

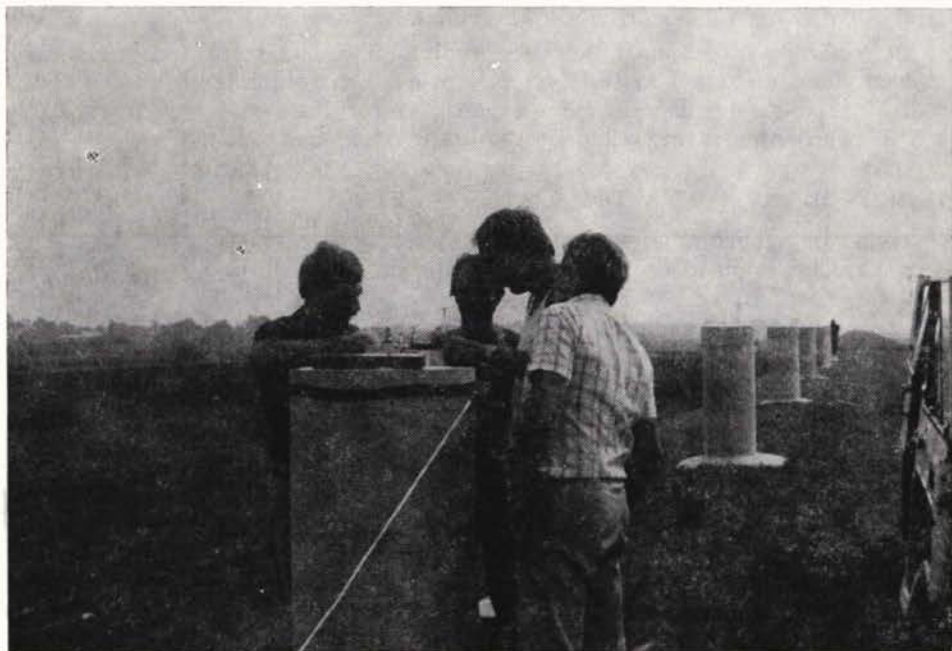
UDK 528.32.089.6  
Stručni rad

## PRVO MJERENJE DULJINE KALIBRACIJSKE BAZE GEODETSKOG FAKULTETA U ZAGREBU INVARSKIM ŽICAMA

Gorana NOVAKOVIĆ, Marko DŽAPO, Zlatko LASIĆ — Zagreb\*

### 1. UVOD

Kalibracijska baza za ispitivanje i kalibraciju elektrooptičkih daljinomjera Geodetskog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu izgrađena je 1982. godine, a nalazi se na starom nasipu oteretnog kanala Sava—Odra. Baza se sastoji od 25 stabiliziranih stupova visine iznad terena oko 1,30 m s maksimalnim razmakom od 3100 m. Postoji mogućnost proširivanja baze do približno 5—6 km. Budući da u Jugoslaviji postoje dva precizna elektrooptička daljinomjera Kern Mekometer 3000, odlučeno je da se invarskim žicama ne mjeri cijela baza nego samo



Sl. 1: Postavljanje kolotura na jednom stupu baze

\* Adresa autora: Gorana Novaković dipl. inž., Marko Džapo dipl. inž., mr. Zlatko Lasić dipl. inž., Geodetski fakultet, Zagreb, Kačićeva 26.

prvih 600 m, a zatim da se pomoću daljinomjera Mekometer taj razmak od 600 m odnosno 500 m multiplicira. Detaljnije o namjeni, izgradnji i konceptu prema kojem je kalibracijska baza projektirana bit će objavljeno u jednom od slijedećih brojeva Geodetskog lista.

## 2. PRIBOR I METODA MJERENJA

Geodetski zavod Geodetskog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu posjeduje 4 invarске žice od 24 m, br.: 857, 858, 859 i 860 i invarsku vrpca od 12 m. Žice i vrpca etalonirane su u »Organisation Européenne pour la recherche nucléaire« (CERN) u Ženevi i imaju svoje certifikate. Ovom prilikom zahvaljujemo se prof. dr. J. Gervaiseu i E. Menantu koji su besplatno izvršili etaloniranje žica i vrpce zahvaljujući dobroj suradnji s profesorom u mirovini Veljkom Petkovićem. Pri tom popravljena je i invarska žica br. 859, jer se je na jednoj strani malo izvukla iz skale. Prije mjerenja duljine baze, sve žice i vrpca bile su međusobno komparirane na kontrolnim stupovima postavljenim na razmaku od 24 m u prostorijama Geodetskog fakulteta. Nakon mjerenja na kalibracijskoj bazi žice i vrpca ponovo su komparirane zbog moguće promjene njihove duljine tokom rada.

Za mjerenje duljine baze korištene su žice br. 857 i 859 i invarska vrpca za određivanje ostatka. Teorija Jäderinovog bazisnog pribora i postupak mjerenja sa njime poznati su iz literature [1], [4], pa se ovdje to ne bi ponavljalo.

Mjerenje kalibracijske baze vršili su isti opažaci koji su komparirali žice i vrpca na kontrolnim stupovima. Metoda i pribor kod oba ova mjerenja bili su identični (osim blok stativa s koloturima).

Prije samog rada napravljena je predhodna ocjena točnosti i u skladu s tim razrađena metoda i kriteriji za praćenje i kontrolu mjerenja. Usporedba predhodne ocjene točnosti i ocjene točnosti iz rezultata mjerenja pokazati će da li je primjenjenom metodom postignuta predviđena točnost.

## 3. PREDHODNA OCJENA TOČNOSTI

Izvori mnogobrojnih pogrešaka pri mjerenju invarskim žicama uglavnom su poznati. Po svom utjecaju na točnost mjerenja pogreške se mogu podijeliti u dvije grupe [3]:

I Pogreške na koje nije moguće utjecati a koje ograničavaju točnost rada,

II Pogreške koje se mogu otkloniti:

- metodom rada,
- postavljanjem određenih uvjeta pri radu,
- uvjetima točnosti,
- popravljkama.

Analizirajući pogreške I grupe i njihov utjecaj na točnost mjerenja dobi-  
veni su izrazi za:

— srednju ukupnu pogrešku duljine jednog raspona:

$$(m_1)_r = \pm \sqrt{\frac{2m_{z0}^2}{n \cdot n_s \cdot n_o} + 2m_z^2 + m_k^2 + \frac{m_{sk}^2 + l^2(\Delta t)^2 m_{am}^2}{n_s} + (c - W_{sr}V)^2, \dots} \quad (1)$$

— srednju ukupnu pogrešku duljine  $L$ :

$$(m_L)_r = \pm \sqrt{2 n_1 \left( \frac{m_{\epsilon_0}^2}{n \cdot n_s \cdot n_o} + m_z^2 \right) + n_1^2 \left[ m_k^2 + \frac{m_{sk}^2 + l^2 (\Delta t_{sr})^2 m_{\alpha m}^2}{n_s} + (c - W_{sr} V)^2 \right]} \quad (2)$$

gdje su:

- $m_{\epsilon_0}$  — srednja slučajna pogreška čitanja,
- $m_z$  — srednja pogreška zaokruživanja čitanja,
- $m_k$  — srednja pogreška duljine komparatora,
- $m_{sk}$  — srednja pogreška kompariranja žice,
- $m_{\alpha m}$  — srednja pogreška srednjeg temperaturnog koeficijenta,
- $c$  — pogreška uslijed razlike trenja u koloturima (mjerjenje — kompariranje),
- $W$  — promjena duljine žice za jedinicu vremena,
- $\Delta t$  — razlika temperature (mjerjenje — kompariranje),
- $V$  — vrijeme proteklo od kompariranja žica,
- $l$  — duljina jednog raspona,
- $n_1$  — broj raspona,
- $n$  — broj mjerenja,
- $n_s$  — broj žica,
- $n_o$  — broj čitanja,

$$m_k^2 = n_M^2 m_M^2 + m_{KM}^2,$$

$$W_{sr} = \frac{\sum_{i=1}^{n_s} W_i}{n_s},$$

$$(\Delta t)_{sr} = t_{sr} - t_k.$$

- $n_M$  — broj koliko se puta normalna mjera nalazi u duljini komparatora,
- $m_M$  — srednja pogreška normalne mjere,
- $m_{KM}$  — srednja pogreška mjerenja duljine komparatora,
- $t_{sr}$  — srednja temperatura pri mjerenju,
- $t_k$  — temperatura pri komparaciji žica.

Vrijednosti za pojedine pogreške u formulama (1) i (2) dobivaju se iz podataka kalibriranja, iz probnih mjerenja (npr. iz komparacije na kontrolnim stupovima), a za neke pogreške možemo koristiti podatke iz literature [3], koji se bitno neće razlikovati od onih dobivenih pri ocjeni točnosti u pojedinim slučajevima.

Približne srednje vrijednosti za pojedine pogreške:

$m_{\epsilon_0} = \pm 0,071 \text{ mm}$	$m_{sk} = \pm 0,015 \text{ mm}$
$m_z = \pm 0,029 \text{ mm}$	$m_{\alpha m} = \pm 0,083 \cdot 10^{-6}$
$m_M = \pm 0,001 \text{ mm}$	$c = 0,020 \text{ mm}$
$m_{KM} = \pm 0,010 \text{ mm}$	$W_{sr} = 0,0001 \text{ mm/dan}$

Uvrštenjem vrijednosti za ove pogreške u izraze (1) i (2) dobije se:

L	$(m_L)\tau$
m	mm
24	0,048
500	0,514

Zatim su određeni uvjeti točnosti tj. određeno je kojom točnošću je potrebno mjeriti neke veličine (temperaturu, visinsku razliku, kalibrirati utege, dovođiti repere u pravac) pa da pogreške koje dolaze iz ovih izvora budu beznačajne u odnosu na točnost mjerenja duljine.

#### 4. OCJENA TOČNOSTI IZ PODATAKA MJERENJA

Duljina baze L nereducirana na nivo plohu mora dobivena pojedinim žicama u oba smjera:

Žica	Naprijed	Nazad
857	499,99080	499,99251
859	499,99163	499,99291

$$L_{sr} = 499,99196 \text{ m,}$$

gdje je  $L_{sr}$  srednja vrijednost duljine L.

Ocjena točnosti iz podataka mjerenja može se izvršiti iz razlika dvostrukih mjerenja i iz odstupanja od aritmetičke sredine.

- 1) Srednja pogreška mjerenja jednom žicom u jednom smjeru čitave duljine L iz razlika dvostrukih mjerenja, ako je mjereno sa q žica jednaka je:

$$(m_L)_d = \pm \sqrt{\frac{[dd]}{2q}} = \pm 1,068 \text{ mm.}$$

- 2) Srednja pogreška mjerenja duljine L s q žica u oba smjera je:

$$(M_L)_d = \pm \frac{(m_L)_d}{\sqrt{2q}} = \pm 0,534 \text{ mm.}$$

- 3) Srednja pogreška mjerenja jednom žicom u jednom smjeru čitave duljine L dobijena iz odstupanja od aritmetičke sredine:

$$(m_L)_s = \pm \sqrt{\frac{[\delta\delta]}{2q-1}} = \pm 0,942 \text{ mm.}$$

4) Srednja pogreška mjerenja duljine L sa q žica u oba smjera:

$$(M_L)_\delta = \pm \frac{(m_L)_\delta}{\sqrt{2q}} = \pm 0,471 \text{ mm.}$$

Definitivna duljina baze nereducirana na nivo pluhu mora je:

$$L = 499,99196 \text{ m} \pm 0,471 \text{ mm.}$$

Relativna pogreška mjerenja duljine L:

$$\frac{(M_L)_\delta}{L} = \frac{1}{1\,100\,000}$$

## 5. ZAKLJUČAK

Usporedbom ukupne srednje pogreške mjerenja duljine L dobivene iz prethodne ocjene točnosti  $(m_L)_\tau$  i one dobivene iz podataka mjerenja  $(M_L)_\delta$ , može se zaključiti da je primjenjenom metodom rada postignuta predviđena točnost.

## LITERATURA

- [1] Abakumov, N.: Mjerenje bazisa invarnim žicama, Tehnički list, Zagreb 1931, br. 21.
- [2] Benčić, D.: Izmjera bazisa (rukopis).
- [3] Činklović, N.: Analiza i prethodna ocena točnosti metoda preciznih geodetskih merenja, Institut za geodeziju Građevinskog fakulteta u Beogradu, Beograd 1978.
- [4] Činklović, N.: Metode preciznih geodetskih merenja, Naučna knjiga, Beograd 1983.
- [5] Kääriäinen, J.: Measurement of the Ekeberg baseline with invar wires, Finnish Geodetic Institut, Helsinki 1981.

## SAŽETAK

U ovom radu prikazuje se prvo određivanje duljine jednog dijela kalibracijske baze za elektrooptičke daljinomjere invarskim žicama. Usporedba prethodne ocjene točnosti i ocjene točnosti iz rezultata mjerenja pokazuje da je postignuta zadovoljavajuća točnost.

## ABSTRACT

In this work the first measurement of the length of one part of the calibration baseline for electrooptic distance measurement instruments using invar wires is described. Comparison of accuracy before and after measurement shows that the obtained accuracy is sufficient.

Primljeno: 1985-09-28