

PRILOG ISPITIVANJU I REKTIFIKACIJI GLAVNOG UVJETA AUTOMATSKIH NIVELIRA U LABORATORIJU

Gorana NOVAKOVIĆ — Zagreb*

SAŽETAK. U radu su predočeni ispitivanje i rektifikacija glavnog uvjeta automatskih nivelira, različitim metodama, u »Laboratoriju za mjerenja i mjernu tehniku« Geodetskog fakulteta. Ispitivanja su provedena radi određivanja točnosti pojedine metode. Pritom su, zahvaljujući upotrebi specifičnog pomoćnog pribora, neke poznate metode modificirane, što je rezultiralo povećanjem njihove točnosti i brzine. Na temelju podataka dobivenih ispitivanjem glavnog uvjeta četiriju nivelira, izračunato je, u ovisnosti o udaljenosti i obliku vizurne marke, te broju mjerenja, standardno odstupanje koje u najvećoj mjeri određuje preciznost pojedine metode.

1. UVOD

Ovaj rad tematski se nastavlja na već objavljene radove (Novaković, 1992; 1993), u kojima su predočene teoretska osnova i terenske metode ispitivanja i rektifikacija glavnog uvjeta nivelira s kompenzatorom. Laboratorijske metode mnogo su preciznije od terenskih, jer koriste takav pomoćni pribor za ispitivanje koji može osigurati točnije rezultate. Nedostatak je jedino što uvjeti pri ispitivanju nisu isti kao oni pri niveliranju.

Ispitivanje pogreške vizurne osi (PVO) u laboratoriju neophodno je ako se radi o niveliru za precizna i visokoprecizna mjerenja. Naime, da bi se postigla zahtijevana preciznost takvih mjerenja, dopuštene pogreške, vezane uz instrument i njegovu rektifikaciju, mnogo su manje nego pri običnim mjerenjima. U tom slučaju, sigurnost da je pogreška PVO u dopuštenim granicama mogu nam osigurati samo laboratorijske metode ispitivanja. Različitim metodama postiže se i različita preciznost određivanja pogreške. Svrha je ovog rada, uz prikaz pojedinih metoda, ispitati i njihovu preciznost, jer se tek tada, za konkretan slučaj, može odabrati najsvrsishodnija.

2. METODE ISPITIVANJA I REKTIFIKACIJA PVO U LABORATORIJU

Budući da su nam u laboratoriju na raspolaganju različite vrste pomoćnog pribora za ispitivanje instrumentarija, razvijeno je i više metoda ispiti-

* Mr. Gorana Novaković, Geodetski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, 41000 Zagreb, Kačićeva 26.

vanja PVO, koje se, u ovisnosti o korištenom priboru, razlikuju po točnosti i brzini. Metode koje će u nastavku biti izložene, primijenjene su za ispitivanje PVO četiriju automatskih nivelira, u laboratoriju Geodetskog fakulteta. To su:

ZEISS KONI 007	— br. 500785
ZEISS NI 025	--- br. 513301
ZEISS — OPTON NI 2	— br. 142603
WILD NA 2	— br. 382060

Metode ispitivanja mogu se klasificirati prema vrsti korištenog mjernog pribora:

1) Cilj na konačnoj udaljenosti

- pomoću invarnih nivelmanskih letava
- pomoću mikrometrički pomičnih vizurnih marki
- primjenom pseudoautokolimacije.

2) Cilj u ∞

- pomoću kolimatora.

2.1. Postupci s ciljevima na konačnoj udaljenosti

U metodama, gdje su korištene invarne nivelmanske letve i mikrometrički pomične vizurne marke, primijenjen je tzv. Kukkamäkijev postupak (Benčić, 1990; Novaković, 1993), ili poznatije niveliranje »iz sredine« i »sa strane«. Ukratko: u tom je postupku udaljenost d nivelira od bližeg cilja, pri mjerenju »sa strane«, jednaka udaljenosti nivelira od oba cilja pri mjerenju »iz sredine«. Razlika između »pogrešne« visinske razlike (mjerenje sa strane) i »prave« visinske razlike (mjerenje iz sredine), predstavlja linearnu pogrešku vizurne osi (2Δ) na udaljenosti $2d$. Za rektifikaciju se na »cilju« namješta izračunata vrijednost očitavanja. Ta vrijednost dobije se tako da se očitavanju na daljnjem cilju, pri mjerenju »sa strane«, oduzme 3Δ , ili očitavanju na bližem cilju Δ .

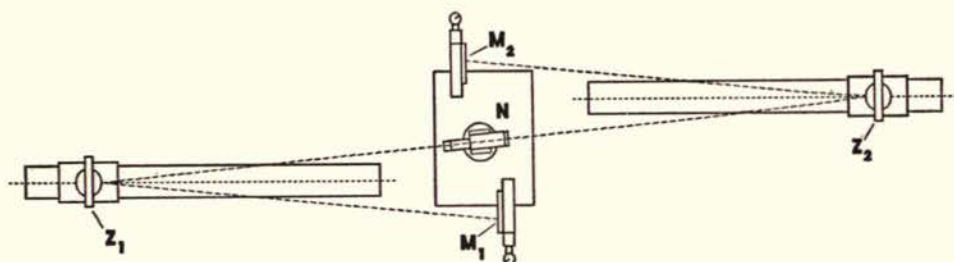
a) Ispitivanje PVO pomoću invarnih nivelmanskih letava

To je klasična metoda koja se koristi i pri ispitivanju PVO na terenu. Postupak se može primijeniti i u laboratoriju, ako to njegove dimenzije dopuštaju. Prednost je ovdje u tomu što se instrument može postaviti na stabilniju podlogu nego što je stativ (izbjegne se pogreška nastala zbog spuštanja stativa), a i mjerna letva se može bolje fiksirati. Osim toga, utjecaj atmosfere je zanemariv prema onomu na terenu.

Tim postupkom ispitana je PVO nivelira KONI 007 i NA 2, jer imaju optički mikrometar pomoću kojeg se obavljalo viziranje. Udaljenost »ciljeva« (mjernih letava) iznosila je 16 m. Niveliri su bili postavljeni na betonske stupove pri mjerenju iz »sredine« i »sa strane«. Pri radu s nivelirrom KONI 007 korištena je polucentimetarska, a kod nivelira NA 2 centimetarska podjela letve. Postupak rektifikacije provodi se kao i na terenu (Novaković, 1993).

b) Ispitivanje PVO pomoću mikrometrički pomičnih vizurnih marki

Ova metoda koristi takav pomoćni pribor da je primjenljiva samo u laboratoriju. Princip rada u kojemu se koriste pomične vizurne marke sastoji se u sljedećem: na određenoj udaljenosti od instrumenta postavi se precizno ravno zrcalo (razmak instrument — zrcalo je polovina udaljenosti cilja), te se grubo vizira slika pomične vizurne marke smještene pored nivelira. Fino viziranje ne izvodi se pomoću mikrometra s planparalelnom pločom nivelira (ako ga on ima), ili procjenom očitavanja letve, kao što je uobičajeno. Nivelir se ne dira, nego se vizurna marka pomicanjem u vertikalnom smislu, djelovanjem na posebni vijak, dovede do poklapanja sa slikom nitnoga križa nivelira. Pomak vizurne marke očita se na mjernoj uri podatka $1 \mu\text{m}$. Vizurne marke i ravno zrcalo mogu se postaviti na statve, ali je tada potrebno stalno kontrolirati njihovu stabilnost pomoću teodolita (Gresch, 1969). U ispitivanjima provedenim u laboratoriju Geodetskog fakulteta taj je veliki nedostatak otklonjen upotrebom jednog vrlo stabilnog uređaja za ispitivanje mjernog durbina; optičke klupe s kliznom stazom (Benčić i dr., 1981) (sl. 1). Uređaj se



Slika 1. Optička klupa s kliznom stazom

sastoji od dviju kliznih staza, uzduž kojih se pomiče postolje, na kojemu se nalazi vertikalno postavljeno ravno zrcalo (Z_1 i Z_2). Nivelir se postavlja na betonski stup (stajalište instrumenta N), gdje su, na određenoj udaljenosti s objiju strana od instrumenta, smještene pomične vizurne marke M_1 i M_2 , u pravcu M_1NM_2 koji je okomit na os kliznih staza. Vizurne marke izvedene su kao parovi paralelnih crtica različitih razmaka, a fotografski su nanijete na specijalnu foliju. Osvjetljene su pomoću žarulje napona 6 V. Zaštitno staklo, smješteno između marke i žarulje, sprečava zagrijavanje marke. Mjerne ure ispitane su u »Laboratoriju za precizno mjerenje duljina« Strojarskog fakulteta. Budući da točnost postavljanja zrcala u vertikalni položaj, pomoću dozne libele, nije bila zadovoljavajuća za ova ispitivanja, umjesto njih upotrebljeno je zrcalo-kompensator na njihalu (Seltmannovo zrcalo), i to kompensator nivelira Zeiss—Jena Ni002 (Novaković, 1986). Za namještanje zrcala na određenu udaljenost, nalazi se, bočno uzduž klizne staze, čelična letvica — lineal s milimetarskom podjelom.

I ovdje se, za ispitivanje PVO, krenulo od principa na kojemu se temelji Kukamäkijev postupak. Udaljenost ciljeva iznosila je 6 m. Najprije se vizirala, pomoću Seltmannovog zrcala (Z_1), na udaljenosti od 3 m, vizurna marka M_1 , a zatim se zrcalo premjestilo na drugu kliznu stazu (Z_2) na istu udaljenost, i

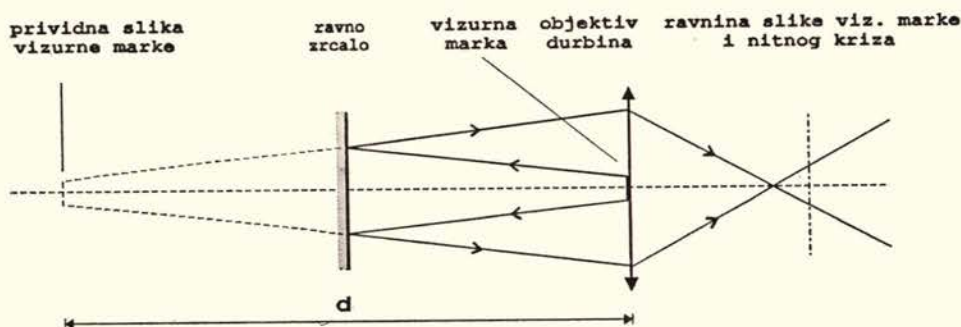
opažalo drugu vizurnu marku M_2 . Razlika očitavanja je njihova visinska razlika. Time ja završeno opažanje »iz sredine«. Uobičajeni se postupak nije mogao nastaviti, zbog nemogućnosti premještanja instrumenta. Zato se postupilo na sljedeći način: pri nepromijenjenom položaju nivelira opažala se najprije, pomoću zrcala postavljenog na udaljenosti od 3 m, vizurna marka M_2 , a zatim se zrcalo premjestilo na 9 m i opažala se vizurna marka M_1 . (Marke se mogu zakretati oko vertikalne osi.) Pogreška koja se u tom drugom mjerenju pojavljuje zbog malog zakreta zrcala prema marki M_1 zanemariva je prema cjelokupnoj pogrešci mjerenja. Dakle, nije se instrument premještao »sa strane«, kao u uobičajenom postupku, nego je jedan »cilj« ostao na udaljenosti d , a drugi »cilj« se premjestio na udaljenost $3d$. Na temelju tih mjerenja može se sada izračunati PVO. Pritom moramo uzeti u obzir da se, na tako kratkim udaljenostima, pojavljuju pogreške zbog zakrivljenosti vizurne linije i nepravilnog hoda leće za izoštravanje, što se može ispitati Glissmannovom metodom (Fialovszky, 1991). Za primjenu te metode nivelir treba imati optički mikrometar, potreban je autokolimacijski okular koji se pričvrsti na mjesto običnog, i ravno zrcalo visoke kvalitete (što sve postoji u laboratoriju Geodetskog fakulteta). Za ispitivanje stabilnosti vizurne linije, u području do 15 m udaljenosti, vrlo je pogodna modificirana Glissmannova metoda (Hallermann i Ingensand, 1983), koja umjesto mikrometra planparalelne ploče nivelira koristi precizni komparator (pomični okvir), čime se dobiju mnogo precizniji rezultati.

Rektifikacija: PVO se otklanja na taj način da se, pri postavama ciljeva »sa strane«, vizurna marka M_1 (udaljenost 9 m) pomiče mikrometričkim vijkom, sve dok na mjernoj uri ne dobijemo potrebno očitavanje. Zatim se nitni križ dovede do poklapanja s vizurnom markom tj. obavlja se rektifikacija na način svojstven konstrukciji nivelira. Viziramo li potom marku M_2 (udaljenost 3 m), očitavanje na mjernoj uri mora biti izračunata vrijednost.

Prednost metode ispitivanja PVO pomoću mikrometrički pomičnih vizurnih marki očituje se u tomu što se na instrument, pri očitavanju, ne mora mehanički djelovati, a dobiju se i točniji rezultati zbog finije podjele mjerne ure. Osim toga, klizna staza svojom konstrukcijom osigurava potrebnu stabilnost instrumenta i mjernih uređaja, određivanje udaljenosti između nivelira i vizurne marke znatno je brže i točnije, a upotrebom zrcala i mjerno je područje, ograničeno dimenzijama laboratorija, znatno povećano. Metoda se nužno primjenjuje ako nivelir nema mikrometar s planparalelnom pločom.

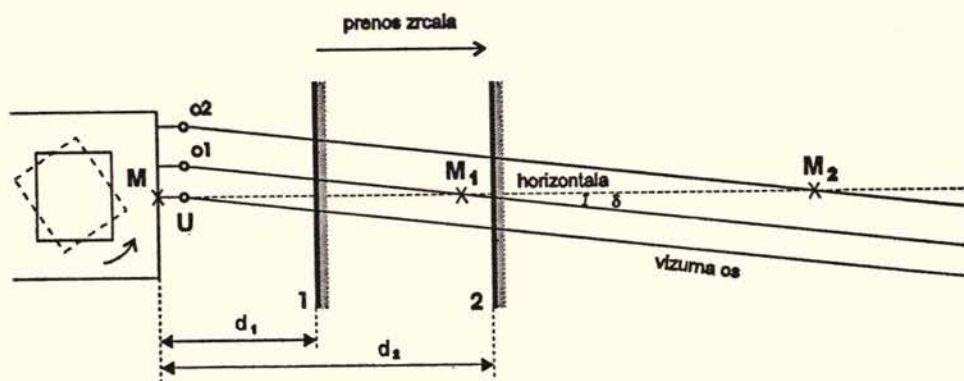
c) *Ispitivanje PVO primjenom pseudoautokolimacije*

Ova metoda je poseban slučaj postupka »cilj na konačnoj udaljenosti«. Cilj je jedna marka smještena na instrumentu koja se vizira pomoću ravnog zrcala — reflektora, postavljenog ispred objektiva durbina, okomito na njegovu optičku os (sl. 2). Pseudoautokolimacija je postupak pri kojemu dolazi do preslikavanja vizurne marke u ravninu nitnoga križa. Pritom je vizurna marka smještena u blizini vizurne osi durbina, na udaljenosti od nekoliko decimetara ispred nitnoga križa nivelira. (Detaljnije o metodi i pri boru koji se pritom koristi vidi: Novaković, 1986).



Slika 2. Princip pseudoautokolimacije

Vizurne marke mogu biti pomične, pri čemu se pomak očitava na mjerneju uri, ili su, pomoću nosača, učvršćene na tubus objektivu durbinu. Pri upotrebi nepomičnih vizurnih marki nužno je da nivelir ima mikrometar s plan-paralelnom pločom. Vizurna marka služi za realizaciju cilja, pa je nevažno gdje je i kako ona smještena na instrumentu. Njen smještaj u blizini vizurne osi uvjetovan je malim područjem pomaka marke (kod pomičnih), odnosno mikrometra instrumenta (kod nepomičnih marki). Da se postigne efekt pseudoautokolimacije, potrebno je vizurnu marku dovesti u vizurnu liniju durbinu — pomakom same marke, ili njene slike (ako je marka nepomična) pomoću mikrometra instrumenta. Položaj marke, odnosno mikrometra, u kojega se središte vizurne marke nalazi na vizurnoj liniji, naziva se »izjednačujući« ili »nulti« položaj, a ostaje za instrument i marku konstantan sve dok položaj nitnoga križa i vizurne marke ostaje nepromijenjen (Novaković, 1988). Duljine vizura realiziraju se različitim udaljenostima zrcala od instrumenta, što se postiže »prijenosom« zrcala ili instrumenta (sl. 3). Zbog ograni



Slika 3. Određivanje PVO pseudoautokolimacijom

ničene točnosti horizontiranja instrumenta doznom libelom, preporučuje se da se obavi »prijenos« zrcala.

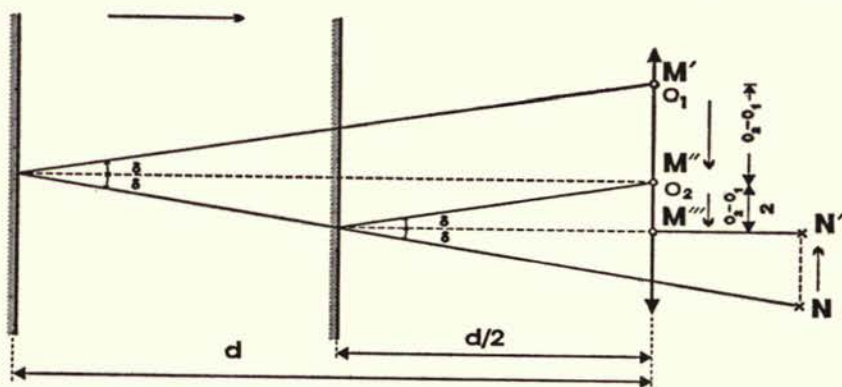
Veličina pogreške vizurne osi dobije se pomoću razlike očitavanja na mikrometru instrumenta, odnosno mjernoj uri vizurne marke. Ako su o_1 i o_2 očitavanja pri udaljenosti zrcala d_1 i d_2 , tada je PVO jednaka:

$$\delta = \frac{1}{2} \frac{o_2 - o_1}{d_2 - d_1} \rho. \quad (1)$$

U našem ispitivanju korištene su pomične vizurne marke izrađene u laboratoriju Geodetskog fakulteta i kompenzator nivelira Ni 002 kao zrcalo. Različite duljine vizura postizale su se »prijenosom« zrcala, na optičkoj klupi. Udaljenosti cilja iznosile su 3, 6 i 9 m. Na temelju formule (1) može se pogreška vizurne osi izračunati iz udaljenosti 3 do 6 m, 6 do 9 m i 3 do 9 m. Analizirajući tu metodu, zaključilo se da se ona može pojednostaviti, a, što je još važnije, time se pojednostavnjuje i rektifikacija, a ujedno se obavlja i centriranje vizurne marke. Naime, ako izaberemo da je udaljenost $d_1 = d_2/2$, formula (1) tada će glasiti:

$$\delta = \frac{o_2 - o_1}{d_2} \rho. \quad (2)$$

Postupak *rektifikacije* bio bi ovakav: zrcalo postavimo na određenu udaljenost d , i izvršimo viziranje marke njenim pomakom (sl. 4); očitavanje na



Slika 4. Rektifikacija vizurne osi i centriranje vizurne marke

mjernoj uri — o_1 . Zatim se zrcalo »prenosi« na udaljenost $d/2$. Nitni križ sada ne pogađa vizurnu marku. Ponovno izvršimo viziranje pomakom marke; očitavanje o_2 . Sada možemo izračunati PVO po formuli: $\delta = [(o_2 - o_1)/d] \rho$. Zatim korigiramo očitavanje o_2 za polurazliku očitavanja o_2 i o_1 : $[o_2 + (o_2 - o_1)/2]$, i na to očitavanje namjestimo vizurnu marku. Time je ona centrirana. Potom se nitni križ dovede do poklapanja s vizurnom markom, na način svojstven konstrukciji nivelira, čime je uklonjena pogreška vizurne osi.

Ta se metoda može koristiti i za ispitivanje nivelira vrlo visoke točnosti. Naročita prednost metode očituje se pri ispitivanju PVO gdje se ne traži velika točnost, odnosno za mjerenja gdje je srednja pogreška obostranog niveliranja po kilometru ± 4 do ± 5 mm. Naime, vizurnu marku moguće je

centrirati s točnošću od ± 0.05 mm, pa je tu dovoljna samo jedna udaljenost cilja i jedan položaj zrcala. Viziranjem pomoću zrcala eventualno odstupanje središta nitnoga križa od vizurne marke otklonimo odgovarajućim načinom. Ta se metoda može primijeniti i na terenu, postavljanjem zrcala na stativ.

2.2. Ispitivanje PVO pomoću kolimatora (viziranje na ∞)

Najjednostavnije i najbrže ispitivanje i rektifikacija PVO je pomoću kolimatora s horizontalnom kolimacijskom osi, koji, prije ispitivanja, mora biti justiran jednim od poznatih načina (Benčić, 1973). Nivelir se postavlja ispred kolimatora i durbin približno centriraju prema osi kolimatora. Ako ne postoji PVO, odnosno ako je vizurna os nivelira u prostoru horizontalna, poklopit će se nitni križ nivelira s nitnim križem kolimatora (na osnovi svojstva sistema kolimator — durbin).

Rektifikacija: ako postoji PVO, otklanja se tako da se nitni križ nivelira dovede do poklapanja s nitnim križem kolimatora na način svojstven konstrukciji instrumenta (promatranje s okularne strane nivelira). U našim ispitivanjima korišten je Wildov kolimator žarišne daljine $f_k = 500$ mm, a za rasvjetu nitnoga križa — Gussov okular. Želimo li odrediti veličinu PVO, potrebno je izmjeriti razmak između preslikane horizontalne niti nitnoga križa kolimatora i nitnoga križa nivelira (promatranje s okularne strane kolimatora). U tu svrhu je u žarišnoj daljini objektiva kolimatora bila smještena pločica, na kojoj se nalazi indeks — crta za mjerenje, a čiji se pomak očitava na mjerne uri. U tom postupku neophodno je osvijetliti nitni križ nivelira, što se postiglo stavljanjem Zeissovog autokolimacijskog okulara (tip 10—G 094a) na mjesto običnog okulara.





Prednost ispitivanja pomoću kolimatora očituje se u tomu što je, zbog male udaljenosti između kolimatora i instrumenta, utjecaj atmosfere zanemariv. Osim toga, poznato je da točnost viziranja ovisi o udaljenosti vizurnog objekta. Pomoću kolimatora postignuto je optičko premještanje objekta u ∞ , pa preciznost viziranja ne ovisi o udaljenosti. Ali, istodobno je to i nedostatak, jer se viziranje ne izvodi u mjernom području nivelira, pa pogreška u hodu leće za izoštravanje može utjecati na točnost rektifikacije.

U tablici I. prikazana je, za pojedine metode, udaljenosti i oblika vizurnog objekta, broja mjerenja i vrste nivelira, pogreška viziranja tj. standardno odstupanje viziranja. To je jedna od dominantnih pogrešaka, na temelju koje možemo dobiti znatan uvid u točnost pojedine metode, a time i točnost određivanja pogreške vizurne osi. Broj mjerenja određen je na temelju matematičke statistike. Prosječna temperatura iznosila je oko 25°C i tijekom mjerenja nije se znatnije mijenjala. Sva mjerenja obavljao je samo jedan opažatelj — autor ovog rada.

3. ZAKLJUČAK

Glavni uvjet nivelira neophodno je ispitati, i po potrebi, rektificirati, na terenu prije mjerenja. Međutim, često se uvjeti točnosti, koji se pritom postavljaju, mogu zadovoljiti samo u laboratorijskim uvjetima. To se naročito odnosi na nivelire namijenjene za precizna i visokoprecizna mjerenja. Za-

TABELA I

Postupak	Udaljenost cilja m	Broj mjerjenja	Standardno odstupanje viziranja "	Viziranje
K O N I 007 - br. 500785				
Pokretna viz. marka	3.0	120	0.17	
	9.0	60	0.10	
Invarna letva	8.0	400	0.39	
	24.0	120	0.24	
Pseudo - autokolim. metoda	3.0	80	0.25	
	6.0	80	0.20	
	9.0	80	0.16	
Kolimator	∞	120	0.22	
N I 025 - br. 513301				
Pokretna viz. marka	3.0	120	0.11	
	9.0	60	0.06	
Pseudo - autokolim. metoda	3.0	80	0.31	
	6.0	80	0.15	
	9.0	80	0.14	
Kolimator	∞	120	0.18	
N A 2 - br. 382060				
Pokretna viz. marka	3.0	120	0.16	
	9.0	60	0.08	
Invarna letva	8.0	360	0.37	
	24.0	120	0.24	
Pseudo - autokolim. metoda	3.0	80	0.22	
	6.0	80	0.16	
	9.0	80	0.09	
Kolimator	∞	120	0.20	
N I 2 - br. 142711				
Pokretna viz. marka	3.0	120	0.12	
	9.0	60	0.06	
Pseudo - autokolim. metoda	3.0	80	0.24	
	6.0	80	0.16	
	9.0	80	0.11	
Kolimator	∞	120	0.19	

Sva očitavanja su dvostruka:

- pokretna vizurna marka - 2 položaja zrcala
- kolimator - kolimator-nivelir
- mjerna letva - lijeva i desna podjela.

hvaljujući specifičnim uvjetima i raznovrsnom pomoćnom priboru koji je na raspolaganju u laboratoriju, razvijeno je više metoda ispitivanja i justaže nivelira, koje se razlikuju po točnosti i brzini. Te značajke pojedinih metoda neophodno je poznavati, želimo li, za zahtijevanu točnost ispitivanja, primijeniti najprikladniju. Točnost i brzina ispitivanja u velikoj mjeri ovisi o pomoćnom priboru koji se pritom koristi. U Laboratoriju Geodetskog fakulteta, zahvaljujući vrlo stabilnom uređaju za ispitivanje instrumentarija — optičkoj klupi s kliznom stazom, mogu se obavljati vrlo precizna mjerenja, različitim metodama. Osim toga, taj uređaj omogućuje vrlo brzo i jednostavno postavljanje vizurne marke na određenu udaljenost.

Na temelju ispitivanja pogreške vizurne osi, četiriju automatskih nivelira, različitim metodama, u laboratoriju Geodetskog fakulteta izračunato je, u ovisnosti o udaljenosti i obliku vizurne marke, te broju mjerenja, standardno odstupanje viziranja, koje značajno određuje točnosti pojedine metode.

Najmanja odstupanja očituju se pri viziranju s mikrometrički pomičnim vizurnim markama, dok je najveća pri viziranju na invarne letvu. Ovo posljednje je i razumljivo, jer se kod ostalih metoda očitavanje obavlja na mjernoj uri čija skala ima finiju podjelu nego mikrometar s planparalelnom pločom. Osim toga, kod ostalih se metoda ne mora, pri očitavanju, mehanički djelovati na nivelir. Što se tiče brzine, najpogodniji je kolimator (s dodatkom okularnog mikrometra i uređaja za osvjjetljenje nitnoga križa nivelira). Najdugotrajnija je metoda pomoću pomičnih vizurnih marki, ali budući da je najtočnija, primijenit će se pri ispitivanju nivelira vrlo visoke točnosti. Prednost pseudoautokolimacijske metode u odnosu na ostale je u tomu što se njome, zbog jednostavnog postavljanja Seltmannovog zrcala na stativ i bez potrebe za osvjjetljenjem nitnoga križa nivelira, ispitivanja mogu obavljati i na terenu. Pogodnim izborom vizurne marke, kvalitetnim zrcalom i ispitivanjem na stabilnoj optičkoj klupi, tom se metodom mogu ispitivati niveliri visoke točnosti. Brzina i jednostavnost metode osobito dolazi do izražaja pri ispitivanju i rektifikaciji PVO nivelira manje točnosti. Međutim, treba voditi računa o tomu da se, pri upotrebi pojedinih metoda, pojavljuju i dodatne utjecajne veličine koje uzrokuju promjenu veličine pogreške geodetske vizurne linije: zakrivljenost vizurne linije (na malim udaljenostima), utjecaj nepravilnog hoda leće za izoštravanje (pri promjeni udaljenosti), promjena temperature, pogreška kompenzacije itd. Većinu tih pogrešaka moguće je u laboratoriju ispitati i popravicima ukloniti iz rezultata.

Laboratorijske metode ispitivanja instrumentarija i pomoćnog pribora potrebno je stalno poboljšavati i razvijati nove, osobito ako se zahtijeva visoka točnost, kako bi se postiglo najviše što se, u danim uvjetima, može postići.

LITERATURA

- Benčić, D. (1973): Geodetski instrumenti II dio. Sveučilište u Zagrebu, Zagreb.
Benčić, D., Lasić, Z., Novaković, G., Rašpica, M., Šimičić, K. (1981): Geodetska vizurna linija i pogreška vizurnog pravca. Zbornik radova, Niz A, br. 32, Zagreb.
Benčić, D. (1990): Geodetski instrumenti. Školska knjiga, Zagreb.

- Fialovszky, L. (1991): Surveying instruments and their operational principles. Akadémiai Kiadó, Budapest.
- Gresch, E. (1969): Instrumentenbedingte Fehler beim arbeiten mit Kompensator-nivellieren, Nationalkomitee für Geodasie und Geophysik der Deutschen Demokratischen Republik bei der Deutschen Akademie der Wissenschaften zu Berlin. III/15, Dissertation, Berlin.
- Hallermann, L., Ingensand, H. (1983): Results with the new N3 of Wild. Heerbrugg, Workshop on Precise Levelling, Hannover.
- Novaković, G. (1986): Primjena pseudo — autokolimacione metode kod ispitivanja i justaze geodetskih instrumenata. Geodetski list, 4 — 6, 123—131.
- Novaković, G. (1988): Instrumentalne pogreške nivelira s automatskim horizontalizacijom vizurne osi, Magistarski rad, Geodetski fakultet, Zagreb.
- Novaković, G. (1992): Teoretska osnova rektifikacije glavnog uvjeta nivelira s kompenzatorom. Geodetski list, 4, 489—496.
- Novaković, G. (1993): Terenske metode ispitivanja glavnog uvjeta nivelira s kompenzatorom. Geodetski list, 3, 213—221.

CONTRIBUTION TO THE EXAMINATION AND RECTIFICATION OF THE MAIN CONDITION OF THE AUTOMATIC LEVELS IN LABORATORY

This paper presents the examination and rectification of the main condition of the automatic levels, by means of various methods, in the laboratory of the Faculty of Geodesy in Zagreb. The examinations have been carried out with an aim to determine the accuracy of a single method. Thereby, due to the use of specific auxiliary accessories, some familiar methods have been modified, which led to their higher accuracy and speed. On the basis of the data obtained by the examination of the main condition of four levels, the standard deviation of the pointing i.e. the error determining the accuracy of a single method to the highest extend, has been calculated, relying on the distance and the shape of target and on the number of measurements.

Primljeno: 1993-06-15