

MAGNETSKA ISTRAŽIVANJA KOMBINACIJOM RAZLIČITIH MAGNETOMETARA

Tihomir GREGL i Željko ZAGORAC

Rudarsko-geološko-naftni fakultet Sveučilišta u Zagrebu, Pierottijeva 6, 41000 Zagreb, Hrvatska

Ključne riječi: Geomagnetika, Protonski magnetometri, Kvaliteta mjerenja.

Analizirana je kvaliteta mjerenja s dva modela protonskih magnetometara, koji su konstruirani na principu nuklearne magnetske rezonancije, ali se razlikuju u izvedbi. Također je ispitana mogućnost njihovog zajedničkog rada.

Key-words: Geomagnetics, Proton Magnetometers, Quality of Measurements.

Quality of measurements is analysed using two models of proton magnetometers, based on the principle of the nuclear magnetic resonance, but of different design. Possibilities of their simultaneous use is also investigated.

Uvod

Katedra za primijenjenu geofiziku i rudarska mjerenja nabavila je 1979. godine protonski magnetometar model GM-122, firme Barringer Research Limited, Canada. Od firme Gem Systems Inc. Canada, Katedra je 1990. god. dobila na dar dva komada protonskih magnetometara, model GSM-18, zahvaljujući gosp. dr. sc. I. Hrvoiću, dipl. ing., koji je njihov konstruktor i proizvođač.

Oba modela su konstruirani na principu nuklearne magnetske rezonancije (Hrvoić, 1972), međutim, razlikuju se u izvedbi. Model GM-122 na naredbu opažača obavi mjerenja a rezultat na pokazivaču (display) zapiše zapisničar. Instrumentni GSM-18 imaju ugrađen mikroprocesor i memoriju. To im omogućuje da mjerenje obave prema naredbi ili automatski u programirano vrijeme. Imaju mogućnost sinkronog mjerenja dnevne promjene na bazi s mjerenjima na terenu, pohranjivanja izmjerenih podataka, obavljanja korekcije s dnevnom promjenom i mogućnost reprodukcije podataka (na pokazivač, pisač ili disketu) (Hrvoić, 1987).

Budući da se instrumenti u svojoj konstrukciji razlikuju, oni imaju različite mogućnosti rada. Provedenim istraživanjima uspoređena je kvaliteta njihovih mjerenja, mogućnost zajedničkog rada te optimalne mogućnosti njihove primjene. Rješavanje te problematike je specifični zadatak, pa su u tu svrhu razvijene odgovarajuće metode mjerenja i obrade podataka te izabrani povoljni parametri za usporedbu.

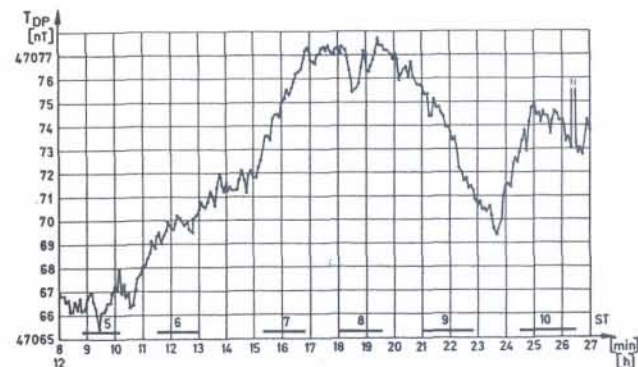
Na terenskim mjerenjima sudjelovali su tehničar Mladen Pejaković i studenti RGN-fakulteta.

Metoda mjerenja

Pri geomagnetskim mjerenjima na terenu potrebno je radi korekcije dobivenih podataka poznavanje promjena magnetskog polja zemlje tijekom dana (dnevne promjene) (Breiner, 1973).

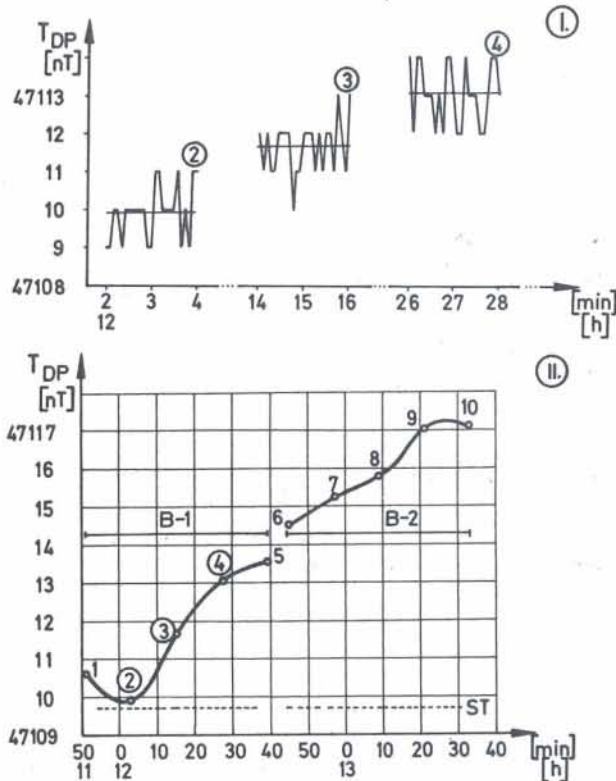
Dnevne promjene mogu se dobiti od geomagnetskog opservatorija, ili ih možemo sami izmjeriti. Korištenje podataka iz geomagnetskog opservatorija je nepraktično. Najbolji se rezultati postižu mjerenjem s više instrumenata. Jedan instrument ostaje u bazi, a drugi mjeri(e) po terenu. Raspolaze li se samo s jednim instrumentom problem je dobiti točne podatke o dnevnoj promjeni. U tom se slučaju u početku i na kraju radnog dana izmjeri podatak o dnevnoj promjeni u bazi. Tijekom dana se između ta dva mjerenja vraća što češće u bazu. Terenske prilike zbog ekonomičnosti rada ne dopuštaju višekratni dolazak u bazu. Može se pomoći s podacima koji se dobivaju ponavljanjem mjerenja na bilo kojem stajalištu na terenu. Ti su podaci relativni i oni samo ukazuju na trend dnevne promjene u opazano vrijeme.

Ovaj rad ukazuje na mogućnost poboljšanja točnosti mjerenja s instrumentom GM-122 u kombinaciji s instrumentima GSM-18. Pošto instrument GM-122 nema mogućnost sinkronog mjerenja, potrebno ga je improvizirati. Mjerenja su provedena tako da



Sl. 1.1 Isječak iz dijagrama dnevne promjene (T_{DP}) mjerene instrumentom GSM-18 i oznake vremena opažanja na stajalištima (ST) profila od 5 do 10

Fig. 1.1 Part of the daily variation (T_{DP}) graph, measured with the magnetometer GSM-18. Reading times on the stations (ST) on profiles 5 to 10 are marked



Sl. 1.2 Dijagram dnevne promjene (T_{DP}) mjerene instrumentom GM-122 (II.) i opažanja tri intervala dnevne promjene (I.)

Fig. 1.2 Graph of the daily variation (T_{DP}) measured with the instrument GM-122 (II.), three intervals of measurements are given (I.)

se instrument GSM-18 sinkronizira sa satom zapisničara.

Podaci mjerenja svakog modela magnetometra prikazani su pojedinačno i njihov zajednički rad. Oznaka B korištena je za magnetometar firme Barringer, a oznaka G za magnetometar firme Gem. Na terenu su obavljena mjerenja u slijedećim kombinacijama:

Bazni	G	G	B	B
Mobilni:	G	B	G	B

U tekstu će pri oznaci kombinacije prvo slovo označiti koji je instrument bio bazni, a drugo koji je bio mobilni.

Mjerenja su obavljena na Zagrebačkoj gori, na cesti Kraljičin Zdenac – Medvedgrad. Mjereni je profil imao dvije baze i 10 točaka. Baze su bile svaka s jedne strane profila. Baza 1 (b-1) bila je pored točke 1, a baza 2 (b-2) pored točke 10.

Prilikom mjerenja sinkronizacija je bila odabrana na 5 sekundi. To znači da su instrumenti za mjerenje dnevne promjene bili programirani izvoditi očitavanja svakih 5 sekundi. Ako su radili kao mobilni tada su nakon naredbe za mjerenje pričekali slijedeće programirano vrijeme od 5 sekundi i tada izvršili mjerenje. Pri mjerenju s instrumentom B mjerilo se prema satu zapisničara na 5 sekundi (preporuča se da opažatelj nema sat).

Mjerenja prve tri kombinacije obavljana su s dva instrumenta. Jedan je instrument bio na bazi (bazni),

a drugi je pomican od točke do točke duž profila (mobilni). Mjerenja su obavljena tako da su se pri mjerenju dnevne promjene na b-1 izmjerile točke na profilu od 1 do 10, te ponovo od 10 do 1. Zatim se mjerenjem dnevne promjene na b-2 mjerenje na profilu ponovilo. Time se na svakoj točki obavilo četiri grupe mjerenja. Pri svakom mjerenju na pojedinom stajalištu učinjena su 20 očitavanja. Shema kretanja duž profila prikazana je na slikama od 2. 1. (II.) do 2. 4. (II.).

Kod mjerenja prve dvije kombinacije dnevna promjena mjerena je instrumentom G kontinuirano svakih 5 sekundi tijekom cijelog vremena opažanja. U prvoj je kombinaciji instrument G bio i mobilni, pa nije bilo problema u sinkronom vremenu, jer su instrumenti bili tako programirani prije početka rada. U drugoj je kombinaciji mobilni bio instrument B. Tada je prije početka rada bio usklađen »ugrađeni sat« instrumenta G sa satom zapisničara na točno vrijeme od 5 sekundi. Primjer mjerenja dijela dnevne promjene instrumentom G prikazan je na sl. 1.1.

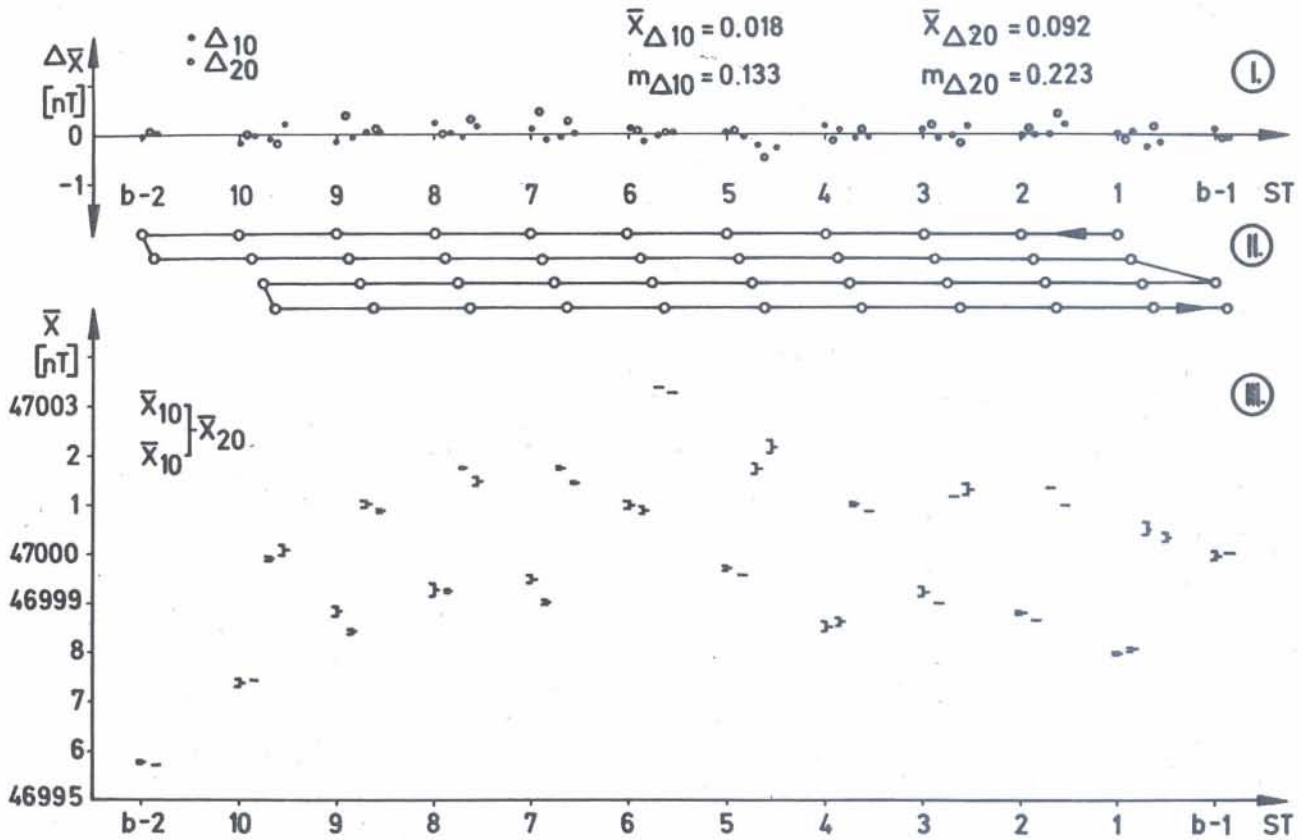
U trećoj kombinaciji u bazi je bio instrument B. Prije početka rada usklađeni su satovi kao i u kombinaciji 2. Budući da instrument B može raditi samo prema naredbi opažatelja, dnevna se promjena opažala diskontinuirano. Opažanje je obavljeno tako da se očitalo 25 podataka svakih 5 sekundi, a zatim je bila stanica od 10 minuta, pa ponovno 25 očitavanja itd. Takvim postupkom dobilo se 5 mjerenja dnevne promjene na b-1 i 5 mjerenja na b-2.

Mjerenja u četvrtoj kombinaciji izvođena su samo s jednim instrumentom (B) u bazama i na točkama profila. Redoslijed je mjerenja bio slijedeći: izmjerila se dnevna promjena u b-1 (25 očitavanja), zatim se mjerilo po točkama profila od 1 do 10 (20 očitavanja/točka) te ponovno dnevna promjena u b-1 i na točkama profila 10–1 i završno dnevna promjena u b-1. Na isti način izvedena su mjerenja na točkama profila, ali uz mjerenje dnevne promjene u b-2. Ova mjerenja dnevne promjene izvedena su u relativno malim vremenskim razmacima. Primjer dijela konstrukcije dijagrama dnevne promjene mjerene instrumentom B prikazan je na sl. 1. 2.

Obrada podataka mjerenja

Protonski magnetometri mjere jakost totalnog magnetskog polja, a izmjerena vrijednost označena je simbolom T_m . Dnevna promjena magnetskog polja ima oznaku T_{DP} . Korigirana vrijednost izmjerene jakosti magnetskog polja s dnevnom promjenom označena je simbolom T.

Pri mjerenju prve kombinacije (G-G) korekcija se izvodi automatski. Po završetku terenskog mjerenja oba se instrumenta povežu jednim kabelom i mobilnom se instrumentu daje odgovarajuća naredba. On tada prema svom memoriranom vremenu mjerenja potraži u baznom instrumentu za to isto vrijeme izmjerenu T_{DP} , »očita« ju, i s njom u svojoj memoriji korigira izmjerene vrijednosti T_m i takvu vrijednost T također memorira. Račun korekcija za čitav dan mjerenja gotov je za par minuta. U ostalim kombinacijama takva korekcija obračunava se »ručno«.



Sl. 2.1 Dijagram statistički obradenih podataka mjerenja izračunatih po stajalištima (ST) za mjerenu kombinaciju G-G:
 I. razlike aritmetičkih sredina Δ_{10} i Δ_{20}
 II. obilazak stajališta duž profila
 III. aritmetičke sredine \bar{X}_{10} i \bar{X}_{20}

Fig. 2.1 Diagram of statistically processed measured data, computed on stations for the measurement combination G-G:
 I. differences of arithmetic means Δ_{10} and Δ_{20}
 II. succession of measurements on profiles
 III. arithmetic mean values of \bar{X}_{10} and \bar{X}_{20}

Kod mjerenja druge kombinacije izmjerena T_{DP} instrumentom G ispisala se uz odgovarajuću naredbu na štampaču, a korekcija T_m izračunava se u zapsniku mjerenja.

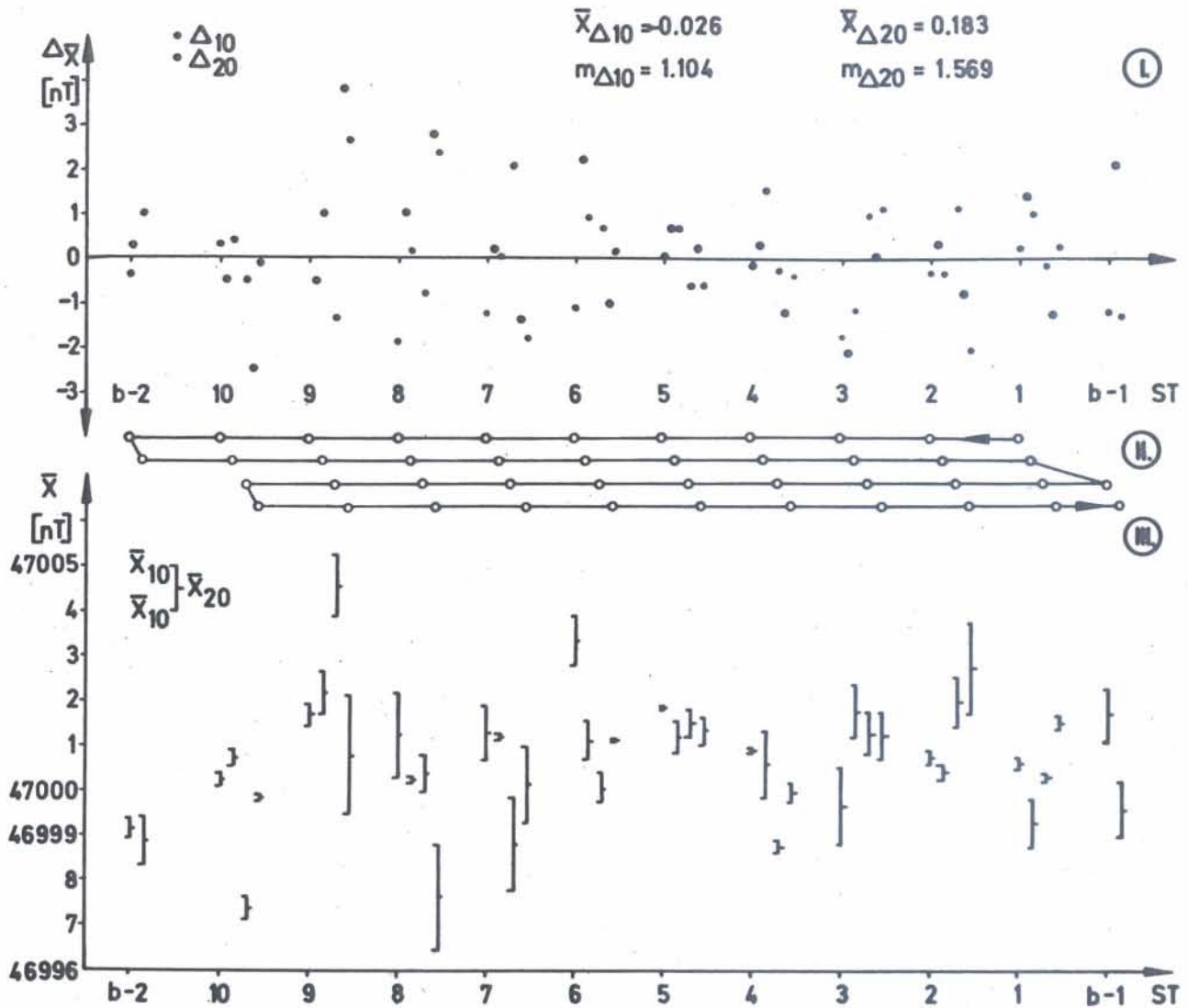
Primjer dijela dijagrama dnevne promjene (19 minuta) za drugu kombinaciju prikazan je na sl. 1. 1. U tom je primjeru mjerenje trajalo 3 sata. To znači da cijeli dijagram ima $3 \times 60 \times 12 = 2160$ podataka. Kada bi se u dijagram unijeli svi podaci mjerenja s razmakom 1 mm, dijagram bi bio dugačak 2160 mm. Na segmentu toga dijagrama (sl. 1. 1) osim osnovne izmjene DP u 24 sata, postoje oscilacije kao šum smetnji instrumenta i značajne oscilacije od 8 nT tijekom 4 minute. Na toj je slici prikazano i vrijeme opažanja na stajalištima od 5 do 10. Prilikom mjerenja na stajalištu broj 9 dnevna promjena je 4,7 nT.

U trećoj i četvrtoj kombinaciji dnevna promjena mjerena je instrumentom B u intervalima 5 sekundi s 25 očitavanja. Od tako dobivenih 25 podataka izračunala se aritmetička sredina. Za taj interval opažanja izračunala se sredina vremena mjerenja. Ti su se podaci unijeli u dijagram: T_{DP} – vrijeme. Dobivene točke spojene su pretpostavljenom »krivuljom« u dijagram dnevne promjene. Iz tog dijagrama očitava se iznos T_{DP} za korekciju T_m prema vremenu opažanja.

Primjer konstrukcije dijagrama dnevne promjene iz podataka treće kombinacije mjerenja prikazan je

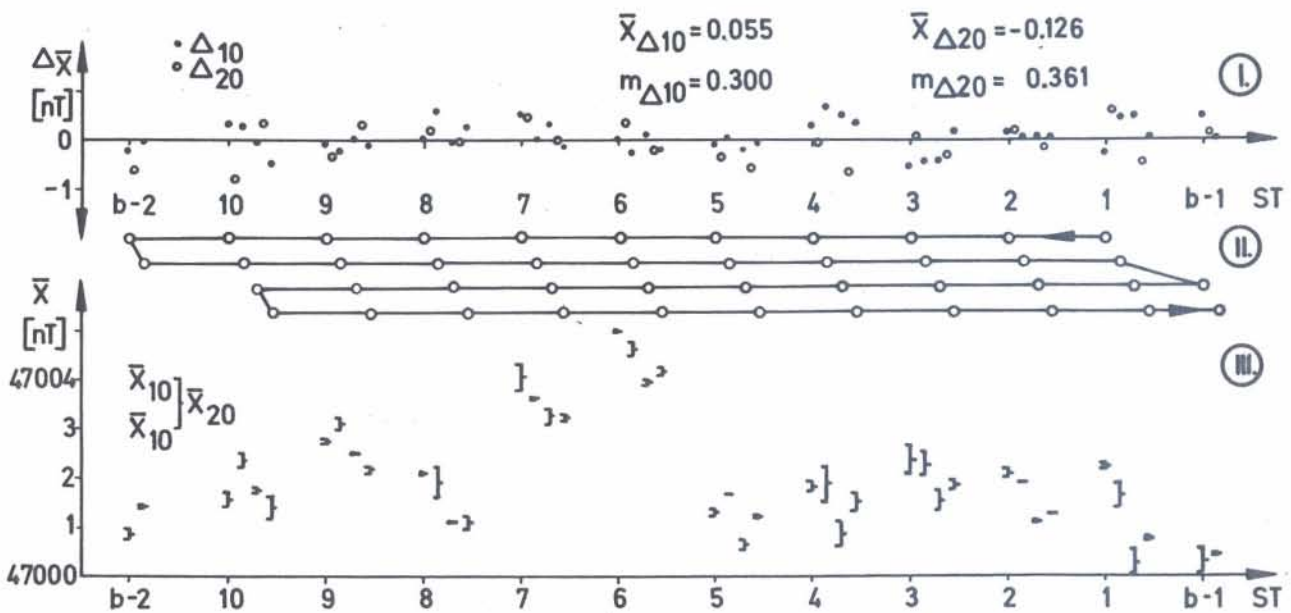
na sl. 1. 2. Prikazana su samo 3 mjerenja dnevne promjene (bilo je 10 mjerenja). Ova krivulja dnevne promjene je »glatka« u odnosu na primjer krivulje dnevne promjene u sl. 1. 1.

S korigiranim vrijednostima T pristupilo se daljoj obradi. Podaci T za pojedina stajališta u sebi sadrže svoju individualnu vrijednost. Zbog toga se njihove vrijednosti radi ocjene kvalitete mjerenja međusobno ne mogu uspoređivati. Da bi se mogla izvesti usporedba kvalitete mjerenja, potrebno je utvrditi metodu mjerenja i obradu. Provedenom metodom mjerenja dobiveni su podaci od 20 očitavanja svakog mjerenja na pojedinom stajalištu. Na svakom su stajalištu izvedena 2 mjerenja uz jednu bazu i 2 mjerenja uz drugu bazu. Svako mjerenje od 20 očitavanja podijelilo se u dvije grupe. Za sve formirane grupe očitavanja mjerenja izračunate su aritmetička sredina (\bar{X}), srednja pogreška jednog mjerenja – standardna devijacija (m) i srednja pogreška aritmetičke sredine – standardna pogreška (M) (Čubranić, 1958; Macarol, 1950). Taj račun dao je za svako stajalište: za grupu od 10 očitavanja 8 podataka (\bar{X}_{10} , m_{10} i M_{10}), za 20 očitavanja 4 podatka (\bar{X}_{20} , m_{20} i M_{20}) i za grupu od 40 očitavanja 2 podatka (\bar{X}_{40} , m_{40} i M_{40}). Iz tih aritmetičkih sredina izračunale su se razlike Δ_{10} , Δ_{20} i Δ_{40} . Za svaku grupu tih razlika su se također izračunale veličine \bar{X} , m i M za pojedinu kombinaciju mjerenja. Dobiveni podaci \bar{X}_{10} , \bar{X}_{20} , Δ_{10} , Δ_{20} , $\bar{X}_{\Delta 10}$, $\bar{X}_{\Delta 20}$, $m_{\Delta 10}$ i $m_{\Delta 20}$ za svaku kombinaciju



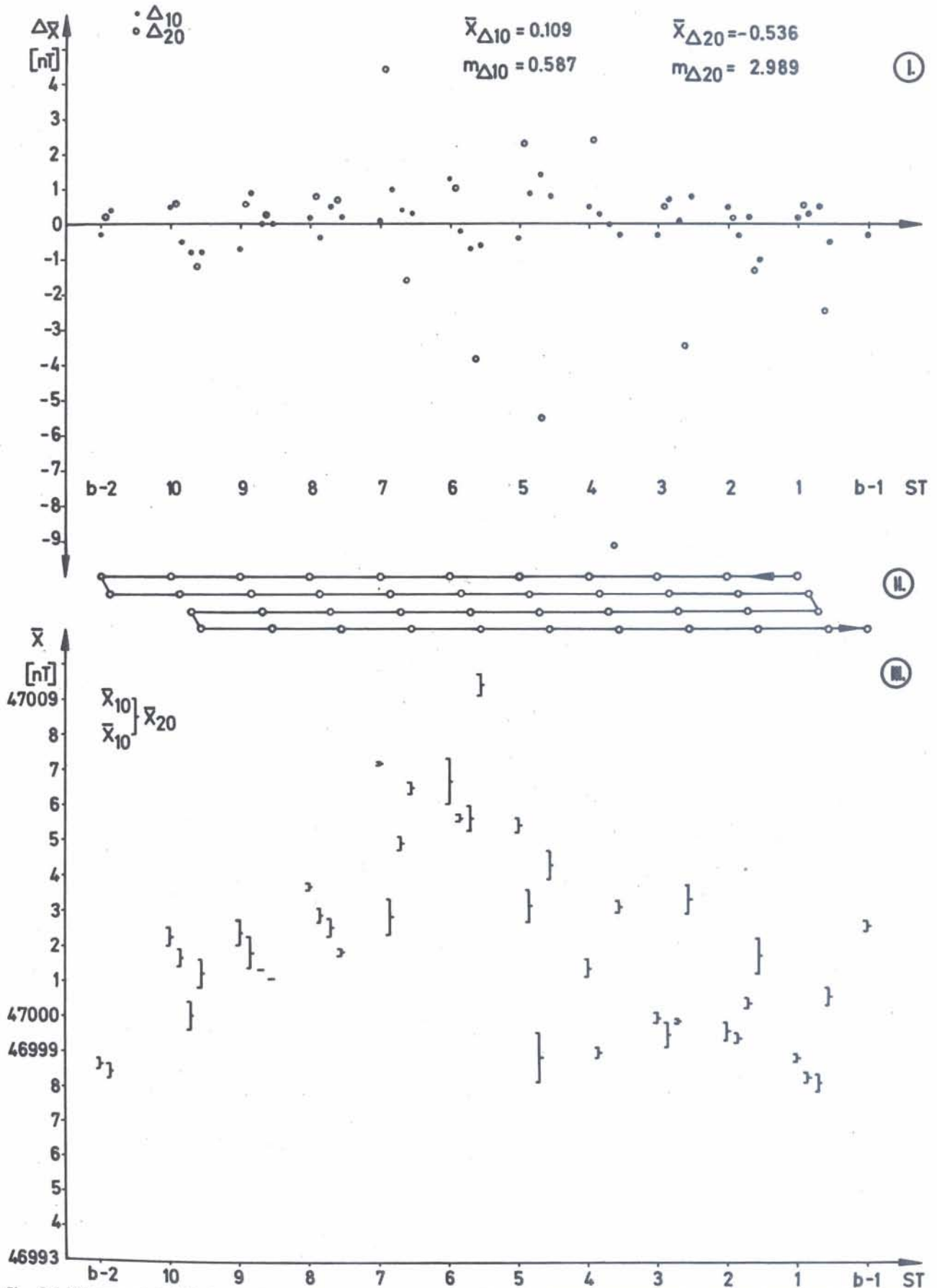
Sl. 2.2 Dijagram statistički obradenih podataka mjerenja izračunatih po stajalištima (ST) za mjerenu kombinaciju G-B:
 I. razlike aritmetičkih sredina Δ_{10} i Δ_{20}
 II. obilazak stajališta duž profila
 III. aritmetičke sredine \bar{X}_{10} i \bar{X}_{20}

Fig. 2.2 Diagram of statistically processed measured data, computed on stations for the measurement combination G-B:
 I. differences of arithmetic means Δ_{10} and Δ_{20}
 II. succession of measurements on profiles
 III. arithmetic mean value of \bar{X}_{10} and \bar{X}_{20}



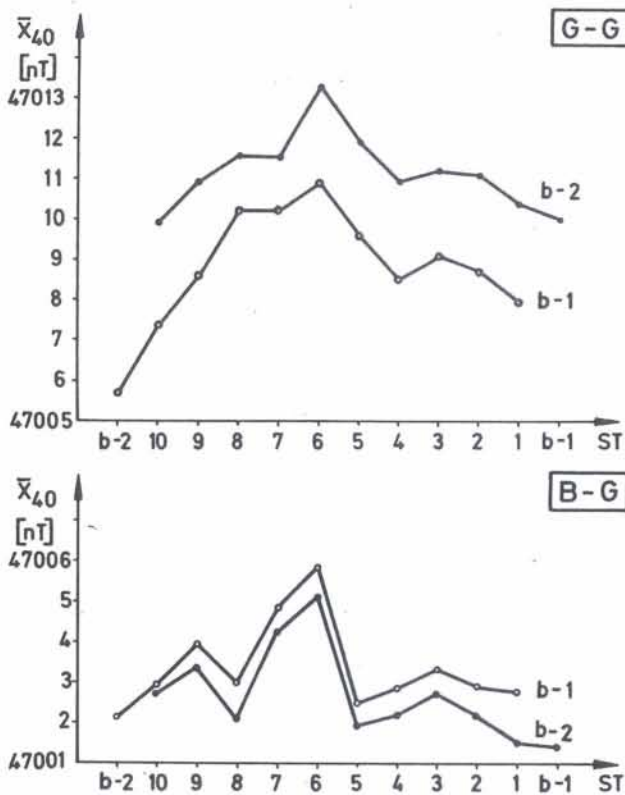
Sl. 2.3 Dijagram statistički obradenih podataka mjerenja izračunatih po stajalištima (ST) za mjerenu kombinaciju B-G:
 I. razlike aritmetičkih sredina Δ_{10} i Δ_{20}
 II. obilazak stajališta duž profila
 III. aritmetičke sredine \bar{X}_{10} i \bar{X}_{20}

Fig. 2.3 Diagram of statistically processed measured data, computed on stations for the measurement combination B-G:
 I. differences of arithmetic means Δ_{10} and Δ_{20}
 II. succession of measurements on profiles
 III. arithmetic mean values of \bar{X}_{10} and \bar{X}_{20}



Sl. 2.4 Dijagram statistički obradenih podataka mjerenja izračunatih po stajalištima (ST) za mjerenu kombinaciju B-B:
 I. razlike aritmetičkih sredina Δ_{10} i Δ_{20}
 II. obilazak stajališta duž profila
 III. aritmetičke sredine \bar{X}_{10} i \bar{X}_{20}

Fig. 2.4 Diagram of statistically processed measured data, computed on stations for the measurement combination B-B:
 I. differences of arithmetic means Δ_{10} and Δ_{20}
 II. succession of measurements on profiles
 III. arithmetic mean values of \bar{X}_{10} and \bar{X}_{20}



Sl. 2.5 Dijagrami aritmetičkih sredina \bar{X}_{40} podataka mjerenja izračunatih po stajalištima (ST) i korigiranih s dnevnom promjenom na b-1 i b-2

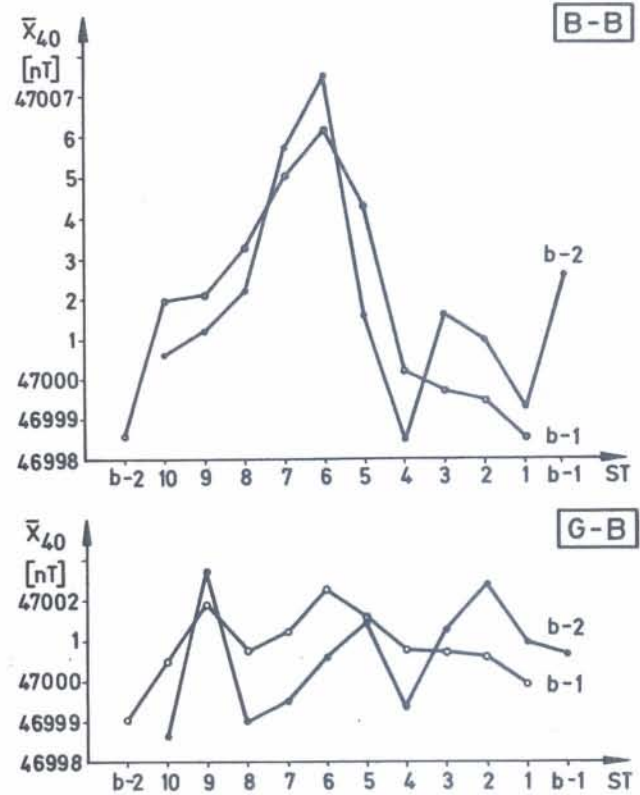


Fig. 2.5 Diagrams of arithmetic means \bar{X}_{40} of measured data computed on stations (ST) and corrected for daily variation on b-1 and b-2

mjerenja prikazani su na slikama od 2. 1. do 2. 4. Na apscisi dijagrama označena su stajališta. Budući da su na svakom stajalištu izvedena 4 mjerenja na dijagramu su pojedina mjerenja istoga stajališta prikazana tako, da su međusobno malo pomaknuta.

Na sl. 2. 5. prikazane su aritmetičke sredine (\bar{X}_{40}) dnevne promjene na istoj bazi, odvojeno za svaku kombinaciju mjerenja. Na sl. 2. 6. prikazane su razlike podataka svakog stajališta s obzirom na dnevne promjene dviju baza (Δ_{40}). Za te su podatke također izračunane vrijednosti \bar{X} , m i M . Na slikama su vidljive razlike kvalitete podataka na pojedinim stajalištima za određenu kombinaciju mjerenja.

Da bi se mogla usporediti kvaliteta mjerenja između pojedinih kombinacija, na sl. 3. 1. su prikazani podaci $\bar{X}_{\Delta 10}$, $m_{\Delta 10}$, $\bar{X}_{\Delta 20}$ i $m_{\Delta 20}$. Za usporedbu kvalitete očitavanja na pojedinom stajalištu i kombinaciji, izračunati su \bar{X} , m i M . Podaci \bar{X}_{m10} , m_{m10} , \bar{X}_{m20} i m_{m20} prikazani su na sl. 3. 2. Na sl. 3. 3. su prikazani $\bar{X}_{\Delta 40}$ i $m_{\Delta 40}$ zajedno za sve četiri kombinacije mjerenja.

Interpretacija

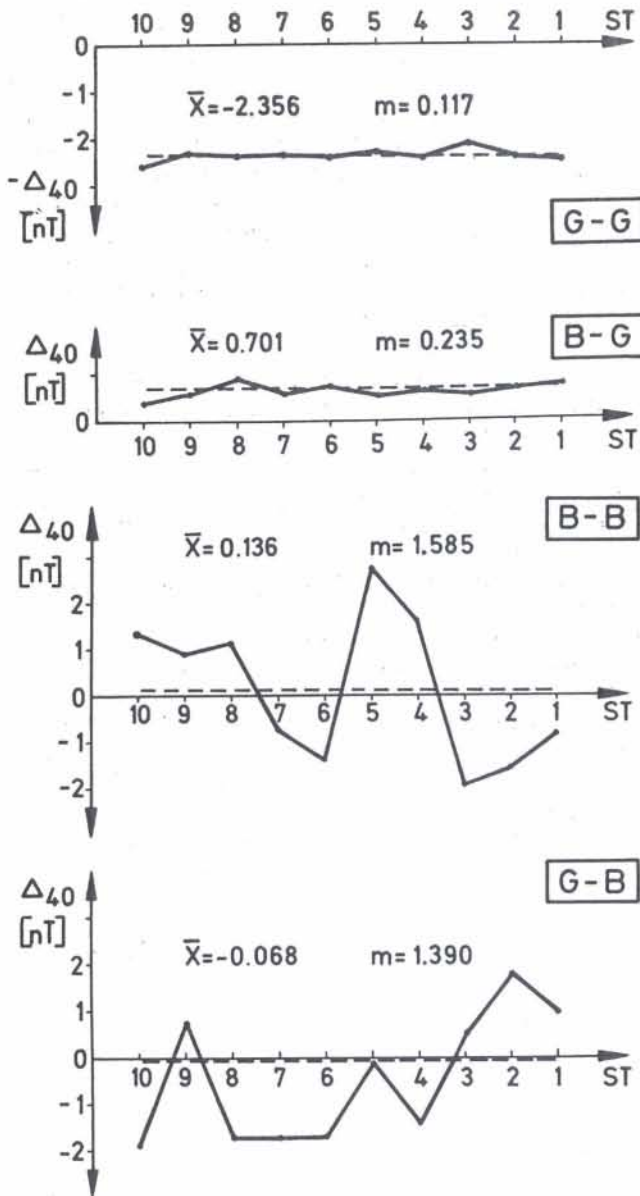
Obrada podataka mjerenja i odabir odgovarajućih parametara, kao i njihov grafički prikaz, imali su za svrhu da se njihovom interpretacijom dobije uvid u kvalitetu i pouzdanost svake od primijenjenih kombinacija mjerenja.

Iz dijagrama dnevne promjene (sl. 1) vidi se razlika u kvaliteti između kontinuiranog opažanja (sl. 1. 1.) i povremenog opažanja (sl. 1. 2.). To je u praksi još izraženije, kada su razmaci između pojedinih opaža-

nja dnevne promjene i po nekoliko sati. Kvaliteta kontinuiranog mjerenja dnevne promjene još više dolazi do izražaja kada se mjerenja na terenu i u bazi izvode sinkrono (G-G kombinacija). Krivulja dnevne promjene dobivena mjerenjem povremenim dolaskom na bazu ima samo osnovnu krivulju (dnevni period). Njen izgled ovisi o broju mjerenja. Krivulja dnevne promjene mjerena instrumentima uz osnovne krivulje ima periode oscilacije viših frekvencija (sekundne, minutne, pa i satne).

Na slikama od 2. 1. do 2. 4. prikazani su podaci mjerenja za svaku kombinaciju odvojeno. Na jednom dijagramu (III) kao aritmetičke sredine uzastopnih mjerenja (\bar{X}_{10} i \bar{X}_{20}), a na drugom (I) razlike aritmetičkih sredina Δ_{10} i Δ_{20} . Na drugom dijagramu navedene su i aritmetičke sredine (\bar{X}_{Δ}) i standardne devijacije (m_{Δ}) razlika aritmetičkih sredina (Δ_{10} i Δ_{20}). Usporedbom dijagrama uočljivo je, da su najkvalitetniji podaci za kombinaciju G-G (sl. 2. 1.). Zatim po kvaliteti slijede kombinacije B-G (sl. 2. 3.) i G-B (sl. 2. 2.), dok je najlošija kombinacija B-B (sl. 2. 4.). To je uočljivo i na slici 2. 1. u dijagramu aritmetičkih sredina malom razlikom između \bar{X}_{10} i paralelnosti između mjerenja dnevne promjene na dvije baze. Na dijagramu razlika aritmetičkih sredina navedeni zaključak je uočljiv iz njihove raspršenosti, na što ukazuju i vrijednosti standardne devijacije ($m_{\Delta 10}$ i $m_{\Delta 20}$).

Navedena paralelnost podataka \bar{X}_{10} i \bar{X}_{20} za izmjerene dnevne promjene na dvije baze (sl. 2. 1.) očituje se vrlo malim rasipanjem njihovih razlika (Δ_{40}) oko aritmetičke sredine $\bar{X}_{\Delta 40}$ (slike 2. 5 i 2. 6). Različitost aritmetičkih sredina ($\bar{X}_{\Delta 40}$) pojedinih

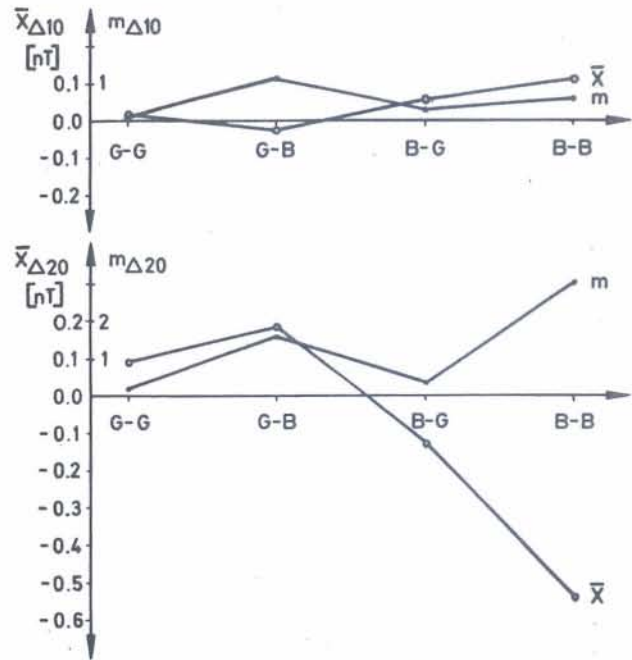


Sl. 2.6 Dijagrami razlika aritmetičkih sredina Δ_{40} izračunatih po stajalištima (ST)

Fig. 2.6 Diagrams of differences Δ_{40} computed on stations (ST)

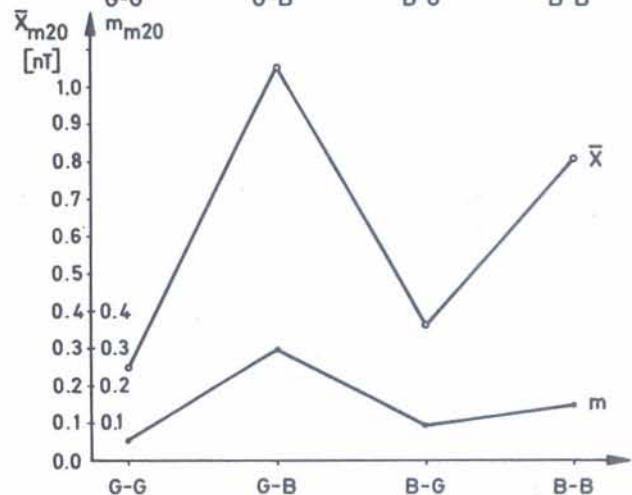
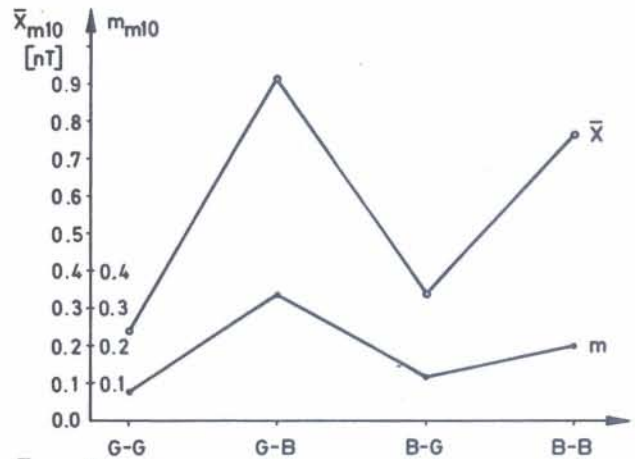
kombinacija uvjetovana je time što pri mjerenjima i obradi podataka nisu uzete u obzir različitosti u jakosti magnetskog polja (T) u bazama i što nisu baždareni magnetometri, pa nije u računu uzeta u obzir korekcija instrumenata. Prema sl. 2. 6 kvaliteta mjerenja najveća je za kombinaciju G-G ($m_{\Delta 40} = 0.117$), a slabija za kombinaciju B-B ($m_{\Delta 40} = 1.585$). Kombinacija B-B ima najmanji $\bar{X}_{\Delta 40} = -0.136$, što je posljedica mjerenja s istim magnetometrom, kao baznim i mobilnim instrumentom. Time na rezultat ne utječe korekcija instrumenata.

U ranije opisanim slikama od 2. 1. do 2. 4. u dijagramima su razlike (I) s ispisanim aritmetičkim sredinama ($\bar{X}_{\Delta 10}$ i $\bar{X}_{\Delta 20}$) i standardne devijacije ($m_{\Delta 10}$ i $m_{\Delta 20}$). Da bi te parametre lakše uspoređivali za razne kombinacije nacrtana je sl. 3. 1, iz koje je uočljiv raniji zaključak redoslijeda kvalitete od G-G do B-B.



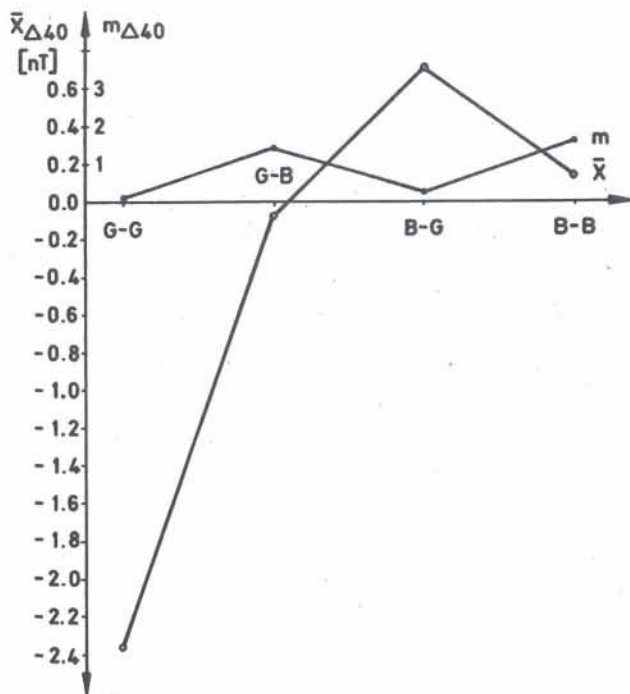
Sl. 3.1 Dijagrami statističkih podataka $\bar{X}_{\Delta 10}$, $m_{\Delta 10}$, $\bar{X}_{\Delta 20}$ i $m_{\Delta 20}$ izračunatih za sva mjerenja određene kombinacije

Fig. 3.1 Diagrams of statistical data $\bar{X}_{\Delta 10}$, $m_{\Delta 10}$, $\bar{X}_{\Delta 20}$ and $m_{\Delta 20}$ computed for all measurements of a measurements' combination.



Sl. 3.2 Dijagrami statističkih podataka \bar{X}_{m10} , m_{m10} , \bar{X}_{m20} i m_{m20} izračunatih za sva mjerenja određene kombinacije

Fig. 3.2 Diagrams of statistical data \bar{X}_{m10} , m_{m10} , \bar{X}_{m20} and m_{m20} computed for all measurements of a measurements' combination



Sl. 3.3 Dijagrami statističkih podataka $\bar{X}_{\Delta 40}$ i $m_{\Delta 40}$ izračunatih za sva mjerenja određene kombinacije

Fig. 3.3 Diagrams of statistical data $\bar{X}_{\Delta 40}$ and $m_{\Delta 40}$, computed for all measurements of a measurements' combination

Za svaku kombinaciju mjerenja izračunata je kvaliteta izmjerenih podataka od srednjih pogrešaka jednog mjerenja (m_{10} i m_{20}), njihova aritmetička sredina (\bar{X}_{m10} i \bar{X}_{m20}) i standardna devijacija (m_{m10} i m_{m20}). Ti rezultati prikazani su na sl. 3. 2. I tim postupkom također se može izvesti isti zaključak o kvaliteti kombinacija kao i iz prethodnih izlaganja.

Brojčani podaci iz sl. 2. 6. ($\bar{X}_{\Delta 40}$ i $m_{\Delta 40}$) grafički su prikazani na sl. 3. 3, s istim zaključkom o kvaliteti pojedinih kombinacija.

Zaključak

U radu su obrađeni podaci mjerenja dobiveni s dva protonska magnetometra, GSM-18 (G) i GEM 122 (B), koji su konstruirani na principu nuklearne magnetske rezonancije, a razlikuju se u izvedbi.

Nakon analize i procjene težine pojedinih parametara s kojom oni utječu na redosljed kvalitete korištenih kombinacija, može se zaključiti da je mjerenje G-G kombinacijom (instrument u bazi – mobilni instrument) najkvalitetnije i potpuno pouzdano

($m_{\Delta 40} = 0.117$). To je rezultat točnosti i osjetljivosti instrumenata G. Osim toga, instrumenti G imaju mogućnost da u zajedničkom radu (kao bazni i mobilni) mogu opažanja izvoditi sinhrono. Uz tu kvalitetu skraćen je i pojednostavljen dugotrajni račun korekcije podataka. Mjerenja tim instrumentima su jednostavna, kvalitetna i brza. Uz brzu obradu podataka mjerenja i njihovim memoriranjem izbjegava se mogućnost pogreške u zapisniku. Zbog toga kombinacija mjerenja s ta dva instrumenta ima značajnu prednost u praktičnoj primjeni.

Imamo li na raspolaganju jedan instrument G i jedan B povoljnija je kombinacija B-G. Mjerenja provedena ovom kombinacijom su pouzdana, i mogu se preporučiti za primjenu.

Preostale dvije kombinacije (G-B i B-B) nisu toliko pouzdane i kvalitetne. Teško je odrediti koja od njih je kvalitetnija. Analizirajući dobivene parametre jedan njihov dio ukazuje na bolju kvalitetu jedne kombinacije, a drugi daje prednost drugoj kombinaciji.

Izvore pogrešaka treba tražiti u različitoj kvaliteti instrumenata, njihovoj međusobnoj nekalibriranosti, a naročito načinu mjerenja dnevne promjene.

Na temelju dobivenih rezultata možemo zaključiti da se odgovarajućom metodom mjerenja, obradom i kvalitetom, oba modela mogu koristiti za zajednička mjerenja.

Iako postoje razlike u kvaliteti mjerenja pojedinim kombinacijama, one su sve u granicama koje zadovoljavaju kvalitetu uobičajenih mjerenja u praksi (Brodovoj et al, 1980).

Primljeno: 22. II. 1993.

Prihvaćeno: 27. V. 1993.

LITERATURA

- Breiner, J. (1973): Applications manual for portable magnetometers. Geo Metrics, 58 pp, Sunnyvale
- Brodovoj, V. V., Dobrohotova, I. A., Kovalenko, N. D., Ljahov, L. L., Jakubovskij, Ju. V. (1980): Rukovodstvo po učebnoj geofizičkoj praksi. Nedra, 161 pp, Moskva
- Čubranić, N. (1958): Račun izjednačenja. Tehnička knjiga, 211 pp, Zagreb
- Hrvoić, I. (1972): Mjerenje slabih magnetskih polja dinamičkom polarizacijom protona. Disertacija, Elektrotehnički fakultet Sveučilišta u Zagrebu, 154 pp, Zagreb
- Hrvoić, I. (1987): GSM-18 proton precession magnetometer instruction manual. GEM systems, Inc., 31 pp, Richmond Hill
- Macarol, S. (1950): Praktična geodezija. Tehnička knjiga, 543 pp, Zagreb

Magnetic Exploration by the Combination of Different Magnetometers

T. Gregl and Ž. Zagorac

An analysis is made of the magnetic measurement's quality and of the possibility to use two proton magnetometers of different designs simultaneously. These are the model GSM-18 of GEM systems Inc. (G) and GS-122 produced by Barringer Research Ltd. (B), both from Canada. Both magnetometers are based on the principle of the nuclear magnetic resonance, but there are differences in the design.

In magnetic measurements there is a problem of how to determine and correct the effect of daily variation of the magnetic field. In models GSM-18 the problem is solved by using two instruments: one of them is mobile and used for measurements on the station in the field, and the other one is used on the base station to record daily variation. Before the measurements the magnetometers are adjusted to make the readings in the field

at exactly the same time as on the base. Model GM-122 is not designed for programmed synchronous measurements.

Two instruments GSM-18 and one GM-122 were available. The analysis of measurements was made for the combinations of the base and the mobile instrument: a) both instruments GSM-18 (G-G), b) GSM-18 and GM-122 (G-B, B-G) only one instrument GM-122 (B-B).

Results of measurements and data analysis show, that the highest quality of results is obtained using two instruments GSM-122 (G-G). This is due to their higher sensitivity and accuracy, possibility of synchronous measurements, programmable work and memorizing.

Other combinations are of less quality, but they are within the range of accuracy satisfying most practical needs.