

# Laboratorij za mjerena i mjernu tehniku

## Geodetskog fakulteta

Razvoj mjernog laboratorija na Geodetskom fakultetu Sveučilišta u Zagrebu započeo je 1955. dolaskom profesora Dušana Benčića za asistenta iz nastavnog kolegija Niža geodezija, u svrhu osvremenjivanja nastave iz tog područja uz upoznavanje jednostavnih i brzih metoda rektifikacije instrumenata.

Mjerni laboratorij službeno je otvoren 1964. godine, uz prigodnu demonstraciju, kao posebna jedinica tadašnjega Geodetskog zavoda Geodetskog fakulteta, pod nazivom Laboratorij za mjerena i mjernu tehniku. Tada je Geodetski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, zahvaljujući razvoju mjernog laboratorija i nizu originalnih konstrukcija, bio među prvima u Europi u praktičnoj nastavi optike i geodetskih mjernih instrumenata. U tom smislu prof. Benčić je dobio i pismena priznanja od vrhunskih stručnjaka na tom području, i to od prof. dr. H. Zetschea sa Sveučilišta u Bonnu i od prof. dr. F. Deumlicha sa Sveučilišta u Dresdenu.

Na prijedlog prof. Benčića, 1972. godine, umjesto predmeta Elektrotehnika uveden je predmet Fizikalne osnove geodetskih elektroničkih instrumenata. Za nastavnika je izabran geodetski stručnjak sa završenim studijem Fizike na Prirodoslovno-matematičkom fakultetu Sveučilišta u Zagrebu prof. dr. sc. Nikola Solarić. Na taj je način, pored razvoja optičkog dijela, započeo razvoj i elektroničkog dijela Laboratorija za mjerena i mjernu tehniku.

### Razvoj optičkog dijela Laboratorija

U prvoj fazi razvoja optičkog dijela Laboratorija izrađeni su kolimatori kao osnovni optički uređaji nužni za ispitivanje optičkih uvjeta geodetskih instrumenata. Zahvaljujući intenzivnoj suradnji prof. Benčića s Tehničkom školom Ruder Bošković i suradnji s optičkom industrijom Ghetaldus, dobiveni su mehanički i optički dijelovi potrebni za konstrukciju kolimatore (Benčić 2002).

U drugoj fazi slijedilo je temeljenje i izvedba betonskih stupova u prostorijama laboratorija, montaža i kontrola nosača te završno postavljanje kolimatore. Tako su, uz skromna sredstva, izgrađeni i postavljeni sljedeći optički sustavi:

- sustav od dva kolimatora u pravcu, za ispitivanje i rektifikaciju kolimacijske pogreške
- sustav kolimatora za ispitivanje limbova, s reostatom za regulaciju osvjetljenja
- sustav vizurnih mjernih marki, za mjerjenje horizontalnih kutova
- precizni kolimator Wild s jahaćom libelom, za ispitivanje i rektifikaciju kolimacijske osi nivela i pogreške indeksa vertikalnog kruga teodolita
- sustav kolimatora, za mjerjenje kutova
- uređaj s vizurnom markom i skalom, za ispitivanje pogreške nagiba horizontalne osi teodolita
- uređaj za ispitivanje optičkog viska
- komparator s mikroskopima za ispitivanje bazisne dvometarske letve
- komparator za ispitivanje mjernih vrpci
- komparator za ispitivanje nivelmanske letve, na zidu.

Također, za nastavu na Geodetskom fakultetu izrađene su, prema konstrukcijama profesora Benčića, dvije optičke klupe za demonstraciju funkcije leća, a posebno durbina i mikroskopa, kao i demonstracijska optička ploča za nastavu iz optike.

## Kalibracijska baza i razvoj elektroničkog dijela Laboratorija

Kao voditelj znanstvenog zadatka profesor Benčić poticao je od 1972. godine izgradnju kalibracijske baze za ispitivanje i umjeravanje optičkih i elektrooptičkih daljinomjera. Bazu je, u blizini Donje Lomnice, projektirao i vodio njezinu izgradnju profesor Nikola Solarić 1982. godine. Na taj način omogućeno je u Republici Hrvatskoj postizanje jedinstvenog mjerila pri mjerenu velikih duljina, što je od interesa za znanost i gospodarstvo. O kalibracijskoj bazi je objavljeno više radova (Solarić 1992, Solarić i dr. 1992, Solarić i dr. 1998b). Također, u Laboratoriju su provodena, pored nastavnih aktivnosti, i znanstvena istraživanja na osnovi kojih je izrađeno više magistarskih radova i doktorskih disertacija.

Na slici 1 prikazana je kalibracijska baza Geodetskog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu. Stupovi baze izgrađeni su 1982., a obnovljeni 2007. godine zaslugom profesora Đure Barkovića i tadašnjeg dekana profesora Zdravka Kapovića.



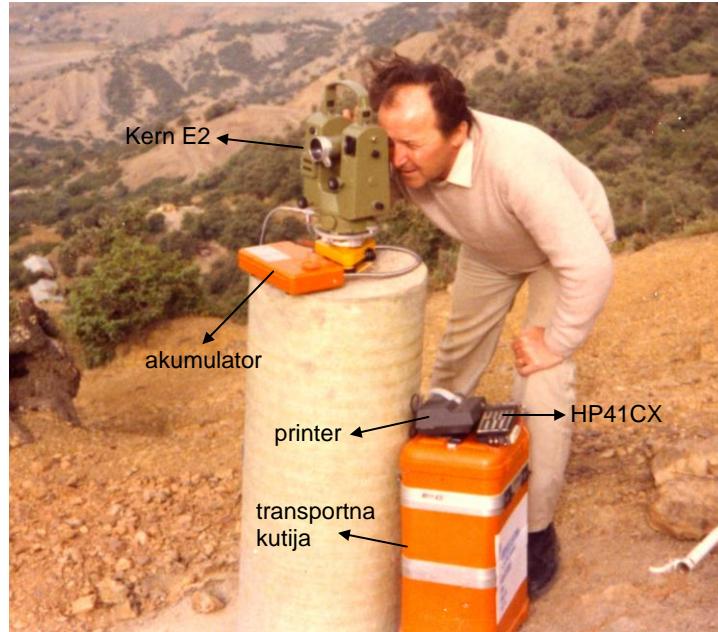
Slika 1. Kalibracijska baza Geodetskog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu.

Tijekom razvoja elektroničkog dijela Laboratorija za mjerena i mjernu tehniku od 1972. godine, razvijeno je 25 automatiziranih metoda mjerena u području primjenjene geodezije. U nastavku je navedeno nekoliko najvažnijih automatiziranih metoda mjerena.

### Automatizacija registriranja horizontalnih kutova pri mjerenu girusnom metodom pomoću elektroničkog teodolita Kern E2 i programibilnog kalkulatora HP41CX

1980-ih godina vrlo poznata švicarska tvrtka Kern nije imala program za girusnu metodu mjerena pravaca, stoga je u Laboratoriju razvijen program pomoću kojeg se postiže automatska registracija mjerena girusnom metodom. Napravljen je program za HP41CX koji informacijama na ekranu vodi opažača što treba raditi, kontrolira je li teodolit u pravilnom položaju, kontrolira je li razlika između prvog i drugog položaja teodolita u dopuštenim granicama, omogućava ponavljanje mjerena na točkama na kojima je ta razlika izvan dopuštenog odstupanja, računa reducirane sredine i sredine iz više potpunih girusa. Mjerena i rezultati mogu se ispisati na malom printeru ili pohraniti na kazetu. Tim programom može se opažati u više girusa, a ukupni broj pravaca u svim girusima može biti najviše 150, dok se pomoću uređaja Wild GRE3 u to doba moglo opažati ukupno najviše 50 pravaca. Automatizirana registracija horizontalnih kutova pri mjerenu girusnom metodom pomoću

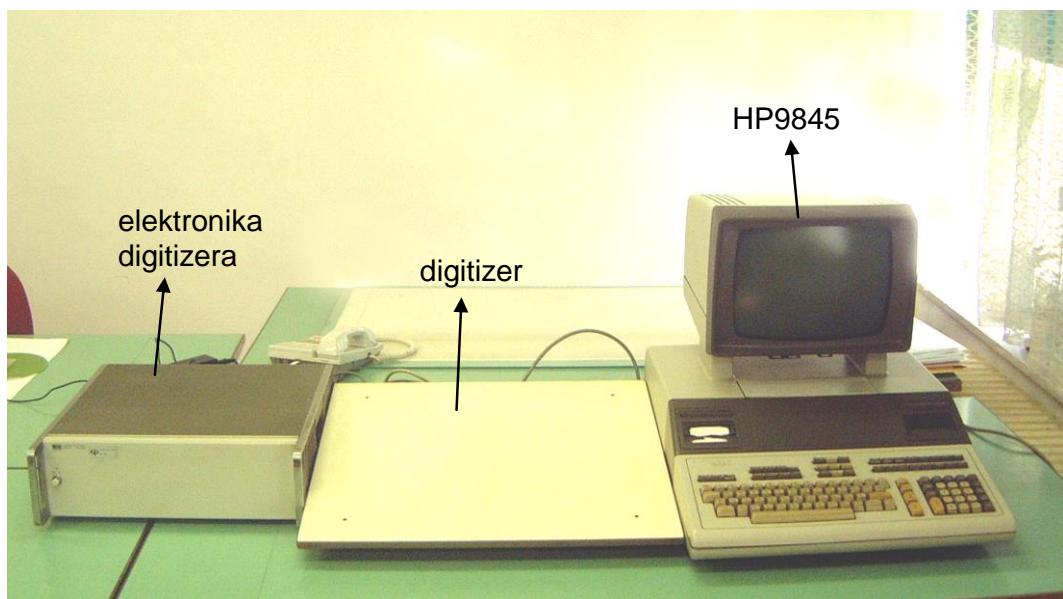
elektroničkog teodolita Kern E2 i programabilnog kalkulatora HP41CX primijenjena je u geodetskoj mreži iznad tunela Chiffa u Alžiru 1988. godine (slika 2), gdje se pokazala osobito praktičnom. O toj automatizaciji objavljen je članak u Njemačkoj (Solarić 1989) te u domaćoj publikaciji (Solarić 1986).



Slika 2. Automatizirana registracija horizontalnih kutova pri mjerenu girusnom metodom iznad tunela Chiffa u Alžiru 1988. godine.

### Automatsko računanje vrijednosti čestica u komasacijama

Za stolno računalo HP9845 izrađen je program pomoću kojeg se računaju vrijednosti čestica u komasacijama. Jednostavno se korigiraju pogreške koje nastaju pri unošenju podataka, a informacije na ekranu vrlo su opširne, tako da nisu potrebne posebne pisane upute. Program se pokazao vrlo praktičnim tijekom 15 godina primjene (1980–1995) u Zagrebu. Na slici 3 prikazan je Hewlett Packard HP9845, prvo stolno elektroničko računalo koje je Geodetski fakultet nabavio 1978. godine.



Slika 3. Hewlett Packard HP9845, prvo stolno elektroničko računalo na Geodetskom fakultetu.

## Automatsko mjerjenje duljina u bacačkim disciplinama na Univerzijadi u Zagrebu

U suradnji sa Zavodom za katastar i geodetske poslove Grada Zagreba, s kolegom Dubravkom Hladom, razvijena je praktična automatizacija mjerjenja duljina u bacačkim disciplinama za potrebe atletskih natjecanja na Univerzijadi u Zagrebu 1987. godine, pomoću elektroničkog teodolita Wild T2000 i daljinomjera Di3000 (slika 4). Koristeći izvorno vlastito rješenje za reflektor i odgovarajući algoritam pri računanju, postignuto je brže, a i točnije mjerjenje duljine nego što su to predlagali iz razvojnog odjela svjetski poznate tvrtke Wild. Metoda mjerjenja pokazala se točnjom i bržom, nego metoda primijenjena na prethodnoj Univerzijadi u Osaki u Japanu. O toj metodi objavljen je rad Solarić i Hlad (1989).

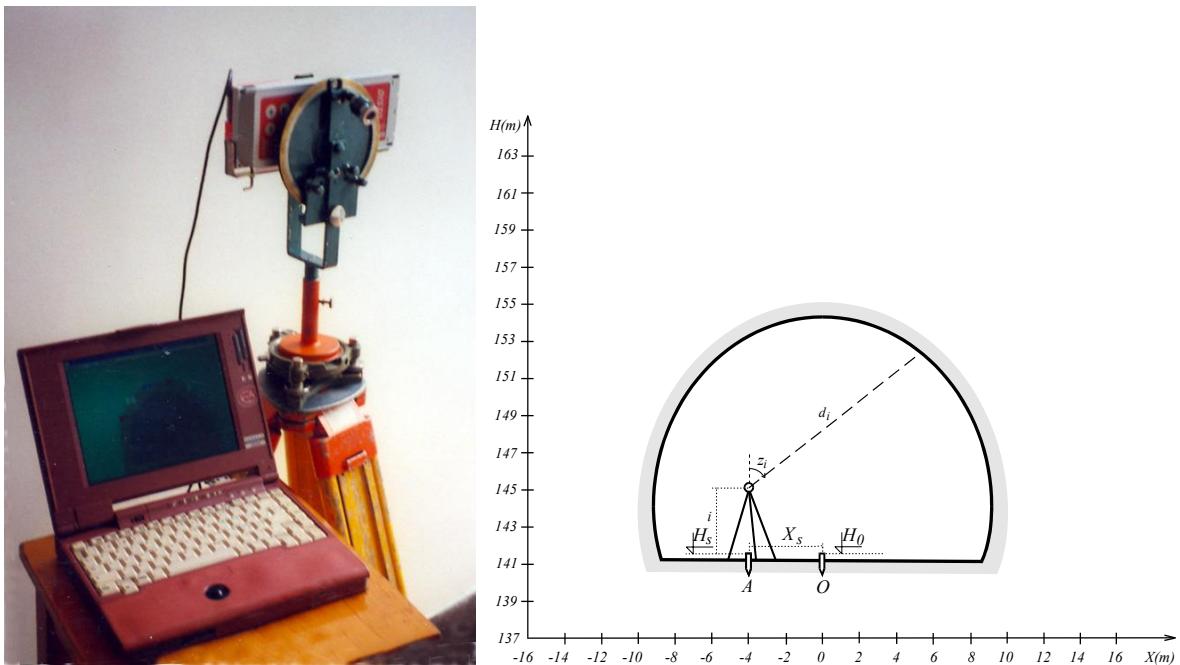


Slika 4. Automatsko mjerjenje duljina u bacačkim disciplinama na Univerzijadi u Zagrebu 1987.

## Poluautomatsko određivanje profila tunela pomoću ručnoga laserskog daljinomjera Leica DISTO

Razvijena je metoda poluautomatskog određivanja profila tunela pomoću ručnoga laserskog daljinomjera Leica DISTO, posebne šablone za namještanje daljinomjera na odgovarajuće vertikalne kutove s mjernom nesigurnošću od  $0,1^\circ$  i prijenosnog računala (slika 5). Računalo prema izboru nudi mogućnost namještanja vertikalnog kuta s korakom  $1^\circ$  ili proizvoljnim brojem stupnjeva. Nakon izmjerene duljine do površine tunela pri odgovarajućem vertikalnom kutu, podatak o izmjerenoj duljini automatski se pohranjuje u računalo (Barković 1997). Odmah nakon snimanja profila može se na ekranu dobiti iscrtan oblik iskopanog te projektiranog profila. Sličnih uređaja je bilo i do tada, međutim prednost ovog uređaja je vrlo niska cijena, a ručni laserski daljinomjer može se koristiti i za druga mjerjenja na gradilištu.

Postignuti rezultati o toj metodi objavljeni su na međunarodnom simpoziju (Solarić i dr. 1995). Metoda je praktično primijenjena u tvrtki Hidrotehnika, gdje su napravljena tri primjerka takvog uređaja i primijenili ih na tunelima Sv. Rok, Mala Kapela i drugima.

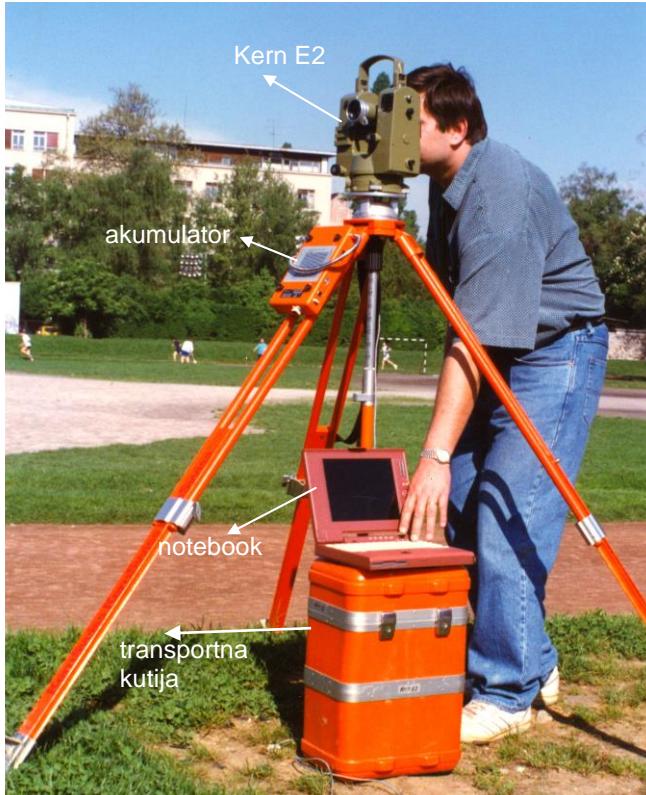


Slika 5. Poluautomatsko određivanje profila tunela pomoću laserskog daljinomjera Leica DISTO.

### Automatizirano određivanje deformacija građevinskih objekata pri probnim opterećenjima

Pri probnim opterećenjima građevinskih objekata automatizirano je mjerjenje odstupanja od nekog pravca izazvano promjenom deformacije građevinskog objekta. Mjerjenje se izvodi pomoću elektroničkog teodolita Kern E2 sa serijski priključenim računalom notebook (slika 6), a poslije mjerjenja dobiva se odmah pomak mjerne značke u odnosu na prvo referentno mjerjenje u horizontalnom smjeru (okomito na pravac teodolit–mjerna značka), kao i u vertikalnom smjeru. Moguće je prema izboru izvoditi više finih viziranja, a računalo samo automatski prema programu izbacuje grubo pogrešna mjerena. Poslije mjerjenja, u svakoj fazi mogu se dobiti odmah na terenu grafički prikazane razlike u deformacijama u horizontalnom i vertikalnom smjeru između različitih faza probnog opterećenja. U slučaju prevelike deformacije može se prestati s povećanjem probnog opterećenja. Pri prvim probnim opažanjima u Kaštelima kod ispitivanja promjena deformacija utovarno-istovarnog mola, ta se metoda pokazala vrlo praktičnom. Na duljini od 50 m, s jednim finim viziranjem, postignuto je standardno odstupanje određivanja pomaka od 0,2 mm, a s više finih viziranja može se očekivati i bolje od 0,1 mm.

Rezultati postignuti tom metodom objavljeni su u Solarić i dr. (1996) te na međunarodnom simpoziju (Solarić i dr. 1998a).

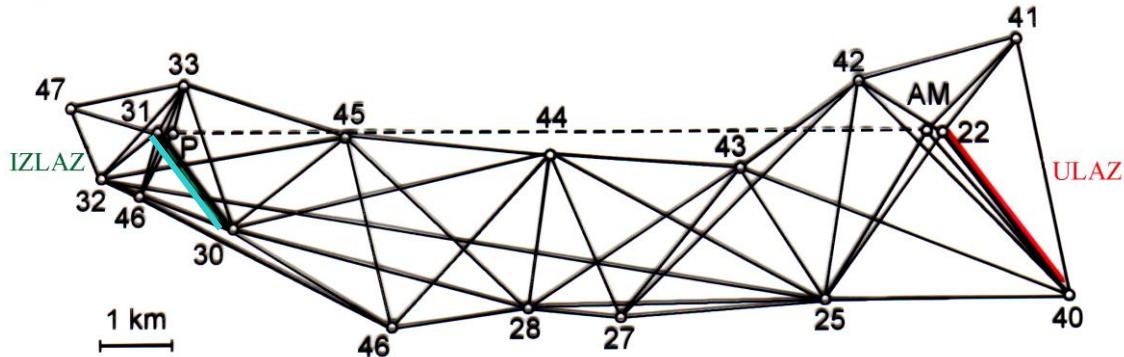


Slika 6. Automatizirano određivanje deformacija građevinskih objekata pri probnim opterećenjima.

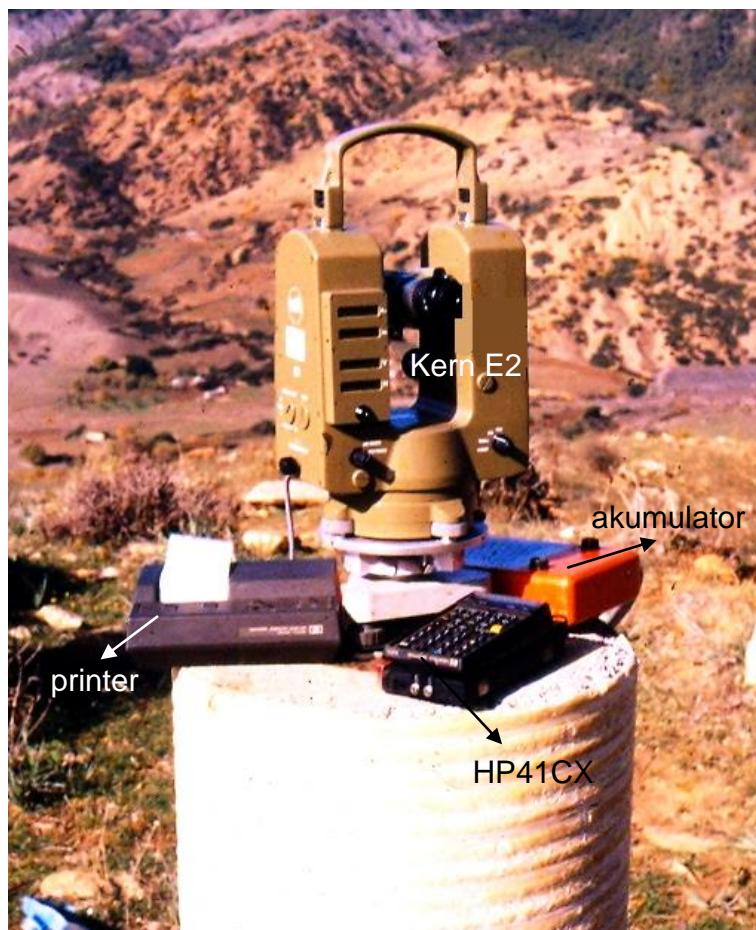
### **Automatizirano određivanje smjernog kuta astronomskim metodama pri neovisnoj kontroli i povećanju točnosti geodetskih mreža iznad dugih tunela**

U Laboratoriju je razvijena automatizirana metoda određivanja smjernog kuta astronomskim metodama prema nekoj točki na Zemljinoj površini, a primjenjena je prema izvornoj ideji profesora Nikole Solarića za neovisnu kontrolu geodetskih mreža iznad dugih tunela. Određivanje astronomskoga smjernog kuta opažanjem zvijezde Sjevernjače pomoću elektroničkih teodolita Kern E2 i Leica T3000 postiže se s mjernom nesigurnošću  $0,3''$ . Tako visoka točnost određivanja smjernog kuta omogućuje neovisnu kontrolu geodetskih mreža iznad dugih tunela. Vrlo je važno, što se na taj način kontroliraju i komponente otklona vertikale, jer one utječu na orientaciju poligonskih vlakova na portalskim ulazima u tunel, osobito ako su vizure na točke za orientaciju strme. Takva kontrola vrlo je važna i pri primjeni suvremene GNSS tehnologije. Na taj način geodetski stručnjaci dobivaju neovisnom metodom kontrolu točnosti geodetske mreže te s većom pouzdanošću mogu procijeniti hoće li probaj tunela biti uspješan i mirnije ga čekati. Osim toga, može se povećati točnost probaja tunela i uštediti na nepotrebnim dodatnim reprofiliranjima, naročito ako su poligonske strane na portalskim ulazima kratke i strme.

Metoda je primjenjena na 12 km dugom tunelu Chiffa u Alžiru (slika 7 i slika 8), na tunelu Nevesinje u Bosni i Hercegovini te na tunelu Mala Kapela (najduljem cestovnom tunelu u Republici Hrvatskoj, duljine približno 5,8 km). O toj metodi objavljeni su izvorni znanstveni radovi (Solarić i dr. 1997b, Solarić i dr. 2005, Solarić i Špoljarić 2005a) te radovi na međunarodnim simpozijima (Solarić i dr. 1997a, Solarić i Špoljarić 2005b).



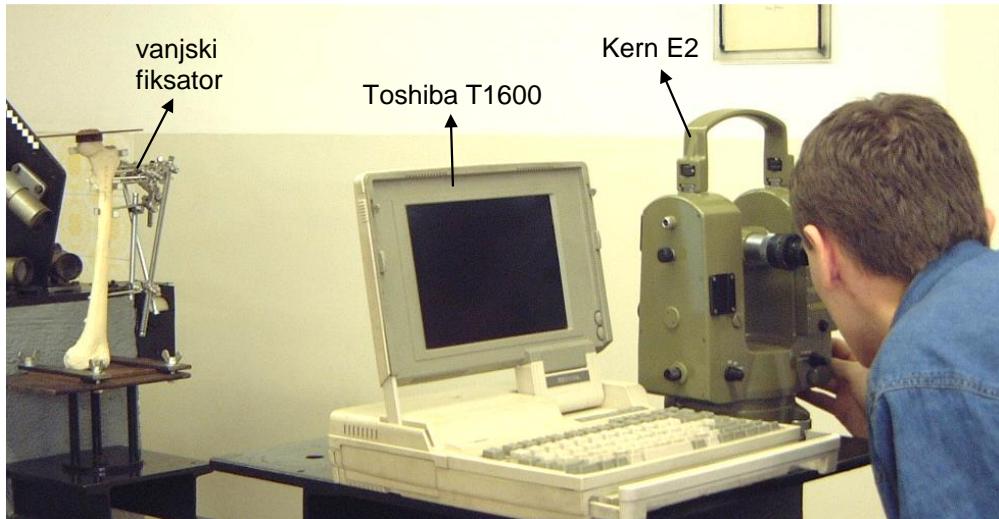
Slika 7. Geodetska mreža iznad tunela Chiffa u Alžiru i poligonske strane za orijentaciju.



Slika 8. Oprema za određivanja astronomskog azimuta na izlazu tunela Chiffa u Alžiru.

#### Automatizirano određivanje deformacija vanjskih fiksatora u medicini

Razvijeno je automatizirano određivanje deformacija vanjskih fiksatora u medicini pomoću elektroničkog teodolita Kern E2 i prijenosnog računala (slika 9). Pomoću ove metode vrlo precizno, s vrlo malim standardnim odstupanjem 0,007 mm određuju se deformacije medicinskih vanjskih fiksatora. To omogućava da se praktično odredi koji tip ili podtip vanjskog fiksatora ima manje deformacije i bolji je za primjenu u medicini. Ovo automatizirano određivanje primijenjeno je u magistarskom radu i doktorskoj disertaciji, obranjenima u Traumatološkoj bolnici Zagreb, a radovi su objavljeni u uglednom medicinskom časopisu (Boljkovac i dr. 2002) te na međunarodnom simpoziju (Boljkovac i dr. 1999).



Slika 9. Automatizirano određivanje deformacija vanjskih fiksatora u medicini.

#### **Automatizirano određivanje paralelnosti valjaka pomoću elektroničkog teodolita Kern E2 i računala notebook**

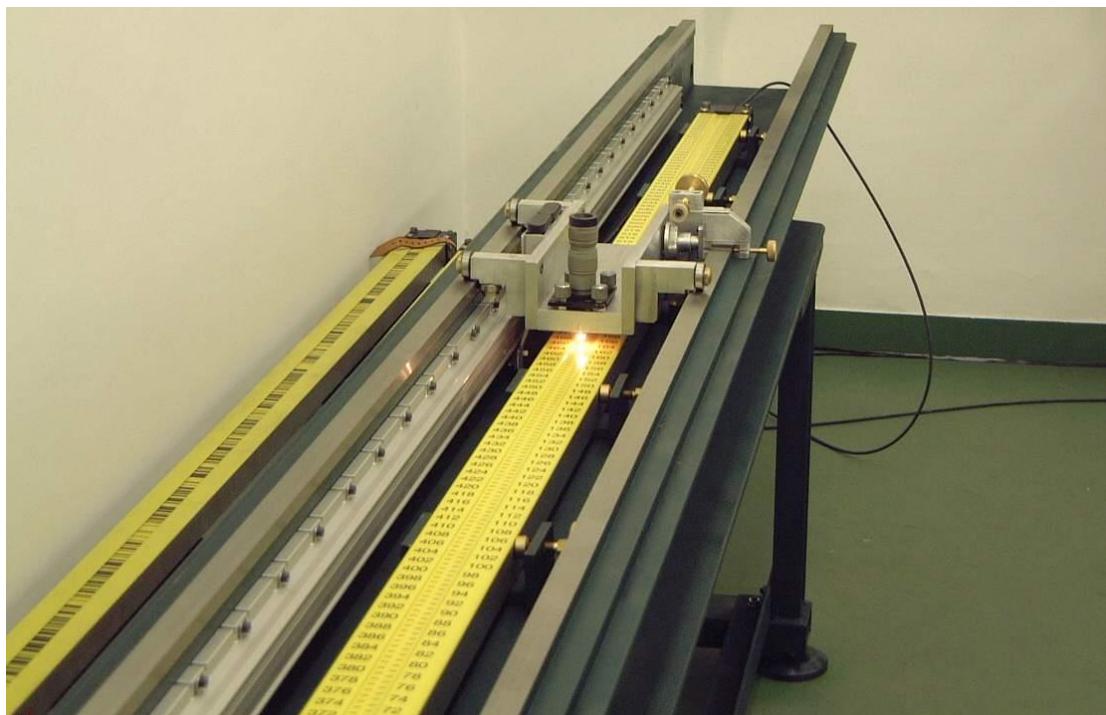
Automatizirana je metoda određivanja paralelnosti valjaka u tvorničkim halama pomoću koliimatora, elektroničkog teodolita Kern E2 ( $\pm 0,5''$ ) i prijenosnog računala (slika 10). Izvedena su a priori standardna odstupanja određivanja paralelnosti valjaka s teodolitom udaljenim od 2 m do 15 m od valjka, za valjke duljine od 1 m do 4 m i standardno odstupanje mjerena duljina 1 mm i 5 mm. Osim toga, utvrđeno je da je optimalna udaljenost teodolita od valjka približno 2 m, ako se duljine mjeru sa standardnim odstupanjem 1 mm. Optimalna udaljenost teodolita od valjka je približno 4 m, ako se duljine mjeru sa standardnim odstupanjem 5 mm. U tvornici aluminija TLM Šibenik postignuta je točnost određivanja paralelnosti valjaka u realnim, nepovoljnim tvorničkim uvjetima 0,03 mm/m, a metoda se pokazala vrlo praktičnom. Opis ove metode objavljen je u uglednom engleskom časopisu (Solarić i dr. 2004) te u Njemačkoj (Solarić i dr. 2003).



Slika 10. Automatizirano određivanje paralelnosti valjaka u TLM Šibenik.

## Automatizacija komparatora za nivelmanske letve pomoću inkrementalne mjerne letve

U svrhu izrade doktorske disertacije Đure Barkovića izrađen je komparator za umjeravanje invarnih nivelmanskih letava i mjernih vrpci pomoću inkrementalne mjerne letve kao etalona (Barković 2002), (slika 11 i slika 12). Umjeravanje nije potpuno automatizirano jer se vizira pomoću mikroskopa dok je sve ostalo automatizirano uz pomoć vlastito izrađenog softvera. Komparatorom se postiže vrlo visoka točnost umjeravanja (Barković i Solarić 2002, Barković i Solarić 2003).



Slika 11. Komparator za nivelmanske letve i mjerne vrpce.



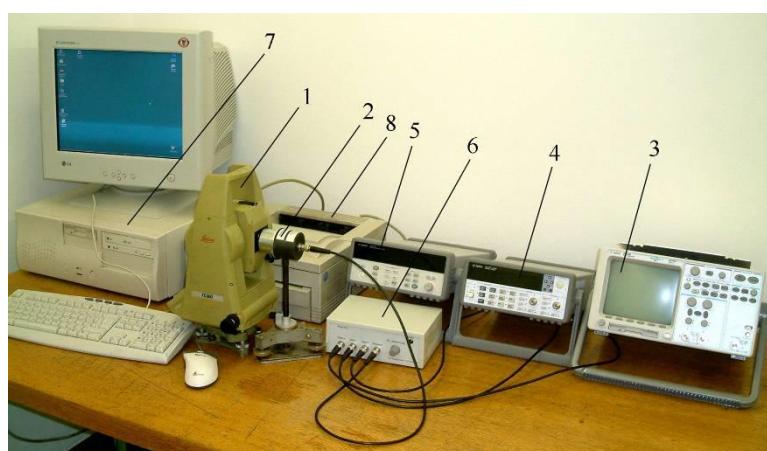
Slika 12. Program za umjeravanje nivelmanskih letvi i mjernih vrpci.

## Automatizacija mjerena duljina kalibracijske baze preciznim elektrooptičkim daljinomjerom Leica TCA2003 i neovisna kontrola GPS-om

Tijekom preciznih mjerena duljina kalibracijske baze Geodetskog fakulteta preciznim elektroničkim tahimetrom Leica TCA2003 (slika 13) automatski su mjereni i atmosferski parametri (slika 15). Izmjerena je frekvencija u daljinomjeru (slika 14), određena je periodijska pogreška daljinomjera te su uzeti u obzir svi utjecaji pri mjerenu duljine kalibracijske baze elektrooptičkim daljinomjerom (Zrinjski 2010). Duljina kalibracijske baze zatim je kontrolirana neovisnom metodom pomoću GPS-a, mjerenu tijekom 8 dana/24 sata, za potrebe izrade doktorske disertacije Mladena Zrinjskog (Zrinjski 2010). Postignuta točnost ovim dvjema metodama bila je bolja od 1 mm na duljini 1000 m. Osim toga, utvrđeno je da se daljinomjerom Leica TCA2003, ako se atmosferski parametri mijere s dva senzora Väisälä, (slika 13) postiže približno jednaka preciznost kao i Mekometrom ME5000 (Zrinjski 2010). Precizni daljinomjer Mekometar ME5000 jedan je od najpreciznijih daljinomjera, koji se nažalost više ne proizvodi. Rezultati dobiveni ovim mjerenjima objavljeni su u Zrinjski (2010) i Zrinjski i dr. (2019).

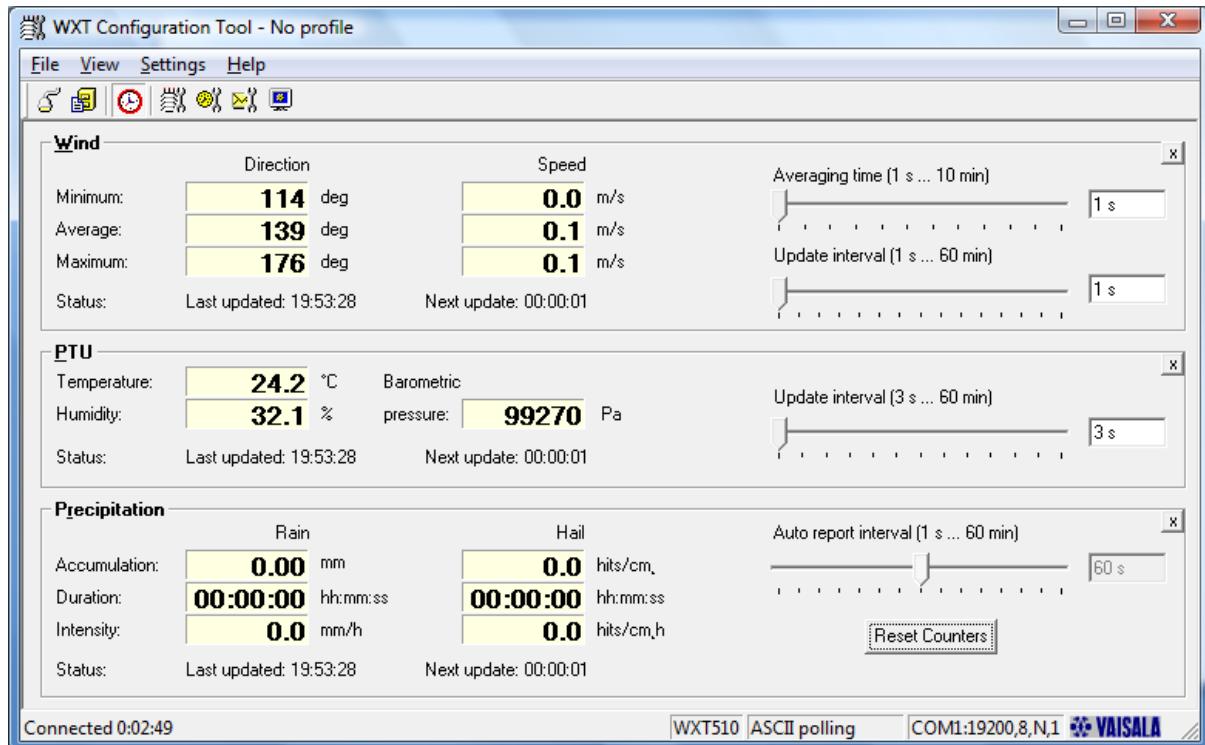


Slika 13. Precizni elektronički tahimetar Leica TCA2003 na kalibracijskoj bazi i meteorološka stanica Väisälä WXT510.



1 – elektrooptički daljinomjer (elektronički tahimetar), 2 – fotodioda s pojačalom,  
3 – osciloskop, 4 – frekvencmetar, 5 – uređaj za mjerene temperature,  
6 – PLL-sklop, 7 – računalo, 8 – printer

Slika 14. Sustav za mjerene frekvencije elektrooptičkih daljinomjera.



Slika 15. Softver za kontinuirano mjerjenje atmosferskih parametara.

U Laboratoriju za mjerjenja i mjernu tehniku Geodetskog fakulteta nastavljaju se istraživanja u području razvoja novih metoda i uređaja za ispitivanja i umjeravanja geodetskih instrumenata s ciljem osposobljenosti Laboratorija i njegove akreditacije od nadležnog nacionalnog akreditacijskoga tijela.

U tu svrhu u tijeku je izrada doktorske disertacije Sergeja Baričevića, mag. ing. geod. et geoinf., u kojoj je nastavljeno istraživanje i razvoj potpune automatizacije komparatora za ispitivanje i umjeravanje invarnih nivelmanskih letava i mjernih vrpcí (slika 16).



Slika 16. Automatizirani komparator za invarne nivelmanske letve.

Također, u svrhu izrade doktorske disertacije Ivana Kolara, mag. ing. geod. et geoinf., razvija se metoda i uređaj za ispitivanje i umjeravanje horizontalnih krugova teodolita.

## Literatura

- Barković, Đ. (1997): Poluautomatsko određivanje profila tunela pomoću ručnog laserskog daljinomjera Leica DISTO, magistarski rad, Geodetski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, Zagreb.
- Barković, Đ. (2002): Komparacija nivelmanskih letava pomoću inkrementalne mjerne letve, doktorska disertacija, Geodetski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, Zagreb.
- Barković, Đ., Solarić, N. (2002): Automatizirano mjerjenje na komparatoru za nivelmanske letve pomoću inkrementalne mjerne letve, Zbornik radova povodom 40. obljetnice Geodetskog fakulteta, Geodetski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, Zagreb, 281–292.
- Barković, Đ., Solarić, N. (2003): Automatizacija komparatora za nivelmanske letve, Izvješća o znanstveno-stručnim projektima za 2001. godinu, Državna geodetska uprava, Zagreb, 33–44.
- Benčić, D. (2002): Razvoj znanstveno-nastavnog područja mjerjenja i mjernih instrumenata u Geodetskom zavodu Geodetskog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu, Geodetski list, 1, 33–46.
- Boljkovac, D., Solarić, N., Solarić, M. (1999): Automatic determination of deformations at external fixateur in medicine by means of electronic theodolite, Proceedings, 9th FIG International Symposium on deformation Measurements, Olsztyn, September 27–30, 354–360.
- Boljkovac, D., Solarić, N., Solarić, M. (2002): Stability estimation of the Ilizarov external frame by electronic, Periodicum Biologorum, Vol. 104, No. 3, 335–344.
- Solarić, N. (1986): Automatizacija registracije pri mjerenu pravaca girusnom metodom pomoću električnog računala HP41CX, 6. susret geodeta Hrvatske, Zbornik radova, Geodezija u planiranju i organizaciji prostora u cilju očuvanja čovjekove okoline, Plitvice, 99–106.
- Solarić, N. (1989): Automatisierung der Registrierung der Richtungsmessung und Stationsausgleichung mit einem elektronischen Rechner, Vermessungstechnik, Vol. 91, No. 3, Berlin.
- Solarić, N. (1992): Kalibracijska baza za ispitivanje elektrooptičkih daljinomjera Geodetskog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu, Zbornik radova, 37. međunarodni godišnji skup KOREMA, 236–241.
- Solarić, N., Hlad, D. (1989): Automatsko mjerjenje duljine u bacačkim disciplinama na Univerzijadi Zagreb 1987, Geodetski list, 7–9, 287–294.
- Solarić, N., Špoljarić, D. (2005a): Nezavisna astronomска kontrola vanjske geodetske mreže tunela Mala Kapela, Geodetski list, 1, 15–30.
- Solarić, N., Špoljarić, D. (2005b): Independent Automated Astronomic Control of the external Geodetic Network of the Tunnel "Mala Kapela", International Symposium, Proceedings, Design, Construction and Operation of Long Tunnels, Taipei, Taiwan, November 7–10, 1293–1303.
- Solarić, N., Solarić, M., Benčić, D. (1992): Projekt i izgradnja kalibracijske baze Geodetskog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu, Geodetski list, 1, 7–27.
- Solarić, N., Solarić, M., Junašević, M., Barković, Đ. (1995): Automatic Determination of the Cross-section in the Tunnels by means of the Hand-held Laser Meter Leica DISTO, Proceedings of the 1st International Symposium of Laser Technique in Geodesy and Mine Surveying, Ljubljana, Slovenia, September 14–16, 53–60.

- Solarić, N., Špoljarić, D., Vresk, M. (1996): Automatizirano određivanje deformacija građevinskih objekata pri probnim opterećenjima, Geodetski list, 233–240.
- Solarić, N., Bilajbegović, A., Solarić, M., Špoljarić, D. (1997a): Independent control of geodetic networks above long tunnels by means of astronomically determined azimuths, Proceedings, Surveying of large bridge and tunnel projects, FIG Symposium, Copenhagen, June 2–5, 215–227.
- Solarić, N., Bilajbegović, A., Solarić, M., Špoljarić, D. (1997b): Nezavisna kontrola geodetskih mreža iznad dugih tunela pomoću astronomski određenih smjernih kutova, Geodetski list, 1, 13–24.
- Solarić, N., Solarić, M., Špoljarić, D. (1998a): Automated Method of Determining the Deformations on Construction Objects under Test Load, INGEO98, Proceedings of the 1st International Conference of Engineering Surveying, Bratislava, 197–203.
- Solarić, N., Solarić, M., Špoljarić, D. (1998b): Kalibracijska baza za umjeravanje i ispitivanje elektrooptičkih daljinomjera, poglavje u knjizi Spojivost i infrastruktura, Akademija tehničkih znanosti Hrvatske, Zagreb, 83–88.
- Solarić, N., Barković, Đ., Zrinjski, M. (2003): Halbautomatische Bestimmung der Punktverschiebung von der durch die Walzenständermitte durchlaufende Achse, Allgemeine Vermessungs-Nachrichten, Vol. 110, No. 6, 224–230.
- Solarić, N., Veršić, Z., Barković, Đ. (2004): Semi-Automatic Determination of the Parallelism of Rollers in the Aluminium Factory TLM-Šibenik, Survey review, Vol. 37, No. 293, 577–588.
- Solarić, N., Veršić, Z., Špoljarić, D. (2005): Independent control of GPS Networks above Long Tunnels by Means of Astronomically Determined Azimuth or Bearing Angels, Survey review, Vol. 38, No. 298, 308–316.
- Zrinjski, M. (2010): Definiranje mjerila kalibracijske baze Geodetskog fakulteta primjenom preciznog elektrooptičkog daljinomjera i GPS-a, doktorska disertacija, Geodetski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, Zagreb.
- Zrinjski, M., Barković, Đ., Baričević, S. (2019): Precise Determination of Calibration Baseline Distances, Journal of surveying engineering, 145 (2019), 4; 05019005, 1–9.