



MAATUTKALUOTAUSTUTKIMUSRAPORTTI

Bastukärr, Sipoo



TJM201203 / 6.3.2012

Geo-Work Oy
terho.makinen@geo-work.com
tel. +358 (0)50 557 9098
Linjalantie 16, 05430 Nuppulinna

SISÄLLYSLUETTELO

- 2. MAATUTKALUOTAUS: Bastukärr, Sipoo**
 - 2.1 Tehtävä**
 - 2.2 Maastotyöt**
 - 2.2.1 Mittauskalusto**
 - 2.3 Tulostus**
 - 2.4 Yleistä tulkinnasta**
 - 2.5 Luodatut linjat**
- 3. MAATUTKA**
 - 3.1 Teoreettiset perusteet**
- 4. Luotauslinjakartta**
- 5. Luotausprofiilit**

2. MAATUTKALUOTAUS: Bastukärr, Sipoo

2.1 Tehtävä

Geo-Work Oy suoritti FCG Oyn toimeksiannosta maatutkaluotauksia Bastukärrin alueella Sipoossa. Tutkimuksien tarkoituksena oli selvittää merkittyjen linjojen maarakennekerroksia ja kallion pinnan tasoa.

2.2 Maastotyöt

Maastotyöt suoritettiin 24.-26.1.2012. Linjat oli merkitty maastoon paaluin. Lunta oli notkopaikoissa paksuimmillaan lähes metri. Linjojen yhteispituus oli 5390m.

Linjojen maanpinnan korot on saatu tilaajan laserkeilauksen perusteella toimittamista koordinaateista. Kairauksia saatiin 7kpl.

2.2.1 Mittauskalusto

Mittauskalustona oli amerikkalaisen Geophysical Survey System Inc:n (GSSI) valmistama SIR-3000 maatutka. Antennina käytettiin GSSI:n 270 MHz:n antennia. Tutkaa käytettiin rinkkatutkana, joten luotaukset tehtiin kävellen.

2.3 Tulostus

CF-levykkeelle taltioitu tutkatulos siirretään tietokoneelle tulostusta ja tulkintaa varten. Tulkinta ja tulostus tapahtuu jälkikäsitteilynä GeoDoctor 2.3 -signaalinkäsittelyohjelmalla. Pituusleikkauskuvat on tulostettu 1:300-1:350/1:2000 mittakaavassa sekä kokonaisina pitkinä profiileina. Maatutkaprofiilit ovat aika-asteikossa.

2.4 Yleistä tulkinnasta

Savi- ja silttialueilla maatutkalla saadaan selville kovan maan tai kallion reuna n. 2 - 10 m:n syvyyteen saakka. Tätä syvyyttä pienentää jonkin verran maa-aineksen johtavuus.

Moreenialueilla maapeitteen paksuuden määrittäminen onnistuu vaihtelevasti. Moreenin ja kallion rajapinnan erottaminen riippuu moreenin laadusta ja kallion pinnan rikkonaisuudesta. Mitä lohka-reisempi moreeni on rikkonaisen kallion päällä, sitä vaikeampi on rajapintaa erottaa tutkaprofiilista. Ohutpeitteisillä alueilla saattaa rikkonaisen kallionpinnan tulkita moreeniksi ja päinvastoin.

Kallioraot erottuvat varsinkin kosteina usein kallion pintaa paremmin.

Lajittuneet hiekka- ja sorakerrokset erottuvat hyvin muista maakerroksista. Käyttämällä matalataajuisia antennoja on mahdollista saavuttaa jopa 50 metrin syvyysulottuvuus karkearakeisilla maalajeilla.

Louhinnan rajapinnan erottaminen niin pysty- kuin vaakasuunnassa riippuu luotauslinjojen sijainnista suhteessa edellisiin sekä irtilouhinnan määrästä ja täytön laadusta.

Ilman referenssikairauksia tulkintojen tulokset ovat suuntaa-antavia. Kallion pinnaksi on pääsääntöisesti pyritty tulkitsemaan ylin mahdollinen rajapinta. Ehdotettujen lisäreferenssikairausten perusteella on mahdollista tarkentaa tulkittuja rajapintoja.

2.5 Luodatuslinjat

Yleisesti ottaen alueella on ohuehkot maapeitteet kallion päällä. Joidenkin linjojen loppuosiin ehdotettujen lisäkairausten tekeminen varmistaisi maanrakenteen tulkintaa. Moreeni on paikoin lohkarista, merkittävimmin ehkä linjan MTL 3 puolivälin paikkeilla.

MTL 1

Linjan alkuosuudella pl 0-900 on ohuehkot moreenipeitteet kallion päällä. Pehmeämpiä turvekerroksia on n. pl 220-300 ja 450-700. Linjan loppuosuudella on kalliopiikit, joiden itä-koillispuolella on paksumpia moreenikerrostumia. Esimerkiksi pl 1260, 1420 tai 1660 tehty referenssikairauspiste auttaisi varmistamaan kalliopinnan syvyyttä.

MTL 2

Moreenipeite on ohutta välillä pl 0-1150, jonka jälkeen on kalliopiikki. Pl 1300-1480 ja 1560-- kallio on tulkittu ylimpään profiilin rajapintaan, mutta moreenia voi olla huomattavasti paksumpikin kerros. Referenssikairaus esimerkiksi pl 1360, 1450 tai 1600 varmistaisi kallion syvyyttä.

MTL 3

Linjalla on pehmeikköjä n. pl 30-100, 300-370 ja 650-750. Jälkimmäisen kohdalla tulkinnassa on päädytty kalliopinnan tulkitsemisessa alempaan rajapintavaihtoehtoon (pl 750-825). Edellisten linjojen tapaan moreenia on paksummin linjan loppuosalla. Referenssikairausedotukset pl 770, 1100, 1160.

PI 0-400 on paksuhkot turve/siltti/silttimoreenikerrokset, jossa kalliopinnan määrittäminen on hankalaa ilman referenssikairautta. Loppuosan kallioiden reunoilla on paksummat moreenikerrokset.

3. MAATUTKA

Maatutka on radiotaajuusaluetta käyttävä sähkömagneettinen luotauslaite. Siinä lähetinantennilla lähetetään väliaineeseen sähkömagneettisia pulsseja ja vastaanotinantennilla rekisteröidään väliaineen sähköisiltä rajapinnoilta takaisinheijastuneet aallot. Luotaus voidaan tehdä joko tutkittavan väliaineen pinnalta tai väliaineen sisältä. Ensimmäinen tapa on yleisimmin käytetty ja siinä mittauslaitteiston ei tarvitse välttämättä koskettaa tutkittavaa väliainetta. Jälkimmäistä tapaa käytetään reikäutkassa.

Maatutkan kehitys on seurannut läheisesti muiden tutka-menetelmien teknistä ja tulkinnallista kehitystä. Pulssitutka kehitettiin 1920-luvun lopulla, mutta vasta 1950-luvun vaihteessa tehtiin ensimmäiset onnistuneet mittaukset. 1970-luvun alussa tutkaluotauksia sovellettiin maassa olevien kaapeleiden, putkien ja esineiden paikannukseen. Tämän jälkeen mittalaitteiden kehitys on ollut ja sovellukset ovat lisääntyneet. Tutkaa sovelletaan geologisten kohteiden lisäksi mm. tie- ja betonirakenteiden tutkimiseen, vesistö- ympäristö- ja arkeologisiin tutkimuksiin. Kivitutkimukset ovat maatutkan uusimpia sovelluskohteita.

3.1 Teoreettiset perusteet

Maatutkaluotauksen periaate on melko yksinkertainen. Tutkalaitteen antenni lähettää väliaineeseen lyhytkestoisen sähkömagneettisen pulssin radiotaajuudella. Kun pulssi kohtaa väliaineessa sähköisen rajapinnan, osa aaltoenergiasta heijastuu takaisin osan jatkaessa etenemistään. Tutka-antennilla mitataan takaisin heijastuneen aallon lähtöhetkestä paluuhetkeen kulunut aika ja amplitudi. Tutkan liikuessa tätä toistetaan nopeassa tahdissa ja muodostettavat tulostussignaalit eli pyyhkäisyt piirretään intensiteetti- tai amplitudipiirillä tiheästi peräkkäin, jolloin tuloksena saadaan jatkuva profiili väliaineessa olevista sähköisistä rajapinnoista.

Sähkömagneettisen aallon käyttäytyminen väliaineessa on esitetty monissa tutkaluotaukseen liittyvissä julkaisuissa. Yleistäen voidaan todeta, että aallon etenemisnopeuteen ja heijastumiseen vaikuttavat väliaineen dielektrisyys ja susceptibiliteetti. Väliaineen sähkönjohtavuus vaikuttaa aallon vaimenemiseen ja sillä on vähäinen vaikutus heijastumiseen. Jos susceptibiliteetin ja dielektrisyiden yhteisvaikutusta kuvataan suureella ϵ , voidaan käytännön maatutkaluotauksessa pitäytyä yksinkertaisiin kaavoihin:

Aallon etenemisnopeus	$v = c/\epsilon$	(1)
Rajapinnan syvyys	$s = v \cdot t/2$	(2)
Heijastuskerroin	$K = (\epsilon_2 - \epsilon_1)/(\epsilon_2 + \epsilon_1)$	(3)
Läpäisykerroin	$R = 1 - K$	(4)
Vaimeneminen väliaineessa	$A = 1635 \cdot \epsilon$	(5)
Aallonpituus	$\lambda = 1000 \cdot c/(f \cdot \epsilon)$	(6)

joissa c = valon nopeus tyhjiössä (0,3 m/ns)
 ϵ = aallon etenemisnopeuteen vaikuttava suure
 t = kulku-aika väliaineessa (ns = 10E-9 s)
 A = vaimeneminen väliaineessa (dB)
 ϵ = väliaineen sähkönjohtavuus (S/m)
 f = taajuus (MHz)

Aallonpituus vaikuttaa ohuiden kerrosten erotuskykyyn. Maatutkaluotauksessa lähetetään puolitoista jaksoa sinimuotoista pulssia. Korkeataajuisilla antennilla, 500 MHz:stä alkaen, saadaan hyvä ohuiden kerrosten erottelukyky. Toisaalta syvyysulottuvuus pienenee myös merkittävästi. Matalataajuisilla antennilla erottelukyky on karkeampi, mutta syvyysulottuvuus on huomattavasti parempi kuin korkeataajuisilla antennilla.

Jos oletetaan väliaineen magnetoitumiskyky eli susceptibiliteetti pieneksi, eli väliaineessa ei ole magnetoituvia ainesosia, em. kaavat 1-4 riippuvat pelkästään dielektrisyydestä. Kuivien aineiden dielektrisyys on noin 4. Ilman dielektrisyys on 1 ja veden 81. Veden ja ilman määrän vaihtelu huokoisessa väliaineessa vaikuttavat ratkaisevasti sähkömagneettisen aallon etenemisnopeuteen ja rajapinnalla tapahtuvaan aallon heijastumiseen.

Sähkömagneettisen aallon vaimeneminen väliaineessa on suoraan verrannollinen väliaineen sähkönjohtavuuteen. Jokaisella sähköisellä rajapinnalla tapahtuu sen luonteesta riippuva jakautuminen heijastuvan ja läpäisevän aallon osiin. Lisäksi aalto edetessään leviää suuremmalle alalle, joten energia pinta-alayksikköä kohden pienenee.

Sähköä hyvin johtavissa väliaineissa (johtavuus yli 10nS/m) on vaimeneminen väliaineessa merkittävää. Jos väliaineen johtavuus on pieni, mutta sähköisiä rajapintoja on runsaasti, vähentävät moninkertaiset heijastukset maatutkauksen tunkeutumisvyyttä. Kun johtavuus on pieni ja heijastavia rajapintoja vähän (esim. ehjä kallio), aalto vaimenee antennin ja heijastavan rajapinnan etäisyyden funktiona. Sähkömagneettinen aalto heijastuu ja läpäisee jokaisen rajapinnan myös ylöspäin saapuessaan.

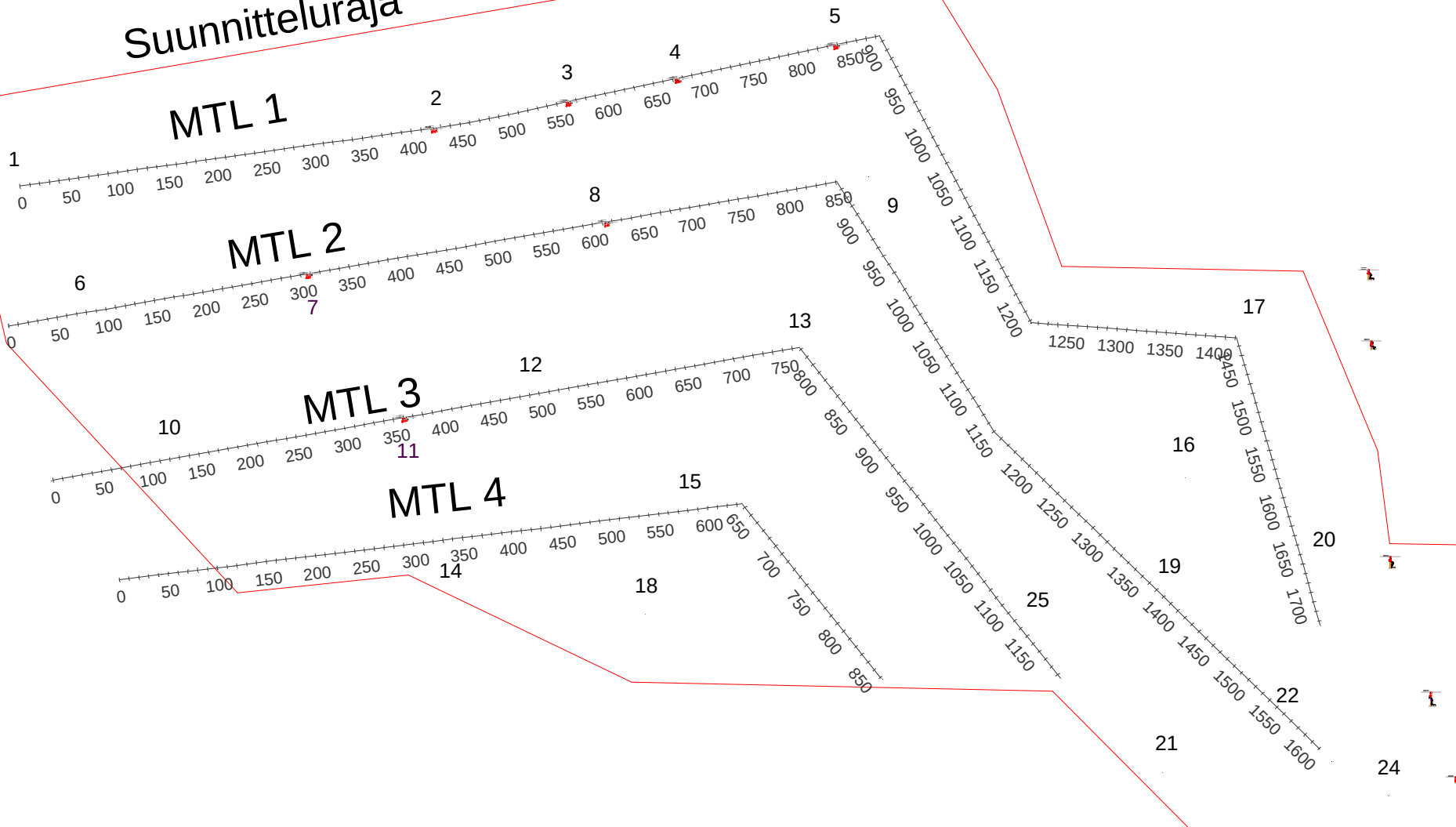
Koska antennien keilakulma on $n\ 45^\circ$, antenni rekisteröi linjalla olevat heijastavat kappaleet ennen ja jälkeen niiden todellista paikkaa ja havaitsee myös sivulla olevat kohteet. Suoraan mittauslinjalla oleva aallonpituuteen nähden suuri kappale vaikuttaa alla olevien rajapintojen muotoon. Esimerkiksi järven pohjalla oleva kivi aiheuttaa tutkakuvassa järven pohjan "hyppäämisen ylös". Mittauslinjan sivulla oleva heijastava kohde näkyy tutkaprofiilissa yhdessä antennin alta saapuvien heijastuksien kanssa. Useimmiten sivuheijasteiden merkitys on mitätön.

Jos välikerros on paksuudeltaan alle puolitoista aallonpituutta, vaikuttavat peräkkäiset heijastukset toisiinsa. Heijastuksen taajuus muuttuu ja peräkkäiset heijastukset saattavat vaimentaa toisensa. Ilmiö riippuu sähkömagneettisen aallon rajapintojen välissä kuluttamasta ajasta sekä rajapinnoilla tapahtuvasta vaihekulmien muutoksista.

Kohdatessaan sähköisen rajapinnan korkeataajuinen sähkömagneettinen aalto taittuu ja heijastuu optiikan lakien mukaan. Koska aaltoa heijastavalla pinnalla täytyy olla myös tietty laajuus (pinta-ala), maatutkalla ei voida havaita pystyjä tai lähes pystyjä kapeita rakenteita, jos mittaus tehdään väliaineen pinnalta. Tämä koskee kuitenkin lähinnä tavanomaista maatutkaluotausta, jolloin mittaus tapahtuu tasolta ja lisäksi mittausnopeus on hyvin suuri pystyrakenteen kokoon nähden.

Suunnitteluraja

MTL 1



www.geo-work.com

Projekti

Bastukärr

Sipoo

Maatutkalinjat

Mittakaava 1:6000

Tekijä TM

Päiväys 06.03.2012

Asiakas

FCG

