.1 Metod och utförande

Metoden utnyttjar skillnaden i resistivitet mellan olika material. En fördel med resistivitetmetoden jämfört med markradar är att dess förmåga inte släcks ut på grund av förekomst av lera. Resistiviteten mäts genom att ström förs ned i marken med hjälp av elektroder, och därefter mäts den genererade spänningsdifferens mellan två andra elektroder. Det uppmätta motståndet (spänningen/strömmen) kan sedan räknas om till ett resistivitetvärde. Genom att öka avståndet mellan strömelektroderna kan man mäta resistiviteten på ett större djup i marken. Mark med stort elektriskt motstånd - låg ledningsförmåga - kan representeras av grovkorniga friktionsjordar. Mark med litet elektriskt motstånd - hög ledningsförmåga - representeras av finkorniga - kohesionsjordar. Metoden kan (med kalibrering från borrhning) urskilja olika jordarter, större block och djup till berg. För en ingående presentation av metod och resultat hänvisas till SGC rapport 125.

Mätningen utfördes med en prototyputrustning för resistivitetsmätning, ABEM Lund Imaging System och för dataprocessering användes programmet Res2Dinv, se www.abem.se. Utrustningen består av elektroder i form av ”metallspikar” om ca 30 cm som sticks ner i marken, kablar till dessa samt spänningskälla i form av batterier, se figur 6.3. En dator styr insamling av mätdata och väljer automatiskt de elektroder som används längs linjen. Systemet kan mäta simultant över flera kanaler vilket avsevärt påskyndar proceduren jämfört med andra utrustningar.



Figur 6.3. Resistivitetsmätning på åker utanför Landskrona. Utlägget är 40 meter och förlängs efter första mätningen med 10 meter och efter andra mätningen 10 meter till bort mot järnvägen.

Det längsta utlägget som kan användas för att lokalisera mindre föremål är 40 m. Profilererna kan kompletteras genom att utrustningen flyttas framåt med 10 meter i taget till önskad längd. Mätningen representerar en profil som är grundare i ändpunkterna och når till 7 meters djup i de centrala delarna. Mätningen presenteras i profiler över den inverterade resistiviteten, den processerade inverterade resistiviteten och den inverterade uppladdningsförmågan. Metoden är ganska tidskrävande och utsättning och ihopplockning av utrustning samt mätningen tar ca 3 timmar per profil. Därefter tar dataprocesseringen ungefär lika lång tid. Metoden är lämpad för att undersöka jordartsvariationer, större block och djup till berg samt ledningar av metall.

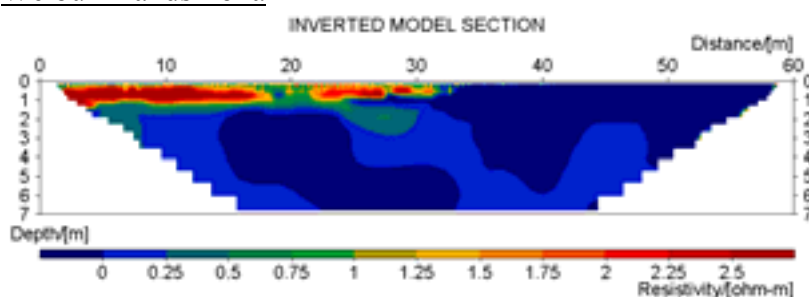
I undersökningen mättes 3 st. olika mätområden. Dessa är belägna i olika geologiska miljöer samt har olika ledningar förlagda. Varje mätområde utgjordes av en profil som lades så att ledningarna i möjligaste mån korsades vinkelrätt. Undersökningarna utfördes som ett blindtest där personal från SwedPower satte ut mätområdet efter detaljerade kartor. Personal från LTH utförde sedan undersökningen och tolkade vad som kunde finnas under mark i form av ledningar. Ett exempel på mätresultat kan ses i figur 6.4.

6.2.2 Resultat och erfarenheter

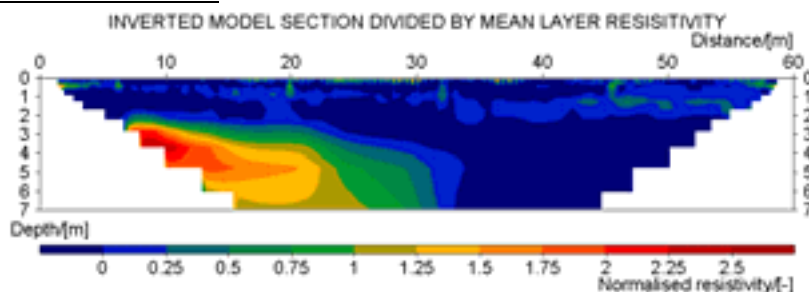
I Falkenberg och Restad utanför Kungälv är insamlade data ej av lika god kvalitet som vid Weibull, vilket enligt LTH kan bero på den kalla väderleken. I viss mån kunde detta korrigeras med hjälp av modelleringen. Metoden är inte anpassad för att detektera små nedgrävda rör. I vissa fall var det ändå möjligt att detektera objekten efter att ha förstärkt anomalierna med hjälp av dataprocessering.

Processed inverted resistivity sections

Weibull-Landskrona



Restad-Bohuslän



Figur 6.4. I Weibull syns inga anomalier i de lägen där dräneringarna ligger. I Restad däremot återfinns anomalier i ytan vid x=6, 20, 32, 43 och till viss del vid 55 m. Dessa anomalier motsvarar lägen för tegeldräneringar med diametern 80 mm på ca 80 - 100 cm djup.

Dräneringsledningar i tegel förlagda i lera indikeras i profilen från Restad. Däremot indikerades inga tegeldräneringar i moränlera i profilen från Weibull. En gasledning i plast med dimensionen 54 mm indikerades trots att jordmaterialet (sand) ej var idealiskt. En gasledning i stål med dimension 300 mm indikerades mycket tydligt i sandigt material. Bergytan indikerade mycket tydligt i profilen från Restad.

Metoden är tämligen tidskrävande jämfört med radarmätningar och metoden är inte utvecklad för att detektera mindre rör. Ändå kunde små tegeldräneringar hittas i ett av testområdena. Metoden lämpar sig dock bättre för detektion av större rör. Framför allt är metoden lämplig för att hitta bergytans läge under markytan samt geologisk lagerföljd. Mindre och mer lättmanövrerade instrument för resistivitetsmätning finns på marknaden. Dessa har dock inte testats i detta projekt.

6.3 SEISMIK

6.3.1 Metod och utförande

Seismik är en metod där en, vanligen explosivt initierad, energivågs (ljudvåg) fortplantning i jord- och berg registreras och mäts. Registreringen sker med sensorer, utplacerade på marken utefter en rät linje där man önskar erhålla information. Ur de registrerade signalerna beräknas tiden det tar för energivågen att gå mellan bergytan och varje sensor på markytan. Genom att dessutom registrera ljudvågens utbredningshastighet i de olika jordlagren fördelas den beräknade tiden över hastighetsprofilen och bergytans läge utefter den undersökta linjen kan bestämmas. Resultatet av mätningarna presenteras som en sammanhängande profilritning eller som en x, y, z- fil. För att verifiera resultaten är det lämpligt att någon geoteknisk borrhning utförs i utförd mätprofil.

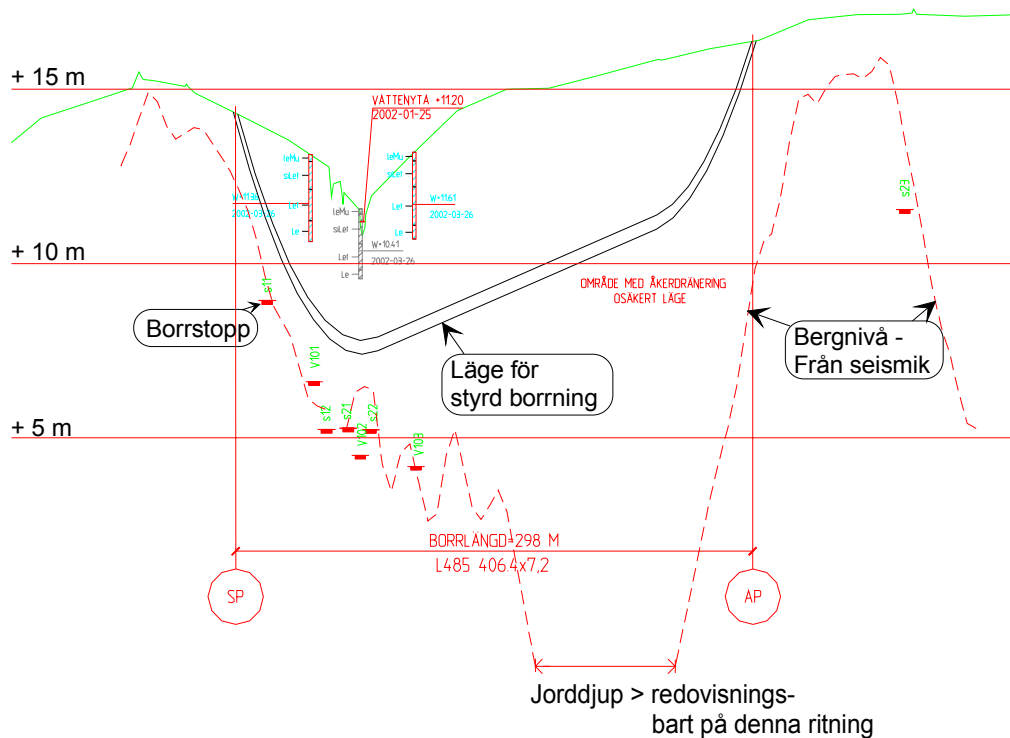
Metoden används vanligen för att bestämma bergytans läge i förhållande till markytan. Andra användningsområden där metoden är lämplig är bland annat för att lokalisera svaghetszoner i berggrunden. För att skilja på lera, morän och friktionsmaterial krävs oftast en viss mäktighet på jordlagren. Om jordlagren består av friktionsmaterial kan även grundvattenytans läge, om sådan finns, bestämmas. Metoden är lämplig att använda där t.ex. den bästa passagen för styrd borrhning under en å/ bäck eftersöks d.v.s. den djupaste sektionen under bäcken. Seismik har även använts i stor utsträckning för bestämning av djup till berg vid t.ex. lokalisering av fjärrvärme. Seismik fungerar lika bra för ytliga undersökningar som för djupare undersökningar i jord.

I projekteringen för en naturgasledning från Rya till Stenungsund för Nova Naturgas användes seismik vid ett flertal platser under 2002 och 2003. Undersökningarna utfördes av Impakt Geofysik och utrustningen som användes var ABEM Terraloc Mark 6 som har 24 kanaler och ett 24 bitars insamlingsinstrument, se www.abem.se.

I detta projekt där ett flertal vattendrag och områden med känslig natur skulle passeras var styrd borrhning under dessa ett alternativ för ledningsförläggning. Syftet med detta var dels att minimera påverkan och dels minska antalet vattendrag där vattendom behövde sökas. Styrd borrhning användes även på vissa sträckor med åkermark för att undvika att skada befintliga dräneringar. Det visade sig också under projektets gång att det i vissa å/bäckpassager även förelåg stabilitetsproblem, dessa kunde lösas genom att ledningen förlades med styrd borrhning på relativt stora djup under å/ bäckbotten. Seismik utnyttjades för att säkerställa att berg inte förekom i dessa avsnitt och för att optimera borrhningarnas längd och lämpliga djup för de styrda borrhningarna.

6.3.2 Resultat och erfarenheter

I figur 6.5 nedan redovisas ett exempel på en bäckpassage där styrd borrhning utnyttjades. Figuren visar dels bergytan tolkad från seismiken dels en styrd borrhning. Observera att skalan är olika i x- och y-led. Den styrda borrhningen är 298 meter lång.



Figur 6.5. Styrd borrhning samt resultat från seismik och geotekniska borrhningar.

Undersökningen går fort att utföra och man kan räkna med att hinna en mätprofil på mellan 50 till 100 meter per timma. Databearbetning tar därefter ungefär hälften så lång tid att utföra som fältundersökningarna.

Erfarenheterna från den utförda seismiken visar att metoden har fungerat mycket bra för att ta fram bergnivån. Vad man bör tänka på är att det krävs någon borrhning för att verifiera djupet till berg samt även jordlagerföljden. Utöver detta så är det bra om nivåuppgifter för markytan eftersom detta gör redovisningen tydligare. I annat fall redovisas avståndet till berg mot en plan markyta.

6.4 KABEL- OCH RÖRDETEKTOR

6.4.1 Metod och utförande

Den typen av kabel och rördetektor som testades kan användas på två principiellt skilda sätt. Den kan dels arbeta som en intelligent magnetometer kopplad till en tongenerator, vilken framkallar en konstant ljudnivå om inget magnetiskt objekt finns i sensorernas närhet medan tonhöjden förändras om de kommer nära ett lokalt magnetfält orsakat av t.ex. järn och stålföremål. Den kan också arbeta med hjälp av ett utsänt elektromagnetiskt fält. Det elektromagnetiska fältet inducerar elektriska strömmar i jorden som koncentreras i kabeln eller röret eftersom de är bra elektriska ledare. Den elektriska strömmen alstrar ett magnetfält vars vertikalkomponent uppmäts i en spole på markytan.

Undersökningen utfördes av GRADAR och instrumentet som användes var en RD400PXL-2 Precision Locator, se figur 6.6 och 6.7 samt bilaga 6.



Figur 6.6. Undersökning i Varberg.



Figur 6.7. Undersökning vid Rya-Göteborg.

6.4.2 Resultat och erfarenheter

Instrumentet användes vid två tillfällen i stadsmiljö. Båda gångerna funderade det bra och ledningarna kunde lokaliseras. De ledningar som undersöktes var elledningar, optiska kablar och teleledningar. Metoden är lämpad för att använda då man söker magnetiska föremål så som metallrör av olika slag eller kablar med ett inducerat elektromagnetiskt fält. Metoden är ej lämpad att använda på t.ex. plastledningar eller om ledningarna ligger på ett stort djupt.

7 SLUTSATS

Målsättningen med projektet har varit att undersöka om det finns någon markradarutrustning på marknaden som är enkel att hantera för en person med teknisk kunskap men som saknar speciell kompetens inom geofysik. Denna utrustning skall vara enkel att handha och det skall även vara enkelt att tolka resultat. Ett önskemål var även att mätdata från lokaliserade objekt så som t.ex. ledningar direkt skulle kunna överföras till ett CAD-system.

Resultatet av utredningen visar att det finns markradarutrustningar som är mycket enkla att handha och att det går att tolka data direkt i fält. Däremot kan utrustningen inte lagra mätdata och inte heller lagra positioner. Det innebär att tolkade ledningslägen måste markeras på marken och därefter måste dessa punkter mätas in manuellt med GPS-system eller mätstation för att sedan överföra mätdata (ledningslägen) till CAD. Tolkade ledningsdjup dokumenteras separat och läggs in manuellt i CAD.

Det krävs en viss inläring och erfarenhet för att operera utrustningen (några dagar). Användaren av utrustningen bör dock arbeta med detta relativt kontinuerligt för att möjliggöra en bra tolkning. Det är även en klar fördel med en god kännedom om markförhållandena i undersökningsområdet, (jordlager, eller typ av fyllnadsmaterial etc.).

En markradarutrustning enligt ovan kan vid behov kompletteras med en kabel- och rör-detektor (kapitel 6.4). Ledningslägen markeras direkt i fält och mäts in på motsvarande sätt.

Det finns markradarutrustningar med flera antenner och med direkt positionering med GPS och överföring av data till CAD. Utrustningarna dras efter bil, de är otympliga och kan endast användas på stora jämna (asfalterade) ytor. De kan inte anses vara vare sig lämpliga eller möjliga att använda vid de förhållanden som är vanligt förekommande i Sverige.

Översiktlig tabell över testade utrustningars egenskaper.						
Metod	Markradar Konventionell	Markradar Easy Locator	EM Elektromagnetisk bredbandsöndring	Resistivitet	Seismik	Rör- och kabel-detektor
Egenskap						
Främst lämp- lig för:	• Kartläggning av geologiska strukturer, grundvattenyta och arkeologi. • Detektion av rör och ledningar.	• Kartläggning av geologiska strukturer, grundvattenyta och arkeologi. • Detektion av rör och ledningar.	• Detektion av metallrör, elkablar • Kartläggning av geologiska strukturer.	• Urskiljning av yt- nära berg och ev. block. • Detektion av metalledningar.	• Urskiljning av berg- yta och ev. block, jordlagerföljd och grundvattenyta.	• Detektion av ledningar där en ström kan induceras.
Fördelar:	• Alla typer av föremål kan detekteras. • Ger viss uppfattning om djup samt föremåls form.	• Alla typer av föremål kan detekteras. • Ger viss uppfattning om djup samt föremåls form.	• Fungerar i de flesta geologiska miljöer även på lerjordar. • Större djuppenetration än radarm.	• Fungerar i de flesta geologiska miljöer. • Större djuppenetration än markradar. • Ger viss uppfattning om djup samt föremåls form.	• Fungerar i de flesta geologiska miljöer även på lerjordar. • Har betydligt större djuppenetration än markradarm. Ger god uppfattning om djup.	• Fungerar för att detektera ledningar i de flesta geologiska miljöer.
Nackdelar:	• Resultat beroende av markförhållanden. • Begränsad djuppenetration i framför allt i lera, samt jordar med stort vatten eller saltinnehåll t.ex. längs vägar. • Begränsad förmåga att urskilja objekt i heterogena jordar.	• Resultat beroende av markförhållanden. • Begränsad djuppenetration i framför allt i lera, samt jordar med stort vatten eller saltinnehåll t.ex. längs vägar. • Begränsad förmåga att urskilja objekt i heterogena jordar. • Ingen dokumentation	• Endast ledande föremål kan detekteras. • Mätning i urban miljö försvåras p.g.a. störningar från el och metaller. • Ingen direkt indikation om djup.	• Mätning i stadsmiljö kan bli praktiskt svårt. • Fungerar sämre på jordar med hög resistivitet.	• Är praktiskt svårt i stadsmiljö. • Inte lämpligt för att detektera ledningar. • Fungerar ej på alla typer av ledningar.	• Ingen dokumentation • Ingen indikation på djup eller form hos objektet. • Fungerar ej på alla ledningar
Presentation:	• Profiler • Alternativt i 3D	• Markeras i fält	• Konturkartor	• Profiler.	• Profiler.	• Ljud- & ljussignal i fält.
Hanteras av:	• Geofysiker	• Tekniker	• Geofysiker	• Geofysiker	• Geofysiker	• Tekniker
Tidsaspekt:	+/-	+	+/-	-	-	+

Tabell 7.1 Översiktlig tabell över testade metoder och utrustningar.

8 BILAGOR

- 1. Produktblad RAMAC – från MalåGeoScience.**
- 2. Produktblad SIR3000 – från GSSI.**
- 3. Produktblad Easy Locator – från MalåGeoScience.**
- 4. Snabbguide Easy Locator – från MalåGeoScience.**
- 5. Produktblad GEM-2 – från GEOPHEX.**
- 6. Produktblad Kabel- och rördetektor (Precision Locator) - från Radiodetection.**

9 KÄLLOR

- SGC, Mobil markradarutrustning-Förstudie, rapport SGC 125, ISSN 1102-7371 december 2001
- Raycon, Markradarmätningar i Göteborg, Hestra och Nittorp – Försöksmätningar för att lokalisera kablar m.m., 2003-06-20.
- Raycon, Markradarmätningar i Göteborg Försöksmätning II, 2003-11-12.
- Gradar, Försöksmätning - Markradar och kabel och rördetektor, 2004-02-06.
- GMD-Geo & MiljöData, Rapport: Utvärdering av EM Bredbandsmätningar den 9 och 10 december 2003.
- Lund universitet, Engineering Geology, Electrical methods to localise buried pipes-Field tests at Weibull, Falkenberg and Restad, 2004-02-04.



ramac gpr

RAMAC X3M

RAMAC/X3M™ - THE INTEGRATED RADAR CONTROL UNIT_____



RAMAC X3M™

The RAMAC/GPR™ range of products features a new electronic design for a more compact and user-friendly system.

The RAMAC X3M is an integrated radar control unit, fitted directly on the shielded antenna and powered externally. Compatible with the 100, 250, 500 and 800 MHz RAMAC/GPR shielded antennas, this system makes it the smallest GPR available. The built-in electronic design makes it a low weight and compact size system, easier to assemble and operate. No fibre optic cable is required anymore since the electronic is now is the same unit.

Based on the flexibility and the modularity of the range of RAMAC/GPR, the RAMAC X3M is fully compatible with the Windows based acquisition software Ground Vision.

The built-in autostacking function secures best data quality at maximum survey speed. The low power consumption gives you more than ten hours autonomy with standard battery units. These features will soon make the RAMAC X3M the required electronic unit of your RAMAC/GPR system for a higher performance survey.

Laptop computer
and data cable to
RAMAC X3M

RAMAC/GPR
Cart with built-in
triggering wheel

External 12 V
power supply

RAMAC X3M
built-in electronic
mounted on the
500 MHz antenna



*Cart mounted RAMAC X3M
with a 500 MHz shielded
antenna.*

RAMAC X3M features:

- Compact and integrated radar unit, easy to use
- Compatible with RAMAC 100, 250, 500 and 800 mHz antennas
- Autostacking for highest data quality and optimized speed performance
- Low power consumption for extended operation time

Pulse repetition frequency	10-200 kHz (standard 100kHz)
Data bits	16
Nr of sample /trace	128-8192
Nr of stacks	Autostacking in the range 1-32768 for optimized speed performance
Signal stability	< 100ps
Communication interface	IEEE 1284 (ECP)
Communication speed	> 700 byte/s
Data transfer rate	40-400 kB/s at 4Mbit/s
Acquisition mode	distance/time/manual
Power supply	External 12V DC battery
Operating time	> 10hours with the standard battery accessories
Charger	Quick charger, automatic charge cycle 110-240 VAC input
Charge time	3-5h (80-100%).
Measuring wheel	Standard RAMAC/GPR trigger device
Software	Compatible with Ground Vision
Antennas	100, 250, 500 & 800 MHz RAMAC/GPR shielded antennas
Dimensions	310 x 180 x 30 mm (12.2 x 7 x 1.2 in)
Weight	1.7 kg (3.7 lb)
Operating temperature	-20°C to +50°C
Environmental	IP 67

Main Office

Malå GeoScience, Skolgatan 11
S-930 70 Malå, Sweden
Phone: +46 953 345 50, Fax: +46 953 345 67
E-mail: sales@malags.se

Subsidiary

Malå GeoScience USA, Inc.
2040 Savage Rd. PO Box 80430, Charleston, SC 29416
Phone: +1 843 852 5021, Fax +1 843 769 7397
E-mail: sales.usa@malags.se



TerraSIRch

Features

Rugged, lightweight, hand-held and very portable

High-resolution screen, easily readable in daylight

User accessible Compact Flash

Internal battery

USB, Ethernet, RS-232 ports for greater system flexibility

Applications

Concrete and Rebar Inspection

Utility Mapping

Geological Investigation

Snow/Ice Thickness Measurement

Archaeology

Forensics / Law Enforcement

Research

SIR-3000



The newest standard in non-destructive investigation of the earth and concrete.

The SIR-3000 is the newest GPR product from the world leader in Ground Penetrating Radar. This rugged, high-performance, single-channel radar system provides unrivaled scan rates with low noise.

This system is affordable, small and designed for easy single-user operation.

New features with future software upgrades:

- Easy 3D data collection (year end, 2002)
- Simple GPS data integration (Spring, 2003)



Geophysical Survey Systems, Inc.

www.Geophysical.com

SIR®-3000 System Specifications (Preliminary)

System

Antennas: Compatible with all GSSI antennas

Number of Channels: 1 (one)

Data Storage:

Internal memory: 256 Mb Flash memory card

Compact Flash port: Accepts industry standard CF memory up to 1 GB (user provided).

Processor: 32-bit Intel StrongArm™ RISC processor @ 206 MHz

Display: Enhanced 8.4" TFT, 800 x 600 resolution, 64K colors

Display Modes: Line scan, O-scope

Data Acquisition

Data Format: RADAN (dzt)

Scan Rate Examples:

300 scans/sec at 256 samples/scan

150 scans/sec at 512 samples/scan

Sample size: 8-bit or 16-bit, user-selectable

Scan Interval: User-selectable.

Number of samples per scan:

256, 512, 1024, 2048, 4096, 8192

Operating Modes:

Free run, survey wheel, point mode

Time Range:

0-8,000 nanoseconds full scale, user-selectable.

Gain: Manual or automatic, 1-5 gain points (-20 to +80 dB)

Filters:

Vertical: Low-Pass and High-Pass IIR and FIR

Horizontal: Stacking, Background Removal

Operating

Operating Temperature:

-10°C to 40°C ambient (preliminary)

Charging Power Requirements:

15 V DC, 4 amps

Battery: 10.8 V DC, internal.

Transmit Rate: Up to 192 KHz

Input/Output

Available Ports:

Antenna input

DC power input

Ethernet Input/Output

RS232 (GPS port)

Compact Flash memory

USB master/slave

Mechanical

Dimensions:

31.5 (L) x 22 (W) x 10.5 (H) cm

12.4" x 8.7" x 4.1"

Weight: 4.1 kg, (9 lbs) including battery

Environmental: Water resistant

System Includes:

SIR-3000 data acquisition system

Transit case

2 batteries

AC adapter

User manual

Carrying harness (optional)

Sunshade (optional)

Antennas and antenna control cables sold separately.

Fully FCC Compliant



Geophysical Survey Systems, Inc.

13 Klein Drive, PO Box 97
North Salem, NH 03073-0097
Tel: (603) 893-1109 Fax: (603) 889-3984
Sales@Geophysical.com
www.Geophysical.com

New!



EASY LOCATOR

Difficult Locates?

Non-metallic utilities,
unknowns or congested areas?

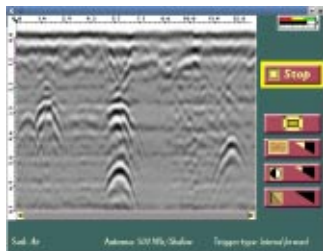
Easy Locator is the solution where
standard locators cannot provide the
complete picture. The first user-friendly
ground radar designed and priced for
the utility locate professional.



L E T ' S M A K E I T V I S I B L E !

Easy Locator is an easy to use GPR system designed to meet your utility locating demands.

The Easy Locator breaks many barriers in terms of ground penetrating radar systems on the market today. Very little experience is needed to operate the system. With a simple user interface, only a few commands are required to begin scanning at walking speed.



The interface with radargram showing pipes and cables detected.

Easy Locator's GPR technology complements standard electromagnetic techniques in the field providing a cost effective total solution. It can detect both metallic and non-metallic material types including plastics, concrete, ceramics, asphalt composite and more. It provides the user with the exact location of cables, pipes, duct banks, conduits or depth to bedrock.

With its low cost, Easy Locator is an indispensable tool for utility and construction work at urban and industrial sites, minimizing the risks of damage and project delays.

The Easy Locator supports two antennas with different resolution/depth ratio for detecting utilities at various depths. The system can also be adjusted to different soil types for maximum performance and has a backup on-screen cursor function for precise locating of an object. It operates with a unique turn-push controlled and field



rugged monitor with a Ultra-Hi-Brite color screen for maximum visibility in sunlight. Adjustable wheels and an option to operate backwards improve access to rough terrain and loose soils. New functionalities are available through the Internet.

TECHNICAL SPECIFICATION

Power supply: Li-Ion 11,1V battery
Operating time: 5/10 h with single/double battery pack
Charge time: 5/10 h with single/double battery pack
Operating temp: -20° to +50°C or 0° to 120 °F
Charging temp: 0° to +45°C or 30° to 110°F
Environmental: IP66
Monitor: Ultra-Hi-Brite color 10,4" TFT, Shock tolerant

Antenna	Shallow	Mid
Est.max.depth penetr.	2,5m/8'	4m/12'
Dim. With wheels (excl. handle)	67x47x19cm/ 26"x19"x7"	67x47x19cm/ 26"x19"x7"
Weight, complete	18 kg/40 lb	19 kg/42 lb

Europe/Asia
Malå GeoScience, Nygatan 52 A
SE-931 30 Skellefteå, Sweden
Phone: +46 953 345 77, Fax: +46 910 710 445
E-mail: utility@malags.se

America
Malå GeoScience USA, Inc.
2040 Savage Rd. PO Box 80430, Charleston, SC 29416
Phone: +1 843 852 5021, Fax +1 843 769 7397
E-mail: sales.usa@malags.se



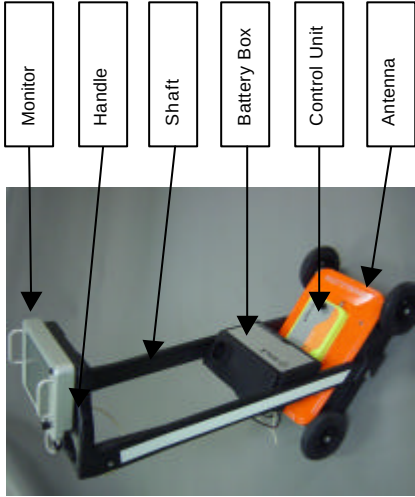
Head Office: Skolgatan 11, SE-930 70 Malå, Sweden, Phone: +46 953 345 50

www.malags.com

Easy Locator Quick Startup Guide (Version 1.2)

The quick guide is an excerpt from the Easy Locators Manual. For detailed operating instructions please consult the manual.

Connecting the basic system and start up



- Basic system connecting;
- Insert the shafts with monitor and battery box into the slots on the antenna and secure with pins.
- Connect parallel and power cable to the monitor.
- Connect parallel and power cable to the control unit.
- Connect both power cables to battery box.

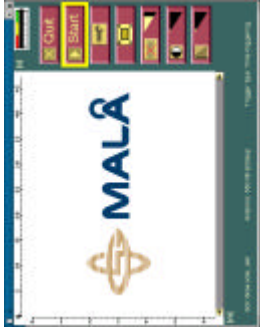
To start the Easy Locator, press the start button on both the control unit and the monitor. The light on the button on the control unit will start to blink. When start measuring, the light on the button will remain illuminated continuously.

Monitor information

The monitor is operated with a dual function turn-push button for controlling the program flow. While turning the button the operator feels a detent every time the operator selects a specific menu by turning the button right or left. Pushing the button activates a choice. If the menu involves a selection between different alternatives, these will show up as soon as the button is pressed. By turning the button, right or left, and then pushing it again a selection is made.

System settings

When the Easy Locator is started, the following start menu appears after approximately 20 seconds:



The battery meter (top right corner) indicates the battery status.

The antenna type and depth window setting is automatically recognized and seen at the bottom of the screen, together with the selected trigger and soil type.

Settings

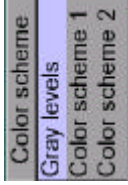
If all settings are appropriate for the project the measurements can be started immediately by choosing  on the menu and by depressing the knob.



You may change the settings by pressing: 

Color

The color scheme of the radargram can be changed. The radargram can be viewed in gray scale or in two different color schemes. Gray scale is the default setting. Use the knob and select the desired color scheme and press down.



Soil type

Some general soil types are categorized in the table displayed for soil type. The table is factory set to suit your area on delivery but note that there are local variations of soil types. Choose soil type that most closely matches what is observed at your particular project site. The soil type selection allows calibration of the depth scale for differing soil conditions. This is a critical setting if accurate depth information is required. It should be noted that soil conditions vary rapidly at any location. Therefore all depth information is subject to gross errors and must be used with caution. Use the knob and turn it to the right choice and press down. Depth of investigation of the GPR signal is highly site specific, and is limited by signal attenuation (absorption) of the subsurface materials. Signal attenuation is dependent upon the electrical conductivity of the subsurface materials. Clay soils attenuate GPR signals, as does brackish or salt groundwater. GPR signals in some soils may be completely attenuated whereby the method cannot be used.

Soil Type	Vel [m/ps]
Slow soils, wet	60
Average soils	90
Fast soils, dry	120

Acquisition Mode

The trigger provides information to the horizontal distance-scale about the length of the profile. The internal trigger is placed in the left back wheel and is connected to the control unit with the encoder cable. Default setting is "internal forward". If in rough terrain, it may be easier to pull the Easy Locator backwards and use the setting "internal backward". Time triggering can be used on very rough terrain. If using time triggering no horizontal distance information is available for the profile. Use the knob and turn it to appropriate setting and press down.



Depth window

The depth window determines the depth scale shown on the monitor, but the soil setting also influences it. Note that selection of a depth window does not influence the actual depth penetration of the GPR signal but only the maximum amount of data that can be viewed on the screen. Three depth ranges are available: shallow, medium and long. Use the knob and turn it to the desired depth window and press down. How well the soil type selected matches the actual ground conditions determines the accuracy of the depth scale. In poor soil conditions selection of the deep depth scale may only yield GPR data to depths less than a few feet/around 1 meter due to attenuation of the GPR signal. Therefore, objects may exist but not be displayed on the screen because they are well below the penetration depth of the signal. With experience the operator can readily determine when the radargram is displaying attenuated or noisy signals, which typically appear as a disturbed "snowy" image.



Regional options

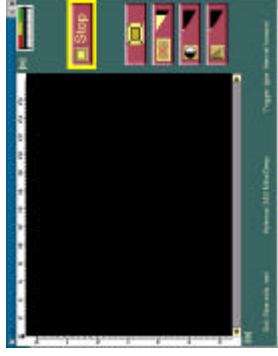
By choosing regional options there is a possibility to change language or the measuring units. Use the knob and turn to select your choice and press. Save your settings before closing the window.



Start

When all settings are made: Press  Save

To start scanning just press  Start and the following screen will appear. The radar data will be shown on the black screen as the unit is moved forward.



Stop

Selecting  the profile is stopped and remains on the screen until a new measurement is started or until the program is ended. There is no possibility to continue a stopped profile. Data will not be saved when stopping the system.

Full screen

Selecting  the radargram screen is expanded, so that it is covering the full screen. Depressing the knob again will show the normal screen with the different menus and the radargram.

Filter

Selecting  you can apply various levels of background removal filter by turning the knob. The affect of the filters will be noticed immediately. Adjust to create the clearest most interpretable image possible. Going from zero to full filter setting has the effect of removing progressively more background signatures by average value calculations.

Contrast

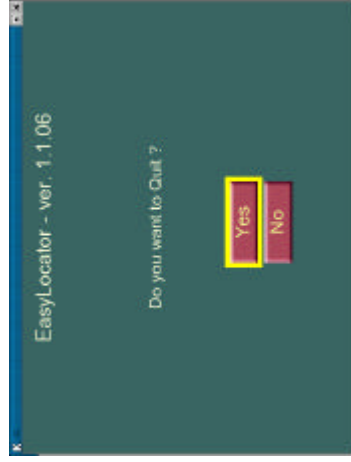
 manages the contrast of the radargram screen. The knob is also used here for increasing and decreasing the contrast.

Gain

 allows gain adjustment of the radar data. Use the knob for increasing or decreasing the applied time gain. Gain is very useful for making targets appear brighter in the radargram, this is especially important when searching for deeper targets.

Quit

To quit after finished radar measurement just press  Quit. When choosing to quit the following screen will be showed:

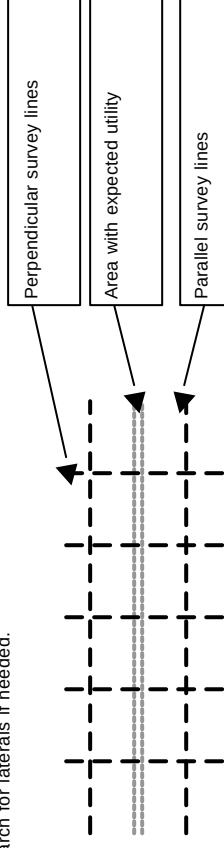


Using the Easy Locator

Place the Easy Locator on the start of the profile and choose the start button push the menu selection knob.

When a signature of a utility to be marked shows up on the screen, continue measuring until the full signature can be seen on the screen then walk backwards. When the back tracking cursor is in the middle of the signature, draw a mark on the ground beside the arrow on the antenna.

Plan the survey in accordance to the figure below. Start with a number of scans perpendicular to the area with the expected utility. Do a number of scans to get a correct picture of the signature. Follow up with parallel scans to search for laterals if needed.



Place the Easy Locator on the start of the first profile, choose the start button and push the menu selection-knob.

It is possible to change the settings while you are scanning to get the most suitable screen.

Adjustable wheels

Adjusting the wheels can change the height of the antenna. The antenna should be kept parallel with, and as close as possible to the ground surface. A high setting of the antenna may be required when operating in grass or loose sand etc. The height of the front and the back pair of wheels should be changed equally. Pull the spring and turn the adjustment lever to desired position. This has to be done individually for the front and the back pair of wheels. The tires should be inflated to 25 psi (1.7bar).

Battery

The battery is delivered charged but should be charged for 5 hours before the first time in use (10 hours if it is equipped with the optional 24 Ah double pack battery). Charging must be done in a temperature of 0 to + 45°C/32 to + 110°F. Capacity of the standard 12 Ah is 5 hours operation (10 hours for the optional 24 Ah double pack battery).

For information regarding MALÅ GeoScience's distributors, products and price please contact:

Europe/Asia/Africa:

MALÅ GeoScience AB
Skolgatan 11
SE-930 70 Malå
Sweden
Phone: +46 953 345 50
Fax: +46 953 345 67
E-Mail: Utility@malaa.se

North & South America:

MALÅ GeoScience USA, Inc
2040 Savage Rd
PO Box 80430
Charleston, SC 29416
Phone: +1 843 852 5021
Fax: +1 843 769 7397
E-Mail: Sales.usa@malaa.se

GEM-2

**MULTI-FREQUENCY
PROGRAMMABLE
ELECTROMAGNETIC
SENSOR**

FOR MAPPING

**SHALLOW GEOLOGY
CONDUCTIVITY
SUSCEPTIBILITY &
ENVIRONMENTAL
CONTAMINATION**



GEM-2 Specifications

Programmable Operation

Bandwidth	300 Hz to 48 kHz
Frequency Domain	Single Frequency Multiple Frequencies Stepping Frequencies
Max Sampling Rate	30 Hz

Hardware

Removable Ski	Sealed Synthetic Foam
Console (CPU, Display)	11cm x 21cm x 5cm Box
Rechargeable Battery	13.2 VDC
Coil Configuration	Coplanar
Max TX Moment	3 Amphere-m*m
Output	Inphase/Quadrature in ppm
Total Weight	4 kg (9 lbs)

Operating Software

Windows-based, menu-driven operation using a PC
WinGEM program upload and data download
Data coordinates assignment and display
PPM to apparent conductivity conversion
PPM to apparent susceptibility conversion
Real-time data output option for GPS navigation
Layered earth inversion program (optional)

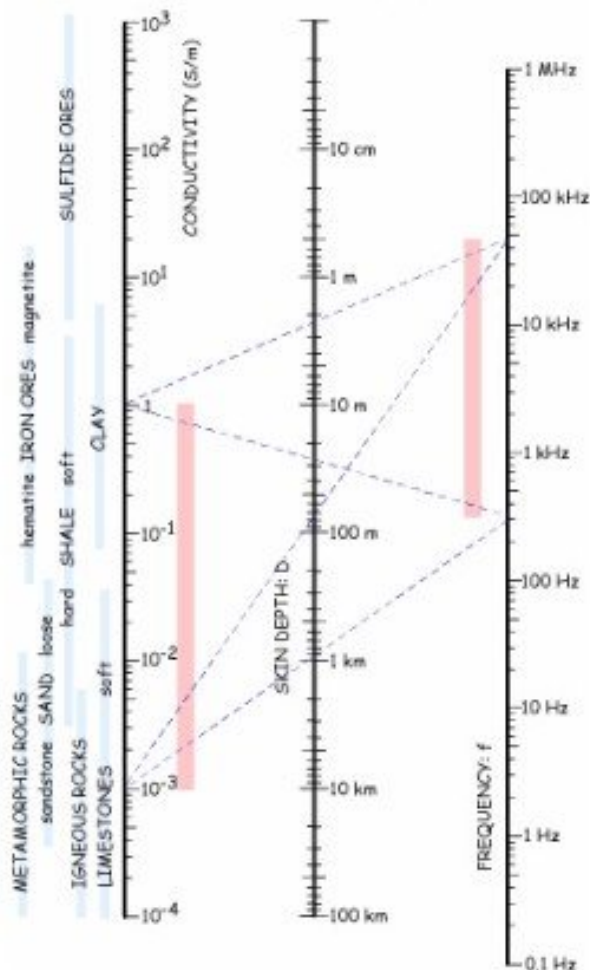
Depth of Investigation

It depends on many factors, such as ground conductivity and ambient EM noise. For layered geologic media, it is estimated that the GEM-2 can probe about 30-50 m in resistive areas (>1000 ohm-m) and about 10-30 m in conductive areas (<100 ohm-m). The figures may decrease in noisy areas. The noise level is generally high in urban areas and low in rural areas.

See on the right the "Skin-Depth Nomogram" that shows the relationship among the ground conductivity, frequency, and the depth of exploration. For further information, please visit our website.

GEM is a Registered Trademark by Geophex

SKIN DEPTH NOMOGRAM



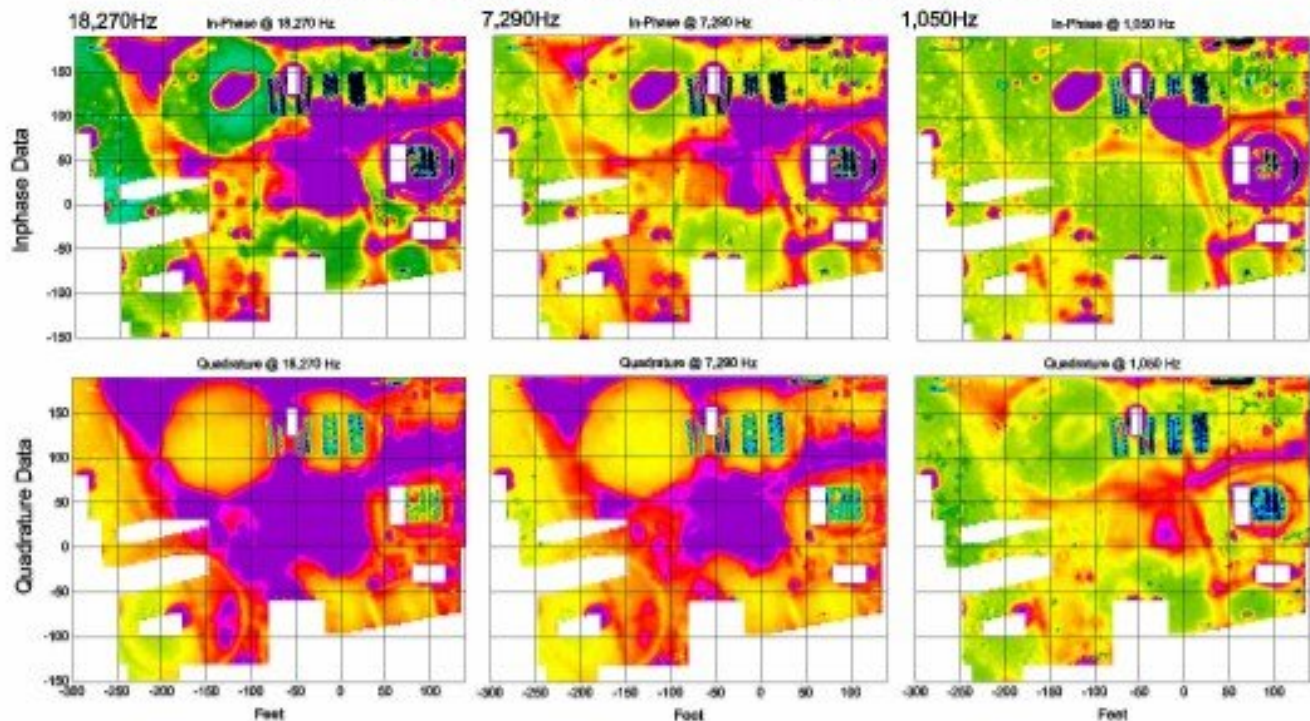
**FOR MORE TECHNICAL DESCRIPTIONS
AND PURCHASE/RENTAL INFORMATION,
PLEASE VISIT WWW.GEOPHEX.COM**



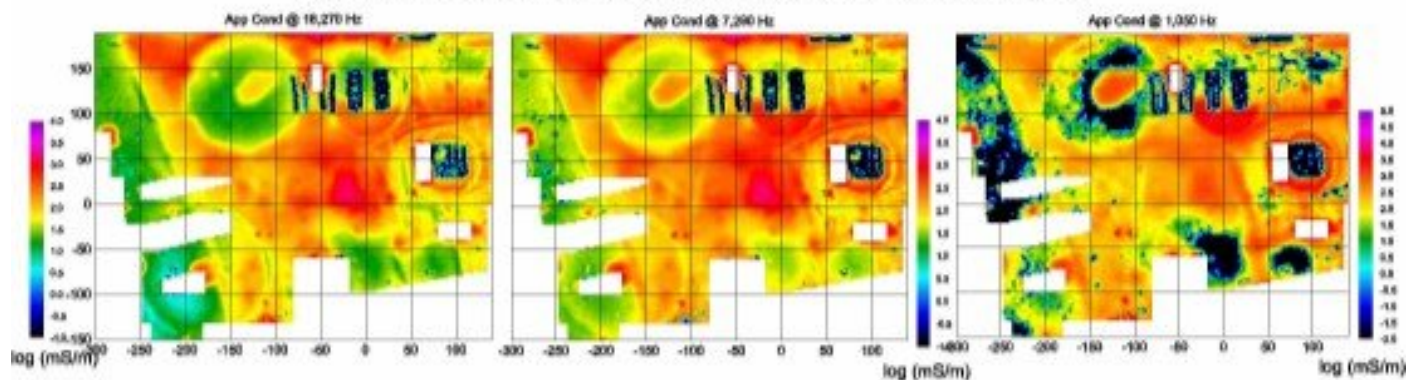
Geophex, Ltd.

605 MERCURY ST., RALEIGH, NC 27603, USA
TEL: (919) 839-8515 OR FAX: (919) 839-8528

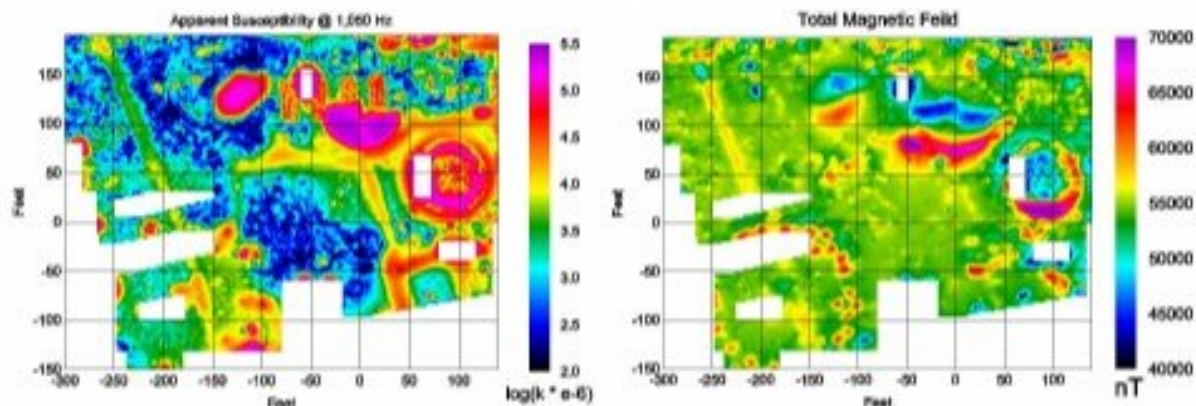
Raw GEM-2 data in ppm from a former utility plant.
Usually, raw data plots are sufficient to locate underground features.



With a mouse stroke, the WinGEM operating software can convert the raw GEM-2 data to apparent conductivity - contoured below in log (mS/m) - at each frequency.



WinGEM also converts the lowest frequency GEM-2 data to apparent magnetic susceptibility, as plotted lower left. GEM-2 acts as an "active magnetometer" at very low frequency and, thus, can map the magnetic susceptibility. Shown for comparison at lower right, is the total field data measured by a cesium-vapor magnetometer. Notice the high spatial resolution from the GEM-2 data.

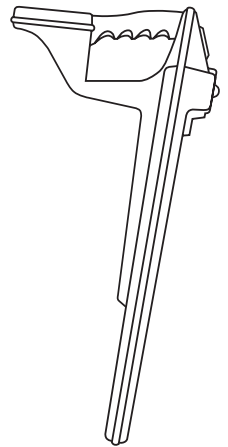


RD400PXL-2 Precision Locator

Technical Specification

Description: RD400PXL2 Precision buried cable and pipe locator.

Part No: 10/RD400PXL2 (followed by variant suffix).
Some variants may not provide all of the modes and features listed below.



Physical:

Construction High impact thermoplastic weatherproof to NEMA 3R and IP54.

Ruggedness Withstands 1 m (3 ft) drops onto concrete.

Dimensions 60.5 x 29 x 13.5 cm (24 x 11.5 x 5.3 in).

Shipping Box Size 63.5 x 35.5 x 14.6 cm (25 x 14 x 5.5 in).

Weight 2.2kg (4.8 lb).

Shipping Weight 3.6 kg (7.9 lb).

Operating Modes:

Mode	Frequency	Sensitivity @ 1 m	Locating Depth Guide (m/yds)	
			Good Conditions	Poor Conditions
Power	30 Hz-500 Hz	20 mA	3	2
*Radio	14-26 kHz	30 µA	2	1
8	8.192 kHz	100 µA	5	2
33	32.768 kHz	30 µA	5	2
*65	65.536 kHz	30 µA	5	2
*200 (USA only)	200.00kHz	30 µA	5	2
*Lf	512 Hz or 640 Hz	250 µA	5	2
*fa fb	User Defined	--	--	--
*CPS	100 Hz or 120 Hz	20mA	3	2

* Optional operating modes

Locate Accuracy: ±5% of depth.

Current Accuracy: ±5% of actual current.

Depth Accuracy: ±5% of depth on undistorted signal with no adjacent signals.

Depth Range: Line – 3 m (10 ft) ±5%.
Sonde – 8 m (26.2 ft) ±5% dependant on sonde.

Visual Indication: Two section liquid Crystal Display indicating the following:

Signal Strength (%)* Line Depth Sonde Depth

Induced CurrentGain Level Operating Mode

Line/Sonde Mode Peak/Null Mode Left/Right Arrows

Battery Status Speaker Volume Backlight On

Audio Indication: Audio signal output through waterproof loudspeaker. Use of optional headphones disables loudspeaker output.



Radiodetection
Riser Bond Dielectric Technologies
Bicotest Pearpoint Telespec

Search Antennas:	2 x symmetrical response for Peak operation. 1 x vertical antenna for Null operation.
Gain Control:	Up/Down keys on fascia.
Batteries:	12 x LR6 (AA) 1.5 V alkaline. 20 hours life, nominal @ 20°C (68°F) intermittent use.
Operating Temperature Range:	-20°C to +50°C (-4°F to +122°F).
Miscellaneous:	
Options	Accessory Socket, Backlight, Stethoscope, Antenna Clamp, Extended Range Antenna, Submersible antenna, Sondes, Rechargeable Batteries.
Compatibility	Recommended Radiodetection Transmitters: RD400LCTX, RD400HPTX, RD433HCTX, RD433HCTX-2.
Quality Control	BS5750/ISO 9001/EN29001.
EMC	CE Complies with European EMC Directive 89/336/EEC.
Warranty	12 months.



SE-205 09 MALMÖ • TEL 040-24 43 10 • FAX 040-24 43 14
www.sgc.se • info@sgc.se
