

Vastusmittaukset Pyhäjärven Mullikkorämeen tutkimuskohteella
4.-7.10.1988.

Heikkinen Eero
Kääntee Pekka
Mursu Juha
Geofysiikan laitos
Oulun yliopisto
90570 OULU

MITTAUSTEN TARKOITUS

Tutkimuksen tavoitteena oli selvittää Outokumpu Oy:n malminetsinnän käyttöön, voidaanko vastakkaisilla aksiaalidipoliluotausprofiloinneilla (ADSP) havainnoida johtavia mineralisaatioita. Mittausten suunnittelu tehtiin yhteistyössä DI Timo Rekolan kanssa. Käytettävissä oli OKME:n alueella suorittamien mittausten tulokset. Lähetindipolien paikkojen valinnan ja tulkinnan tueksi suunniteltiin myös VLF-R -mittauksia.

MITTAUSTEN TOTEUTUS

Anomaliakarttojen perusteella mittausprofiilit sijoitettiin kulkemaan tunnetun mineralisaation yli. Mittaukset teki 4.-7.10.1988 kenttäryhmä Eero Heikkinen, Pekka Kääntee ja Juha Mursu.

Vastus- ja polaroituvuusmittaukset

Alueella mitattiin 10 ADSP-profiilia 10 metrin pistevälillä (8.52 km, 872 pistettä, liite 1). Virtadipolien pituudeksi valittiin 60 m ja jännitedipolin 20 m. Virtadipoliasemia oli yhteensä kolme, kullakin asemalla mitattiin useita rinnakkaisia profiileja. Dipolien keskipisteiden etäisyydet olivat 600, 620 ja 660 m (liite 1a). Lisäksi viidellä linjalla mitattiin polaroituvuus (396 pistettä, 3.860 km, liite 2). Profiili $x=66.950$ oli suunniteltu, muut jouduttiin mittaamaan IP-laitteella laitevian vuoksi. Mittaukseen käytettiin Oulun yliopiston Syscal IPR -laitetta, SP-kompensaatiolla varustettua millivolttimittaria ja polaroitumattomia jännite-elektrodeja.

VLF-R ja VLF-mittaukset

VLF-R -mittaukset tehtiin kulkua vastaan kohtisuorassa suunnassa (H-polarisaatio) sijaitsevaa norjalaista JXZ-asemaa (16.4 kHz) käyttäen, koska sen lähetys oli voimakas ja säännöllinen muihin asemiin verrattuna. Yhteensä mitattiin seitsemän profiilia (195 pistettä, 3.0 km, liite 3) 50 m välein. Pistevälinä käytettiin 20 m ja johteiden ympäristössä 10 m. Lisäksi mitattiin JXZ:n lähetystauon aikana geologisen kulun suunnassa (E-polarisaatio) sijaitsevaa FUU-asemaa (15.1 kHz) käyttäen 300 m VLF-R -menetelmällä (23 pistettä, liite 4) ja VLF-menetelmällä (31 pistettä, liite 5). Mittalaite oli OKME:n Geonics EM16R.

Tulosten käsittely

Tulosten käsittely tehtiin Oulun yliopistolla. Dipolimittausten osalta alustavan ulkinnan teki T. Pernu. Karttojen piirron sekä tulosten korreloinnin muiden menetelmien ja kairausten kanssa tekivät Mursu ja Heikkinen.

Ajankäyttö

Kenttämittauksiin ja niiden valmisteluun käytettiin 21 miestyöpäivää. Työtä hidastivat jonkin verran hirvenmetsästys ja laitevauriot. Kun käytettiin kahta lähetindipolia yhtäaikaan vastusmittaus vei aikaa 1-2 minuuttia ja polaroituvuusmittaus 3-4 minuuttia pistettä kohti siirtymisineen. Yhtä lähetindipolia käytettäessä ajat olisivat olleet lyhyempiä, mutta lähettimen siirrot ja kaksinkertainen kävely olisivat vieneet enemmän aikaa. Molempien lähetindipolien siirto kesti n. 2 tuntia. Pitkät profiilit kannattanee mitata käyttäen yhtä lähetintä kerrallaan, myös kahden vastaanottimen samanaikainen käyttö olisi mielekästä. VLF-R -mittaus vei aikaa kahdelta henkilöltä noin 5 tuntia. Pääosa siitä tehtiin vastusmittausjärjestelyn purkamisen aikana. Tulosten käsittelyyn käytettiin yhteensä 8 miestyöpäivää.

TULOKSET

Tulosten tulkinnat esitetään liitteillä 6-15. Seuraavaan on poimittu pääpiirteitä tehdyistä havainnoista.

Vastusmittaukset

Profiileilla $X=66.675 - 66.750$ havaitaan varjostuksen perusteella voimakas johdeindikaatio välillä $y= 58.800-58.900$. Johteen kulku on likimain SSW-NNE (liite 6). Kuvaajien maksimien symmetrian perusteella johde on aluksi pysty. Varjostus jatkuu kauemmas itään kuin länteen, joten kaade loivenee 50-60 m syvyydellä. Varjostuksen perusteella johde jatkuu yli 100 m syvyydelle, jossa se joko heikkenee merkittävästi tai kääntyy pystysuoraan asentoon (n.150 m yläreunasta itään). Mineralisaatio jatkuu selvästi etelään päin. Pohjoiseen mentäessä varjostus ja anomalian voimakkuus heikkenee, mikä osoittaa johteen heikkenemistä ja mahdollista yläreunan painumista syvemmälle. Pohjoisosassa ($x=66.750$) johteeseen liittyy magneettinen anomalia (liitteet 6 ja 13).

Linjalla $x=66.800$ on magneettinen johde kohdassa $y=58.550$ (liite 6). Johde kaatuu loivasti itään magneettisen anomalian muodon perusteella. Läntisen virtadipolin sijainti tämän johteen lähistöllä ei oleellisesti heikentänyt mittaustuloksia.

Välillä $y = 58.670 - 58.720$ kulkee koko alueen yli johdevyöhyke, jonka kaade on varjostuksen perusteella loivahko. Siihen liittyy linjalla $x=66.950$ pieni, n. 50 m syvä magnetoitunut johde kohdassa $y=58.800$. Syvyysulottuvuuden arviointi varjostuksen perusteella on epävarmaa johteen lyhyden vuoksi (liitteet 6 ja 15).

Polaroituvuusmittaukset

ADSP-järjestelmällä tehdyn polaroituvuusmittauksen tulokset ovat varsin vaikeaselkoisia. Kuitenkin anomalioita havaitaan samoilla kohdoin kuin OKME:nkin mittauksissa (liite 7). Anomalian aiheuttajia ei voida paikantaa pelkästään polaroituvuusmittausten perusteella. Jatkossa kannattanee ADSP-järjestelmällä tehdä ainoastaan vastusmittauksia ja mitata polaroituvuus esim. keskigradianttijärjestelmällä.

VLFR -mittaukset

Johdevyöhykkeet paikallistuvat vastuksen ja vaiheen perusteella selvästi (liite 6). Päämineralisaation jatketta voidaan seurata pitkälle pohjoiseen. Johteiden kaateita ja syvyysulottuvuutta voidaan myös arvioida. Edelleen havaitaan, että johde on epäjatkuva tai johteita on useita rinnakkain. Kaksikerrostapaukseen sovelletulla kaavalla (1)

$$(1) \quad z(m) = 356 * \sqrt{(\rho_a/f)}$$

E-polarisaatiomittauksen tuloksista laskettu johteen syvyys vastaa kairaustuloksia (liitteet 8 ja 12). Kaksikerrossovituksella (pintakerroksen ominaisvastus $350 \Omega m$) on saatu mineralisaatioita ympäröivän kiven ominaisvastukseksi $1000-2000 \Omega m$ (liite 9). Alueen itäosassa on mahdollista seurata eristävän kivilajin kontaktia myös vaiheen selvän alenemisen perusteella (liite 6). Eristävän kiven ominaisvastukseksi saatiin yli $4000 \Omega m$ (liite 9). VLF-R -menetelmää voidaan siis käyttää deformatuneen kivilajin rajaukseen.

E-polarisaatiolla mitatut vaiheet ovat H-polarisaatiolla mitattuja korkeampia, minkä perusteella kivilajit saattavat olla suuntautuneita. Johteet rajautuvat tarkemmin E-polarisaatiota käyttäen.

VLF-mittaukset

Myös VLF-tuloksissa johdeindikaatio on selvä. FRASER-suodatuksen tulos osoittaa johteen sijainnin ja kaateen (liite 10). Reaalikomponentin maksimi on yli kaksinkertainen imaginaarikomponentin maksimiin verrattuna, minkä perusteella johde on varsin hyvä. Anomaliat ovat samanmerkkiset, joten kontrasti isäntäkiven ja mineralisaation välillä on pienehkö ja pintakerros on suhteellisen johtava.

KAROUS-suodatuksen tuloksena saadusta virtatiheysjakaumasta (liitteet 11 ja 12) voidaan myös havaita kaade ja mahdollinen parhaan johteen sijainti.

OKME:n mittaukset ja kairaukset

Saatujen tulosten yhteensopivuus OKME:n mittausten ja kairausten kanssa on hyvä (liitteet 12-15). Kairauksin havaitut mineralisaatiot ovat paikannettavissa ADSP-mittauksilla. Mineralisaatioiden kaateen ja syvyysulottuvuuden arviointi on mahdollista vastakkaisten kuvaajien ja VLF-R -tulosten perusteella. Magneettisten tulosten avulla voidaan seurata johteiden magneettisia ominaisuuksia. Myös CP-mittauksen tulokset vastaavat ADSP:lla saatuja tuloksia (liite 6).

Päätelmiä

Koska johteet ovat riittävän pitkiä, niiden syvyysulottuvuutta voidaan tutkia tarkemmin kasvattamalla virtadipolien välistä etäisyyttä aina 2-3 km ja kokoa 100-200 m saakka, jolloin voitaisiin etsiä myös mahdollisia syväjohteita.

ADSP-mittauksilla voidaan paikantaa, rajata ja luokitella pystyjä tai suhteellisen loiva-asentoisiakin johteita ja kontakteja. Tärkeää on kuitenkin valita sopivat lähetindipolien paikat ja profiilin suunta likimain kohtisuoraan kulkua vastaan. Profiilien sijoituksen määrittämiseen on syytä käyttää VLF-R - magneettisia tunnusteluprofiileja. Riittävän tiheä pisteväli mahdollistaa myös esimerkiksi johteiden yhtenäisyyden ja magneettisten ominaisuuksien tulkinnan.

YHTEENVETO

Tulokset osoittavat, että vastakkaisia aksiaalidipoliluotausprofilointeja voidaan käyttää ympäristöään johtavampien muodostumien etsintään ja rajaukseen. Menetelmä on luotettava ja suhteellisen nopea. Lisäksi se on epäherkkä sivilisaatiohäiriöiden (sähkölinjat, ym) vaikutukselle. Tulosten tulkinta yhdessä muiden menetelmien kanssa tarjoaa käyttökelpoista tietoa malmien etsintään.

PYHÄSALMI, Mullikkoräme

1988-10-05

VLF-R -MITTAUS (E-POL)

GEONICS EM16R (FUO)

OHMM ASTE

58.600, 59.100, 66.6, 66.8

1

15.1

23

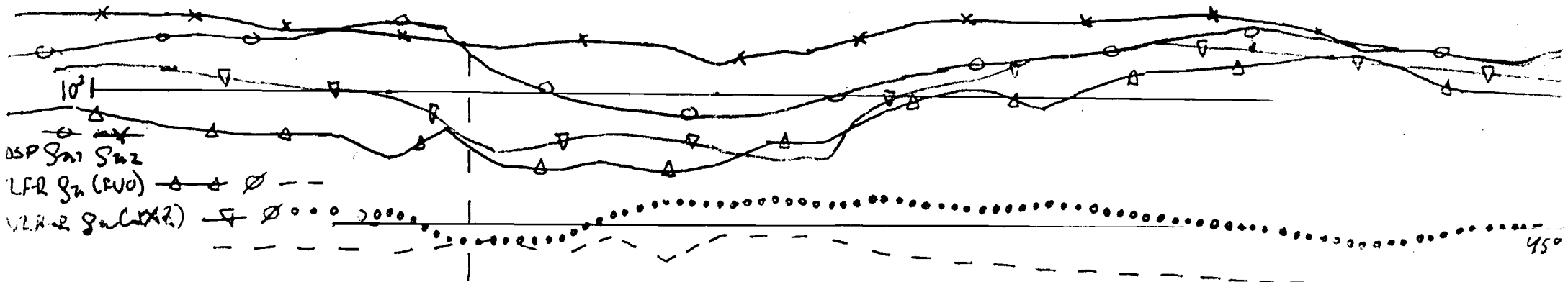
58.70, 59.00, 66.700, 66.700

			Z (m)
58.70	550.0	46.0	67.9
58.72	700.0	48.0	76.7
58.74	500.0	50.0	64.8
58.76	450.0	48.0	61.5
58.77	450.0	46.0	61.5
58.78	300.0	48.0	50.2
58.79	500.0	40.0	
58.80	260.0	40.0	
58.81	240.0	40.0	
58.82	280.0	47.0	48.5
58.83	240.0	51.0	44.9
58.84	260.0	50.0	46.0
58.85	400.0	52.0	58
58.86	400.0	50.0	58
58.87	650.0	52.0	74
58.88	900.0	50.0	87
58.89	1000.0	49.0	92
58.90	700.0	51.0	77
58.92	1400.0	47.0	108
58.94	1600.0	44.0	156
58.96	2000.0	39.0	
58.98	1100.0	45.0	96.1
59.00	1000.0	46.0	91.6

$$Z(m) = 356 \cdot \sqrt{\frac{\rho_a(\Omega m)}{f(Hz)}} = 356 \cdot \sqrt{\frac{\rho_a(\Omega m)}{15100}}$$

$$= 2.8711 \cdot \sqrt{\rho_a}$$

SUVELTUU TAPAJUKSEEN, JOSKA
 VÄLIT ON YLI 45"
 ANTA LUKUMÄÄRÄISEN YKSIKÖN
 SUURYHDEN.



158.800

PY0/MU-3

MU-29

MU-4

50°

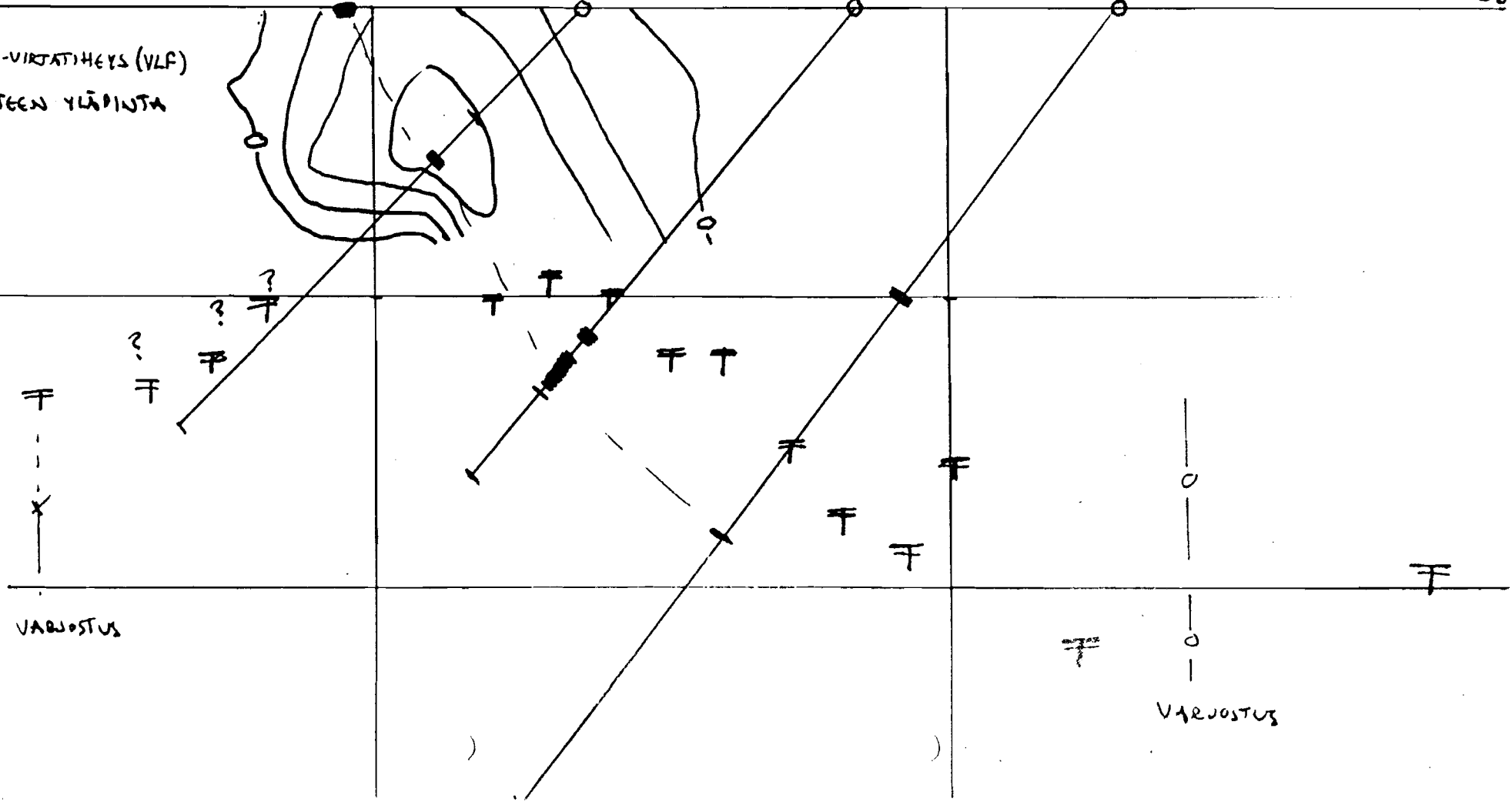
0 m

— KAROUS-VIRTATIHEYS (VLF)

T T JOHTEEN YLÄPINTÄ

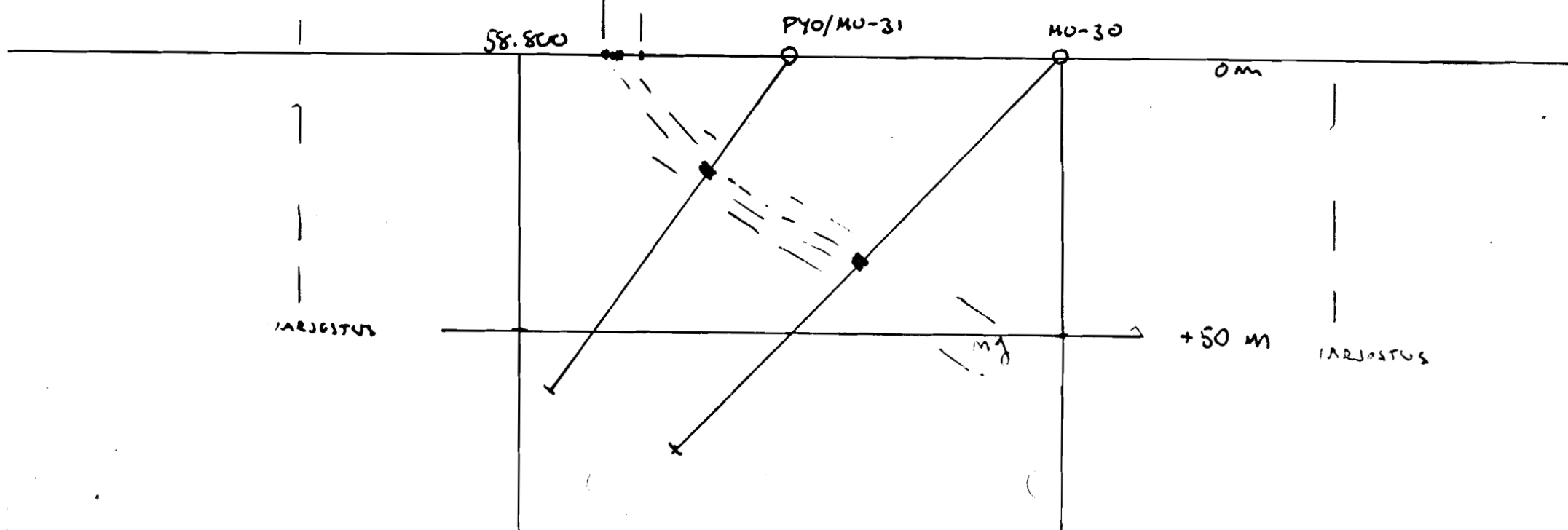
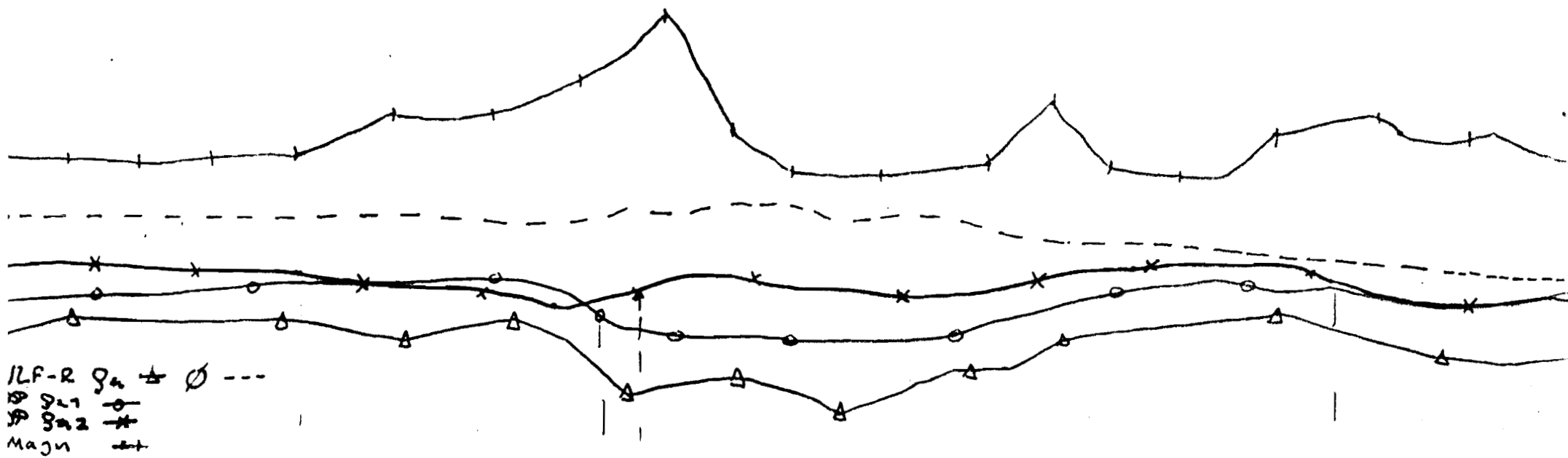
+50m

+100m



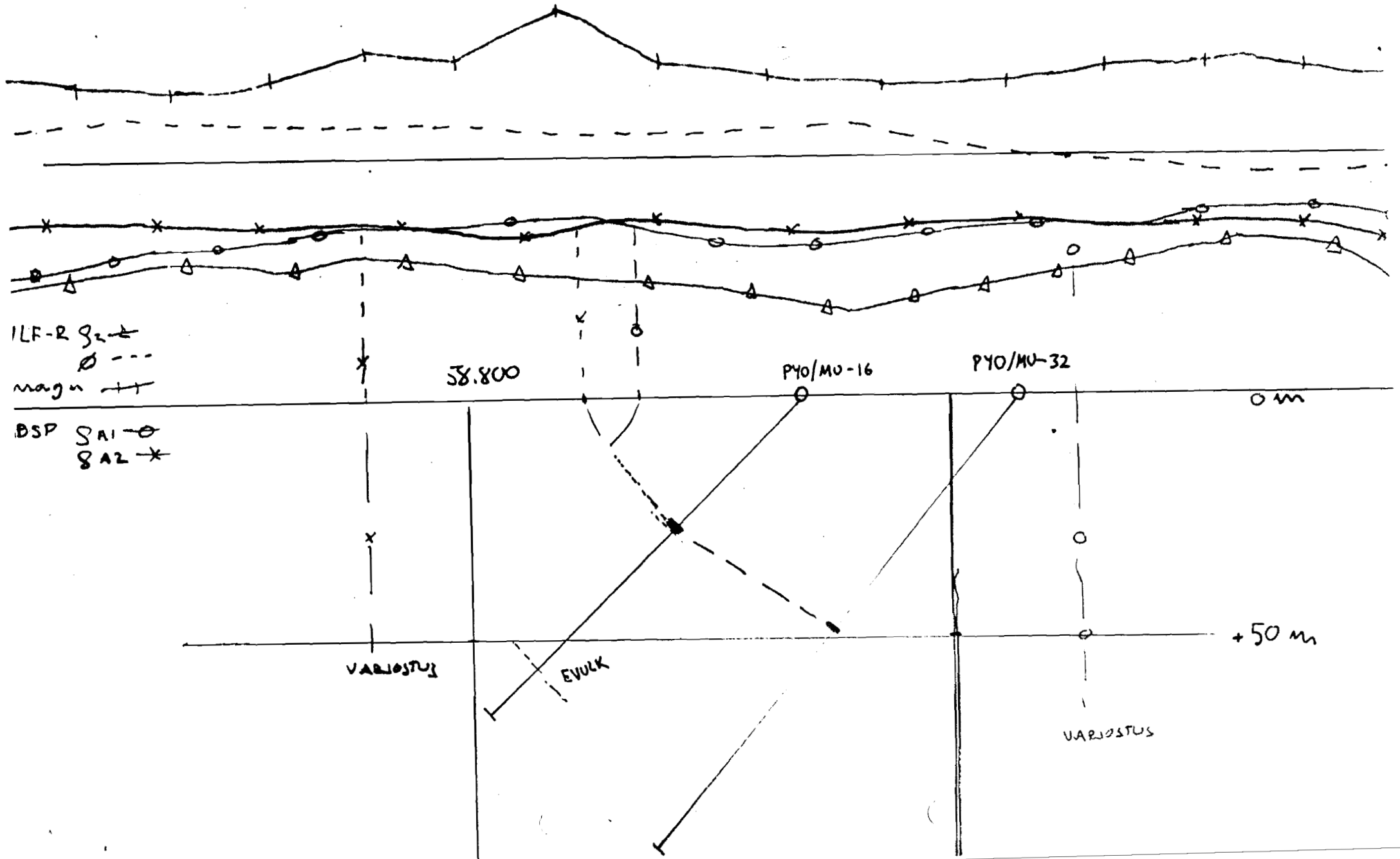
LITE 13

PROFIL 111 Y = 66.750



LIITE 14

PROFILI Y = 66.80



ILF-R g₂ ±
o ---
mag u ++
BSP S A1 - o
S A2 - x

38.800

PYO/MU-16

PYO/MU-32

0 m

+50 m

VARIOSTUS

EVULK

VARIOSTUS

DSP σ_{A1} $\circ-\circ$
 σ_{A2} $\times-\times$
 σ_2 $\triangle-\triangle$
 \emptyset $---$
 magm. $++$

LIITE 15
 PROFIILI Y=66.950

