

## ŠKOLA NIVELMANA VISOKE TOČNOSTI

Ladislav FEIL, Stjepan KLAČ, Nevio ROŽIĆ – Zagreb\*

*SAŽETAK. Tijekom svibnja 1997. godine održan je na Geodetskom fakultetu Sveučilišta u Zagrebu tečaj pod nazivom Škola nivelmana visoke točnosti u okviru stalne izobrazbe geodetskih stručnjaka iz prakse. Tečaj se sastojao od teorijske nastave, praktikuma i terenskih mjerenja radi dopunske izobrazbe stručnjaka, dipl. ing. geodezije, za obavljanje mjerenja nivelmana visoke točnosti. Održavanje tečaja novčano je omogućila Državna geodetska uprava Republike Hrvatske i pripomogla geodetska tvrtka Zavod za fotogrametriju iz Zagreba.*

### 1. UVOD

Na teritoriju Hrvatske počeli su se obavljati sustavni radovi geometrijskog nivelmana najviše točnosti krajem 19. i početkom 20. stoljeća. Obavili su ih stručnjaci Vojno-geografskog instituta iz Beča pod klasifikacijom precizni nivelman. Rezultati radova su objavljeni u nizu posebnih publikacija tog Instituta zajedno s rezultatima drugih osnovnih geodetskih radova s područja bivše Austro-Ugarske Monarhije.

Između I. i II. svjetskog rata na teritoriju Hrvatske nisu izvođeni značajniji nivelmanski radovi, osim mjerenja dvaju nivelmanskih vlakova (Osijek – Koprivnica i Kloštar – Bjelovar) koja je izveo bivši Vojnogeografski institut iz Beograda s polaznicima tadašnje Više vojne geodetske škole.

Nakon II. svjetskog rata započeli su sustavni radovi geometrijskog nivelmana svih redova i trajali od 1946. do 1960. godine. U okviru tih radova obavljena su i mjerenja tzv. Prvog nivelmana visoke točnosti (I. NVT) koja su trebala poslužiti za definiranje temeljnoga visinskog sustava tadašnje države. S obzirom na heterogenost primijenjenog instrumentarija, postupaka, duljeg vremenskog razdoblja izmjere i drugih razloga, mjerenja I. NVT nisu zadovoljila stručne i znanstvene zahtjeve.

Stoga je u razdoblju 1970.-1973. godine izveden novi nivelman visoke točnosti, poznat pod nazivom Drugi nivelman visoke točnosti (II. NVT). Izveden je uz odgovarajuće i solidne pripreme, uključujući projektiranje mreže, pravodobnu stabilizaciju repera, unificiranje instrumentarija i pribora, definiranje postupaka i metoda mjerenja, izobrazbu i pripremu stručnjaka i dr. Pri tom se može spomenuti da su u izmjeri tog nivelmana, kao jedini iz Hrvatske, sudjelovali stručnjaci geodetske tvrtke Zavod za fotogrametriju iz Zagreba s vlastitim mjernim instrumentarijem i priborom.

\* Prof. dr.sc. Ladislav Feil, prof. dr.sc. Stjepan Klak, doc. dr.sc. Nevio Rožić, Sveučilište u Zagrebu – Geodetski fakultet, Kačićeva 26, Zagreb.

Rezultati mjerenja II. NVT za područje Hrvatske, Slovenije, Bosne i Hercegovine, Vojvodine i Crne Gore bili su obrađeni tijekom osamdesetih godina na Geodetskom fakultetu Sveučilišta u Zagrebu i poslužili su za definiranje novog visinskog sustava Republike Hrvatske u 1992. godini (Klak i dr. 1992, Feil i dr. 1992, Feil i dr. 1993). U okosnicu II. NVT od 1992. godine do danas uključuju se mreže geometrijskog nivelmana nižih redova čemu je prethodila terenska revizija postojećeg stanja visinskih oznaka – repera – s obzirom na razinu njihove očuvanosti tijekom proteklog vremena (Klak i dr. 1994, Klak i dr. 1995a, Klak i dr. 1995b, Klak i dr. 1996a, Klak i dr. 1996b).

Nakon 1973. godine na području Hrvatske nisu obavljani praktično nikakvi sustavni radovi nivelmana visoke točnosti. To u znatnoj mjeri odudara od iskustava i situacije u većini europskih i Hrvatskoj susjednih država, kao što su npr. Mađarska i Slovenija. Stoga se može zaključiti da u Hrvatskoj početkom 1997. godine nisu postojali odgovarajući uvjeti da se trenutno započne obavljanje određenih radova nivelmana visoke točnosti, bilo manjeg ili većeg opsega. Naime, za obavljanje tih radova potrebni su stručnjaci sa zadovoljavajućom razinom teorijskog znanja i praktičnog iskustva vezanog uz metodologiju i organizaciju mjerenja NVT-a, potreban je odgovarajući instrumentarij i pribor te propisani tehnički normativi i preporuke za obavljanje mjerenja (Klak i dr. 1993).

Osim navedenog sukladno općem razvoju geodezije, pa tako i razvoju nivelmana visoke točnosti prijeko je potrebna uporaba osim klasične i najsuvremenije tehnologije mjerenja koja je vezana uz primjenu elektroničkih (digitalnih) nivelira s automatskim kompenzatorima, automatskim čitanjem podjela letava i automatskom registracijom podataka mjerenja.

Zbog svega navedenog, a s obzirom na potrebu obnavljanja mjerenja NVT-a na državnoj razini i obavljanja neposredno planiranih mjerenja nivelmana visoke točnosti pri povezivanju visinskih sustava Republike Hrvatske i Republike Mađarske (Klak i dr. 115c, Klak i dr. 1996c), Geodetski je fakultet Sveučilišta u Zagrebu uz potporu Državne geodetske uprave Republike Hrvatske organizirao tečaj pod nazivom Škola nivelmana visoke točnosti. Tečaj je organiziran radi primjerene teorijske i praktične obuke te pripreme geodetskih stručnjaka za obavljanje mjerenja nivelmana visoke točnosti primjenom klasičnog i najsuvremenijeg elektroničkog instrumentarija i pribora.

Tečaj se održavao od 5. do 10. svibnja 1997. godine na Geodetskom fakultetu Sveučilišta u Zagrebu, a terenska su mjerenja u okviru tečaja obavljena na području sjevernog dijela nivelmanske mreže grada Zagreba.

## 2. PROGRAM TEČAJA

Organizaciju tečaja, razradu programa i sadržaja tečaja te njegovo izvođenje obavili su u okviru teorijske nastave, praktikuma i terenskih mjerenja nastavnici Geodetskog fakulteta prof. dr.sc. Stjepan Klak, prof. dr.sc. Ladislav Feil i doc. dr.sc. Nevio Rožić (Klak i dr. 1997).

Program i sadržaj tečaja (tablica 1) pružili su polaznicima u okviru teorijske nastave pregled i stanje postojećih radova NVT-a na području Hrvatske, znanja o suvremenom visinskom sustavu Republike Hrvatske, metodologiju mjerenja NVT-a, razjašnjenje utjecaja najvažnijih pogrešaka mjerenja, naputke o tehničkim normativima, preporuke i načela za obavljanje mjerenja, karakteristike instrumentarija i pribora, postupke primarne računске obrade rezultata mjerenja i dr. (Feil 1997, Klak 1997, Rožić 1997).



Tablica 1. Program tečaja Škola nivelmana visoke točnosti

Vrijeme	8.00-10.00	10.00-12.00	12.00-14.00	15.00-19.00
Dan				
5.5.1997.	Svečano otvaranje tečaja			
	Teorijska nastava			Praktična nastava
	Predavanje 1	Predavanje 2	Predavanje 3	Praktikum 1
6.5.1997.	Praktična nastava			
	Praktikum 2			Praktikum 3
7.5.1997.	Terenska mjerenja 1			Terenska mjerenja 2
8.5.1997.	Terenska mjerenja 3			Terenska mjerenja 4
9.5.1997.	Terenska mjerenja 5			Terenska mjerenja 6
10.5.1997.	Obrada i analiza rezultata mjerenja			–
	Zatvaranje tečaja i uručenje potvrđnica o polaganju			

Polaznike tečaja pozdravio je prodekan Geodetskog fakulteta prof. dr.sc. Ladislav Feil i ravnatelj Državne geodetske uprave gospodin Branimir Gojčeta, dipl. ing., koji je naglasio velik značaj obnavljanja radova NVT-a u Hrvatskoj, poglavito obavljanja predstojećih radova u okviru međunarodne suradnje na povezivanju visinskih sustava Republike Hrvatske i Republike Mađarske.

U praktikumu su polaznici tečaja upoznati s klasičnim i elektroničkim instrumentarijem i priborom, postupcima uporabe, načinima i postupcima ispitivanja njihove ispravnosti, odnosno rektificiranosti, te metodologijom mjerenja.

U terenskim mjerenjima obavljena su u stvarnim terenskim uvjetima mjerenja visinskih razlika između određenog broja repera nivelmanske mreže grada Zagreba.

Treba također naglasiti da su polaznici tečaja u okviru praktikuma i terenskih mjerenja rabili ukupno četiri mjerna kompleta za nivelman visoke točnosti, i to dva klasična mjerna kompleta temeljena na nivelirima WILD N3 i kompariranim invarnim centimetarskim nivelmanskim letvama s dvostrukim podjelama te dva elektronička mjerna kompleta temeljena na elektroničkim (digitalnim) nivelirima LEICA NA3003 i pripadnim kompariranim invarnim kodiranim nivelmanskim letvama. Uz to je upotrijebljen i drugi primjereni pribor, npr. kruti nivelmanski stativi, originalni podupirači nivelmanskih letava, nivelmanski klinovi i dr.

U okviru primjene elektroničkog mjernog instrumentarija i pribora polaznici tečaja su savladali, osim mjernog procesa u užem smislu koji se podudara s uporabom klasičnog instrumentarija, cjelokupnu proceduru automatskog pohranjivanja podataka mjerenja na memorijsku karticu (REC-modul), prijenos podataka mjerenja iz memorijske kartice u prijenosno računalo pomoću čitača GIF10 te obradu podataka mjerenja na računalo pomoću programskog sustava DELTA. Polaznicima tečaja bile su na raspolaganju u pisanom obliku sve originalne tvorničke upute za uporabu instrumentarija i pribora, programskih sustava za obradu podataka mjerenja te sadržaji teorijskih predavanja uključujući sve tehničke normative, preporuke i upute za obavljanje mjerenja.

Tijekom tečaja upotrebljavala su se istodobno sva četiri mjerna kompleta, kako u okviru praktikuma tako i u okviru terenskih mjerenja, pa ih je svaki polaznik tečaja, u raspoloživom vremenu, maksimalno iskoristio. Treba naglasiti da su formiranje ta četiri mjerna kompleta omogućili zajedničkim naporima Geodetski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, Državna geodetska uprava i Zavod za fotogrametriju iz Zagreba.

### 3. POLAZNICI TEČAJA

S obzirom na broj raspoloživih mjernih kompleta, kompleksnost mjernog postupka NVT-a, niz elemenata koji utječu na postizanje propisane točnosti mjerenja te nastojanje da svaki polaznik tečaja u radu s mjernim instrumentarijem i priborom provede maksimalno raspoloživo vrijeme, određen je broj od četiri polaznika. To su bili stručnjaci geodetske tvrtke Zavod za fotogrametriju iz Zagreba Vinko Lušić, dipl. ing., Petar Karačić, dipl. ing., Nebojša Sokolović, dipl. ing. i Goran Pavičić, dipl. ing. Teorijskom dijelu nastave bili su nazočni i djelatnici Državne geodetske uprave Republike Hrvatske Ljerka Rašić, dipl. ing. i Marjan Marjanović, dipl. ing.

Osim navedenih polaznika na radu u okviru praktikuma i terenskih mjerenja sudjelovali su i studenti Geodetskog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu, koji su znatno pripomogli uspješnom obavljanju tečaja. To su bili studenti četvrte godine dodiplomskog studija Bojan Barišić, Vlado Cetl, Slavko Kavšek, Stipica Pavičić, Mladen Pejak, Đulijano Petrović, Dražen Tutić i Eduard Večenaj. Sudjelovanjem u tečaju u svojstvu figuranata nisu obavljali mjerenja, ali su upoznali tehnologiju mjerenja nivelmana visoke točnosti u stvarnim terenskim uvjetima.



Slika 1. Voditelji i polaznici tečaja Škola nivelmana visoke točnosti

Treba naglasiti da je znatnu logističku potporu terenskim mjerenjima pružila tvrtka Zavod za fotogrametriju iz Zagreba.

### 4. TERENSKA MJERENJA I OCJENA USPJEŠNOSTI TEČAJA

Tijekom terenskih mjerenja svaki je polaznik tečaja, uporabom klasičnog i elektroničkog instrumentarija i pribora, izmjerio više nivelmanskih strana primjenom metode



dvostrukih mjerenja. Za mjerenja visinskih razlika odabrani su reperi različitih vrsta stabilizacije zbog posebnih postupaka priključka visina, tj. odabrani su niski i visoki reperi s rupicom. Upotrijebljeni su reperi gradskog nivelmana Zagreba stabilizirani duž Jandričeve ulice i Ksaverske ceste. Ta je trasa zadovoljavala s obzirom na relativno mali promet vozila (sigurnost polaznika tečaja) i primjerenu visinsku razvedenost uzdužnog profila.

Mjerenja su obavljena 7., 8. i 9. svibnja u jutarnjim i popodnevnim satima, sukladno propisanim tehničkim normativima, preporukama i načelima rada u nivelmanu visoke točnosti. Neposredan nadzor nad terenskim mjerenjima tijekom čitavog razdoblja rada obavili su prof. dr. sc. Stjepan Klak i doc. dr. sc. Nevio Rožić. Terenske uvjete rada ilustriraju slike 2 i 3.



Slika 2. Priključak na visoki reper s rupicom

Rezultati postignuti tijekom terenskih mjerenja pokazali su zadovoljavajuću razinu točnosti, a mjerenja su u skladu s propisanim dopuštenim odstupanjima za NVT. Postignuto je i vrlo dobro slaganje visinskih razlika koje su mjerene klasičnim i elektroničkim instrumentarijem i priborom. Takvi su rezultati mjerenja pokazali da su polaznici tečaja ovladali metodologijom mjerenja, organizacijom mjernog procesa te uporabom klasičnog i elektroničkog instrumentarija i pribora. Naravno, osim usvojenih znanja potrebno je i stjecanje primjerene rutine za obavljanje mjerenja što će svakako ubrzati mjerni proces. Na žalost, stjecanje rutine i empirijskih iskustava moguće je samo primjenom ove metode mjerenja pri rješavanju konkretnih zadataka i može se reći da je proporcionalno kilometrima trasa niveliranja.

Uzevši u cjelini postignute rezultate i motiviranost polaznika te razinu kojom su polaznici ovladali postupcima mjerenja, može se zaključiti da je tečaj ispunio svoju svrhu i da je uspješno završen.



Slika 3. Mjerenje visinske razlike

## 5. ZAKLJUČAK

Tečaj pod nazivom Škola nivelmana visoke točnosti uspješno je završen. Takav se zaključak temelji na tri važne činjenice: da su tečajem nakon dugog niza godina ponovno obrazovani stručnjaci za obavljanje nivelmana visoke točnosti koji se nije obavljao od početka sedamdesetih godina; usvojena su neophodna nova znanja o uporabi najsvremenije tehnologije mjerenja; stvoreni su uvjeti da se s obzirom na stručnjake te prikupljeni instrumentarij i pribor, neposredno započne rješavanje konkretnih zadataka.

Za uspješnost tečaja neposredno je vezana činjenica da su zajedničkim naporima Geodetskog fakulteta i Državne geodetske uprave Republike Hrvatske prikupljena ukupno četiri mjerna kompleta za obavljanje nivelmana visoke točnosti, dva klasična i dva elektronička, što je dovoljno za obavljanje svih sustavnih radova ovog reda nivelmana na razini države. Osim toga, obrazovani stručnjaci i prikupljeni mjerni kompleti omogućili su i neposredno rješavanje predstojeće zadaće povezivanja visinskih sustava Republike Hrvatske i Republike Mađarske u okviru međunarodne suradnje.

Treba naglasiti da je uspješnost tečaja u znatnoj mjeri proizašla i iz motiviranosti polaznika, sudionika i nastavnika, poglavito doajena nivelmanskih radova prof. dr.sc. Stjepana Klaka, koji je bezrezervno stavio na raspolaganje svoje znanje i cjelokupno, veoma bogato, stručno iskustvo.

Ovom se prigodom organizatori i nositelji tečaja zahvaljuju na velikoj potpori Državnoj geodetskoj upravi Republike Hrvatske, gospodinu ravnatelju Branimiru Gojčeti, dipl. ing. i njegovim suradnicima, geodetskoj tvrtki Zavod za fotogrametriju iz Zagreba, gospodinu Eduardu Križaju, dipl. ing., gospodinu Mladenu Boltu, dipl. ing. i gospodinu Ivanu Mihalcu, dipl. ing., s nadom i željom da je ovaj tečaj samo prvi u nizu predstojećih.



## LITERATURA:

- Feil, L., Klak, S., Rožić, N. (1992): Sređivanje geometrijskog nivelmana u Republici Hrvatskoj. Zbornik radova Geodetskog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu u povodu 30. obljetnice samostalnog djelovanja 1962.-1992., 147-155.
- Feil, L., Klak, S., Rožić, N. (1993): Nivellement von hoher Genauigkeit auf dem Gebiet der Republik Kroatien. Österreichische Zeitschrift für Vermessungswesen und Photogrammetrie, Heft 4, 176-182.
- Feil, L. (1997): Predavanje. Škola nivelmana visoke točnosti 5.-10.5.1997. Geodetski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, Zagreb, 1-6.
- Klak, S., Feil, L., Rožić, N. (1992): Studija o sređivanju geometrijskog nivelmana na području Republike Hrvatske. Geodetski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, Zagreb.
- Klak, S., Feil, L., Rožić, N. (1993): Pravilnik o radovima geometrijskog nivelmana – prijedlog. Geodetski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, Zagreb.
- Klak, S., Feil, L., Rožić, N. (1994): Izjednačenje nivelmanskih mreža svih redova u II nivelmanskom poligonu II NVT. Geodetski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, Zagreb.
- Klak, S., Feil, L., Rožić, N. (1995a): Izjednačenje nivelmanskih mreža svih redova u I nivelmanskom poligonu II NVT. Geodetski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, Zagreb.
- Klak, S., Feil, L., Rožić, N. (1995b): Izjednačenje nivelmanskih mreža svih redova u III nivelmanskom poligonu II NVT. Geodetski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, Zagreb.
- Klak, S., Feil, L., Rožić, N. (1995c): Povezivanje nivelmana visoke točnosti Republike Hrvatske, Republike Slovenije i Republike Mađarske. Geodetski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, Zagreb.
- Klak, S., Feil, L., Rožić, N. (1996a): Izjednačenje nivelmanskih mreža svih redova u VIII nivelmanskom poligonu II NVT. Geodetski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, Zagreb.
- Klak, S., Feil, L., Rožić, N. (1996b): Izjednačenje nivelmanskih mreža svih redova u IV nivelmanskom poligonu II NVT – prvi dio. Geodetski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, Zagreb.
- Klak, S., Feil, L., Rožić, N. (1996c): Connection of height systems of Hungary and Croatia. Acta Geodaetica et Geophysica Hungarica, Budapest, HU ISSN 1217-8977, Vol. 31( 1-2), 25-35.
- Klak, S., Feil, L., Rožić, N. (1997): Škola nivelmana visoke točnosti – Izvješće. Geodetski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, Zagreb.
- Klak, S. (1997): Predavanje. Škola nivelmana visoke točnosti 5.-10.5.1997. Geodetski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, Zagreb, 1-6.
- Rožić, N. (1997): Nivelman visoke točnosti – NVT. Škola nivelmana visoke točnosti 5.-10.5.1997. Geodetski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, Zagreb, 1-15.

## THE SCHOOL OF PRECISE LEVELLING

SUMMARY: In the month of May 1997 there was a course held at the Faculty of Geodesy, University of Zagreb under the title "The School of Precise Levelling" within the scope of continuous practical education of geodetic experts. The course consisted of theoretical part, practical training and field measurements intended for the additional education of experts, qualified engineers of geodesy, to carry out measurements in precise levelling. The course was financially provided by the State Geodetic Agency of Croatia and supported by the geodetic firm "Zavod za fotogrametriju" from Zagreb.

Primljeno: 1997-06-26