

## UPOTREBA NIVELIRA ZEISS NI 2 — BEZ PLAN PARALELNE PLOČE — U PRECIZNOM NIVELMANU

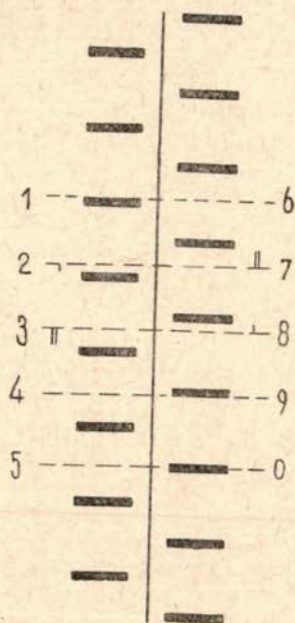
Razvojem, konstrukcijom odnosno izradom novih tipova nivelira mijenja se polako način čitanja podjele nivelmanskih letava odnosno metode opažanja. Prvi nivelir, kojim je prekinuta standardna izrada nivelira bio je nivelir Zeiss Ni 2 — Opton. Kao što je poznato, taj instrument nema nivelacione libele već kompenzator, koji dovodi vizurni pravac u horizontalan položaj, čim dotjeramo doznu libelu do vrhunjenja.

Upotrebom tog instrumenta i odgovarajućeg načina čitanja podjele invarne polucentimetarske letve postiže se veoma zgodan, ekonomičan i siguran način opažanja, koji se naročito primjenjuje u geodetskoj službi pokrajine Bavarske, Savezne Republike Njemačke. Ekonomičnost daje sama konstrukcija nivelira, kod koje je otpalo vrhunjenje libele, a sigurnost u čitanju podjele letve se postiže postupkom, koji ćemo u daljem tekstu objasniti.

Na slici 1. je prikazana dvostruka podjela invarne polucentimetarske letve. Budući da su podjele letve pomaknute za iznos 59250 (u  $1/2$  cm podjeli) odnosno, da se na srednjici pojedinog intervala jedne podjele nalazi sredina marke — oznake — na drugoj podjeli, ta nam činjenica omogućuje sigurno i jednostavno čitanje posljednjeg broja ( $1/2$  mm), dok  $1/2$  metre,  $1/2$  decimetre i  $1/2$  centimetre čitamo na uobičajeni način. Konstantni pomak obaju podjela u našem slučaju iznosi 5925, jer pretpostavljamo rad s nivelirrom Zeiss Ni2 bez plan paralelne ploče). Kada nam nitni križ siječe neku oznaku — marku — jedne podjele po sredini, to će on raspolavljati odgovarajući interval između dviju oznaka — marki — druge podjele, to jest na prvoj podjeli će biti posljednja cifra u čitanju nula (0), a na susjednoj pet (5). Ako nitni križ tangira oznaku jedne podjele s gornje strane, tada će to čitanje na posljednjem mjestu biti (1), a na odgovarajućoj susjednoj podjeli šest (6). U slučaju, da nitni križ tangira oznaku s donje strane tada će posljednja cifra na toj podjeli biti devet (9), a na susjednoj podjeli četiri (4). Kad nitni križ siječe obje podjele letve tako, da razmak nitnog križa i oznake — marke — na jednoj podjeli i razmak nitnog križa i oznake — marke — na drugoj podjeli stoji u omjeru 1 : 2, tada će posljednja cifra na prvoj podjeli biti dva (2), a na susjednoj sedam (7). U slučaju omjera 2 : 1 posljednje će cifre na odgovarajućim podjelama biti tri (3) odnosno osam (8).



Na slici 1. su jasno prikazani svi objašnjeni slučajevi i za praktični rad je potrebno jednom za svagda upamtiti odnos nitnog križa prema obim podjelama, tj. shemu na slici 1. Koristeći takovu shemu otpada svaka nesigurnost u određivanju posljednje cifre čitanja, jer je određujemo ne procjenjivanjem na jednoj podjeli već istovremenim upoređivanjem odnosa, nitnog križa prema oznakama na obim podjelama letve. Time se svakako dobiva i na brzini čitanja, a odstupanje od navedenih pravila može se desiti samo u slučaju kad oznake — marke — podjele nisu jednako debele — tj. kad su oznake — marke — naknadno popravljane, što je slučaj kod mnogo upotrebljavanih letava. Prema tome, čit-



Sl. 1

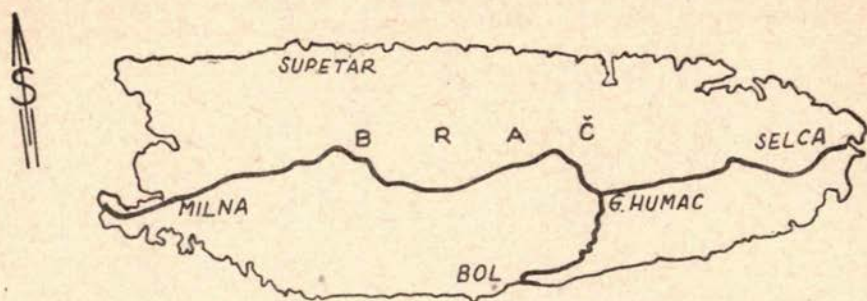
tanje letve se sastoji u čitanju:  $\frac{1}{2}$  metara,  $\frac{1}{2}$  decimetara (označeni na letvi),  $\frac{1}{2}$  centimetara na uobičajeni način, a  $\frac{1}{2}$  milimetara pomoću ranije objašnjenog postupka.

Redoslijed očitavanja letava ostaje isti kao kod normalnog mjerenja. Budući da durbin nivelira Zeiss Ni2 daje uspravnu sliku, to je za lakše odvijanje posla dobro uspravno upisati brojke na letvi ( $\frac{1}{2}$  metre i  $\frac{1}{2}$  decimetre). Međutim, uz malu akomodaciju priviknut ćemo se na upotrebu takvog nivelira i standardne invarne polucimetarske letve.

Takovim je načinom izvršeno opažanje preciznog nivelmana na otoku Braču, u sklopu visinskog povezivanja Srednje - dalmatinskih otoka, koje je pokrenuo prof. Dr. ing. N. Čubranić, Upravnik Zavoda za Višu geodeziju AGG fakulteta u Zagrebu, u suradnji s Geodetskom Upravom NR

Hrvatske. Stabilizaciju i opažanje je izvršio Nikola Marinković, geome-  
tar, po uputama pisca.

Na slici (2) je vidljiva trasa tog nivelmana, koji polazi od rta Baterije  
iznad Milne preko Dračevice, Nerežišća, Gornjeg Humca, Selca do rta  
Rosatice s jednim odvojkom od Gornjeg Humca do Bola. Obzirom na



Sl. 2

činjenicu, da taj vlak treba služiti za visinsko povezivanje otoka, to pro-  
lazi kod rta Baterije odnosno rta Rosatice izvanredno teškim, krškim te-  
renom. Kriterij točnosti odnosno dozvoljeno odstupanje između dvostrukih  
mjerena, a priori je zadano formulom:

$$\Delta = \pm 4 \sqrt{S} \quad \dots (1)$$

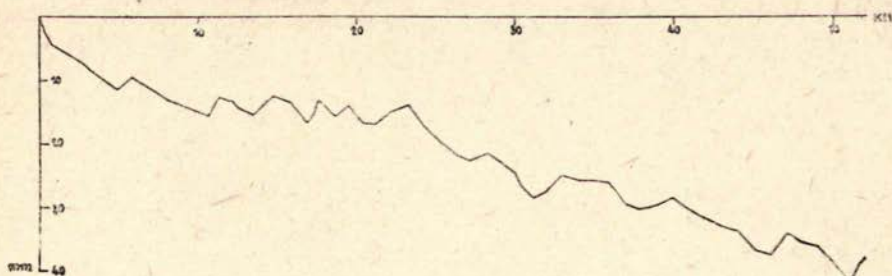
gdje je: S dužina nivelmanske strane u km, a  $\Delta$  odstupanje u mm. Radi  
općeg pregleda o zadovoljenju gornjeg kriterija sastavljena je slijedeća  
tabela.

Odstupanje u mm	Broj mjerena	Odstupanje u mm	Broj mjerena
0.0—0.2	2	2.0—2.2	8
0.2—0.4	1	2.2—2.4	0
0.4—0.6	13	2.4—2.6	4
0.6—0.8	1	2.6—2.8	3
0.8—1.0	2	2.8—3.0	1
1.0—1.2	11	3.0—3.2	10
1.2—1.4	5	3.2—3.4	2
1.4—1.6	7	3.4—3.6	1
1.6—1.8	2	3.6—3.8	1
1.8—2.0	1		

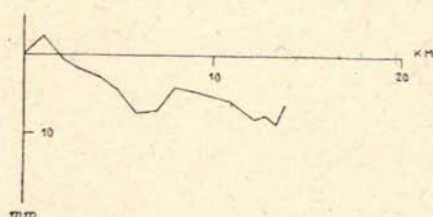
U toj je tablici kao argument uzeta razlika u odstupanjima dvostrukih  
mjerena pa apsolutnom iznosu. Uvidom u tu tablicu vidimo, da je kri-  
terij točnosti zadovoljio uz neke male primjedbe, koje će slijediti iz



daljeg objašnjenja. Da bi dobili stvarni uvid o odstupanjima dvostrukih mjerenja, sastavljeni su dijagrami ukupnih nesuglasica, na slici 3, za relaciju od rta Baterije do rta Rosatice, i na slici 4, za dio vlaka od Gornjeg Humca do Bola.



Sl. 3



Sl. 4

Na tim je dijagramima nanescena na osi y kilometraža, a na osi x zbroj nesuglasica dvostrukog mjerenja do te kilometraže, t. j. repera. (Pozitivne nesuglasice se nalaze iznad, a negativne ispod osi x). Iz oba dijagrama je vidljiv učinak sistematskih utjecaja (negativnog predznaka). Ukupne nesuglasice iznose za vlak, Baterija — Rosatica:  $\Delta = -37.7$  mm, dužina 51,9 i za vlak, Gornji Humac — Bol:  $\Delta = -6.1$  mm, dužina 13,9 km. Ocjena točnosti ovog nivelmana je izvršena po klasičnoj formuli dvostrukih mjerenja [1], formulama Lallemanda [1], novim formulama Međunarodne Asocijacije za Geodeziju, [2] i rezultati uspoređeni s našim propisima [3].

Po klasičnoj formuli dvostrukih mjerenja dobivena je srednja totalna pogreška dvostrukog mjerenja:  $M = \pm 1.07$  mm/km i prema tome vjerojatna totalna pogreška:  $\delta = \pm 0.71$  mm/km. Po Lallemandovim formulama dobiveni su sljedeći rezultati:

- a) vjerojatna slučajna pogreška:  $\eta = \pm 0.64$  mm/km,
  - b) vjerojatna sistematska pogreška:  $\sigma = \pm 0.22$  mm/km i
  - c) vjerojatna totalna pogreška:  $\delta = \pm 0.67$  mm/km.
- Odgovarajuće vrijednosti srednjih pogreška jesu:
- a) srednja slučajna pogreška  $\eta_1 = 0.96$  mm/km
  - b) vjerojatna sistematska pogreška:  $\sigma_1 = \pm 0.32$  mm/km i
  - c) srednja totalna pogreška  $\delta_1 = \pm 1.01$  mm/km.

Pomoću ovih vrijednosti izračunat ćemo dozvoljena odstupanja dvostrukog mjerenja po poznatoj formuli:

$$\Delta = 3\sqrt{2} \sqrt{\eta_1^2 S + \sigma_1^2 S^2} \equiv 4 \sqrt{\eta_1^2 S + \sigma_1^2 S^2}$$

odnosno:

$$\Delta = \pm 3.8 \sqrt{S + 0.11 S^2} \quad \dots \quad (2)$$

Bitna razlika između formule (2) i formule (1) je u tome, što formula (2) sadrži član, koji karakterizira sistematske utjecaje. Taj je član na osnovu ovih mjerenja ispao nešto veći nego što bi normalno trebalo očekivati. Podaci — rezultati — dobiveni po formuli (2) će se naknadno usporediti sa postojećim propisima prema [3].

Ukupne srednje pogreške pojedinih vlakova, interesantne kod daljeg visinskog povezivanja otoka, su računane po formuli:

$$m = \sqrt{\eta_1^2 S + \sigma_1^2 S^2}$$

i to za slijedeće dijelove vlakova:

- |                              |            |                   |
|------------------------------|------------|-------------------|
| a) Rt Baterija — rt Rosatica | (51,9 km), | $m = \pm 18.2$ mm |
| b) Rt Baterija — Bol         | (47.9 km), | $m = \pm 16.8$ mm |
| c) Rt Rosatica — Bol         | (31.8 km), | $m = \pm 11.5$ mm |

Osim ove ocjene točnosti izračunate su vjerojatne pogreške po novim formulama za ocjenu točnosti nivelmana, prema [3]. Kod toga je čitav razmatrani nivelman podijeljen na 5 dijelova uz izbor karakterističnih koeficijenata,  $K = 2$  i  $Z = 10$  km, što možda posve ne odgovara, ali se obzirom na duljinu cijelog vlaka nije moglo drugačije postupiti. Na taj su način dobivene slijedeće vrijednosti:

- vjerojatna slučajna vrijednost totalne pogreške,  $\delta = \pm 0.80$  mm/km
- vjerojatna slučajna pogreška,  $\eta = \pm 0.69$  mm/km
- vjerojatna slučajna vrijednost sistematske pogreške,
- vjerojatna sistematska pogreška za veće udaljenosti (65.9 km)
 

$\sigma = \pm 0.05$ mm/km
$P = \pm 0.05$ mm/km
- vjerojatna sistematska pogreška za kratke udaljenosti
 

$\sigma = \pm 0.07$ mm/km
---------------------------

Dobivene se vrijednosti uglavnom slažu s ranije izračunatim veličinama, a svakako upada u oči relativno velika vrijednost sistematskih pogreška.

Ako uporedimo odstupanja dobivena po formuli (2) s našim propisima [3], vidjet ćemo, da su odstupanja na kratkim udaljenosti unutar propisanih granica, dok se za udaljenosti veće od kilometra a manje od 60 km dobivaju praktički isti rezultati. Ovi se zaključci odnose na odstupanja u povoljnom terenu, u koji se baš ne bi mogao uključiti veći dio razmatranog nivelmanskog vlaka, a osim toga koeficijenti formule (2) su dobiveni na osnovu malog broja mjerenja.



Rezimirajući sve izloženog vidimo, da podaci opažanja izvršenog na ovakav način zadovoljavaju postavljene norme preciznog nivelmana. Analiziranje uzroka sistematskih pogrešaka, bilo bi veoma otežano zbog toga, što se čitav rad odvijao pod prilično teškim okolnostima.

Za ilustraciju radnog efekta navodimo da utrošak radnog vremena po jednom stajalištu iznosi cca 2.5 minute uz prosječnu duljinu vizure od 18 metara. Analogni rezultati, kako po točnosti tako i po efektu postignuti su i u Saveznoj Republici Njemačkoj. Potpuna ekonomičnost navedenog postupka nije se na ovom konkretnom radu pokazala zbog nedostataka prevoznog sredstva i povezano s tim teških uvjeta života, koji su uzrokovali i nešto veći procenat ponavljanja kod mjerenja.

#### L I T E R A T U R A :

- [1] Čubranić: Viša geodezija
- [2] Međunarodna Asocijacija za geodeziju, Ocjena točnosti jednog nivelmana, Geodetski list 1—3/1952
- [3] Savezna Geodetska Uprava, Uputstva o izvršenju nivelmana visoke točnosti i preciznog nivelmana, Geodetski list 3—4/1955.