

## Higgins: Higher Surveying

Godine 1944. izašla je u Londonu knjiga pod gornjim naslovom. Djelo je takorekući najnovijeg datuma, pa već i zato može da pobudi naše zanimanje.

»Higher« znači viši, »Surveying« premjeravanje, premjer, mjerništvo, geodeziju. Na prvi pogled izgleda, kao da se radi samo o »Višoj geodeziji«. Ali nije tako. Knjiga djelomično obrađuje i ono, što mi zovemo nižom geodezijom. Odakle onda naziv, koji zbunjuje?

Englezi i Amerikanci nižu geodeziju zovu Survey ili Surveying, dok višu Geodesy. Higgins je svoju knjigu, koja u svemu obasiže preko 460 stranica, nazvao »Higher Surveying«, što bi u doslovnom prijevodu bilo više premjeravanje ili viši premjer. Htio je time istaknuti naročitu svrhu. U knjizi su sabrani zadaci, koji dolaze na pismenim ispitima iz geodezije na univerzitetima u Londonu, Birminghamu, Cape Townu, Dublinu, Glasgowu, tehničkim visokim školama Rookie u Indiji i slično. Pisac pretpostavlja, da čitaoc već znade elemente, pa mu želi dati izvjestan viši stepen i veću rutinu znanja. Odatle »higher« u naslovu knjige. Knjiga je zamišljena kao neki viši repetitorij. Kandidat, koji je geodeziju svladao u kakovom udžbeniku, u ovoj knjizi upoznaje zadatke, koji dolaze na pismenim ispitima. Na kraju pojedinih glava su zadaci sitno otisnuti. Kraj svakog je oznaka škole, na kojoj je bio postavljen. Takovih zadataka ima kroz čitavu knjigu preko 400. Sama poglavlja ispred tih zadataka daju obrazloženje, daju baze, na temelju kojih se zadaci mogu riješiti. Ali osim toga se brojni primjeri nalaze i unutar glavnih tekstova.

Da se dobije neki uvid u materiju, koju knjiga obrađuje, sastavio sam malu statistiku njenih poglavlja. Iznosim je ovdje. U pojedinoj zagradi prvi broj označuje, koliko stranica obuhvata dotično poglavlje, drugi koliko slika, dok treći koliko je zadataka na kraju poglavlja navedeno.

Instrumenti (93, 48) — Uvod — Durbini (4, 2, 5) — Nivelacioni instrumenti (10, 6, 11) — Rektifikacija nivelmanskih instrumenata (14, 4, 8) — Teodoliti (8, 8, 8) — Rektifikacija teodolita (9, 5, 15) — Posljedice nedovoljne rektifikacije (13, 4, 12) Tahimetri (12, 5, 15) — Fotogrametri (8, 8, 2) — Stol, sekstant, barometar, busole, astronomski instrumenti (14, 8, 12).

Inženjerska mjerenja (116, 54) — Kubature zemljoradnja (10, 5, 14) — Kubature u krivinama (8, 3, 6) — Krivulje masa (5, 1, 4) — Iskolčenje krivina (9, 3, 12) — Prijelazne krivine (16, 8, 19) — Vertikalne krivine (5, 1, 5) — Tuneli (10, 9, 11) — Mjerenje pod zemljom (6, 5, 2) — Mjerenje za hidrografiju (9, 2, 16) — Koordinate (6, 4, 6) — Izohipse (12, 6, 20) — Razni drugi problemi (20, 7, 29).

Fotogrametrija (50, 16) — Uvod — Načela (5, 2, 4) — Fotogrametrija (8, 1, 6) — Stereofotogrametrija (13, 5, 4) — Aerofotogrametrija (8, 4, 5) — Snimanje iz zraka (6, 2, 1) — Kartiranje (8, 1, 3).

Praktična astronomija (60, 11) — Uvod (6, 2) — Opažanja (10, 3, 6) — Vrijeme (18, 1, 14) — Azimut (11, 1, 11) — Širine (10, 3, 7) — Dužine (2, 0, 2).

Geodetska mjerenja (viša geodezija) (76, 35) — Uvod (4, 4) — Točke, signalizacija, piramide (12, 9, 11) — Mjerenje baza (20, 10, 12) — Opservacija kutova (6, 2, 8) — Mjerenje vertikalnih kutova (10, 3, 6) — Precizna nivelacija (9, 3, 2) — Meridijani i paralele (10, 4, 8) — Računanje (6, 0, 4).

Pogrješke (61, 8) — Uvod (2, 1) — Srednje pogrješke (8, 0, 6) — Normalne jednadžbe i korelate (13, 0, 9) — Izjednačenje trokutova (4, 0, 2) — Nižestepeni trokuti (11, 6, 3) — Pogrješke u tahimetriji (6, 1, 6) — Poligoni (17, 1, 9).

Predaleko bi me odvelo detaljno prikazivanje čitave knjige. Zadovoljiti ću se ovdje samo prvom glavom, koja obrađuje instrumente. Ostale glave (računanje kubatura kod zemljoradnja, fotogrametrija, astronomija) su više manje specijalne, pa možda toliko ni ne bi zanimala sve čitaoce Geodetskog Lista.

### Nivelacioni instrumenti

Nivelacioni instrument, horizontala a i libela nazivaju se jednim izrazom t. j. »level«. Da ne dođe do zabune, autor libelu obično pobliže označava kao »spirit level«, »level tub« ili slično.

Instrumente za niveliranje pisac dijeli u 3 kategorije: 1.) »dumpy«. 2.) »Y« i 3.) »reversible«.

D u m p y znači zdepast, čvrst. To su niveliri, kojima je durbin čvrst, pa se ne može niti prelagati niti obrtati u ležajima, a nema ni elevacioni vijak. Po autoru je takav nivelir uveo G r a v a t t god. 1848. Pisac o tome tipu instrumenta među ostalim kaže: »čvrst durbin je najbolja garancija za konstantnost rektifikacije. Dosljedno tome će takovi instrumenti imati uvijek izvjesno polje primjene«.

Interesantno je, da autor modernitete u građi geodetskih instrumenata prima doduše s odobravanjem, ali istovremeno i izvjesnom rezervom. Na pr. uspoređujući staru konstrukciju durbina s durbinom s unutrašnjim fokusiranjem među ostalim kaže: »glavni prigovori običnom durbinu jesu veća dužina, te pogrješke, koje izviru iz same konstrukcije. Po mišljenju autora s posljednjim se prigovorom pretjeruje«.

Kad govori općenito o komparaciji starih i modernih instrumenata, pisac kaže: »još uvijek se traže stari tipovi za teže radove, napose za kolonije, gdje je poželjan otvoren način rektifikacije i reparacije«.

»Y« niveliri su oni, kod kojih se durbin može vaditi iz svojih ležajeva i preložiti. Po autoru su takovi instrumenti uvedeni po S i s s o n s u u 18. stoljeću. »Otvoreni i slobodni dijelovi su im slabe strane kod tehničkih radova, premda se mnogo upotrebljavaju naročito u Americi«.

Amerikanski instrumenti često imaju terestičke durbine (daju upravne slike). Autor o tome kaže »more glass, less light«, više leća, manje svjetla.

»R e v e r z i o n i m a« pisac zove nivelacione instrumente, kod kojih se durbin može samo obrtati oko osi prstenova, a imaju reverzione libele

i svakako elevacioni vijak. Opisujući napredak tih instrumenata u konstrukcijama Wild-Zeiss, pisac kao da opet pokazuje izvjesnu dozu konzervativnosti, kada kaže: »originalan Zeissov nivelir zaslužuje svoje mjesto kod preciznih radova. Ali mnogi praktični inženjeri daju prednost moderniziranim starim konstrukcijama naročito u vlažnim klimatima«.

Glavna britanska poduzeća, koja proizvode geodetske instrumente jesu: Cooke, Troughton & Simms, Watts, Stanley, Casella.

Cooke-ovi »reversing« niveliri imaju reverzionu libelu, kombinaciju prizama uz tu libelu, te elevacioni vijak, koji na svojoj glavi nosi podjeljenje. Wattsov t. zv. »Self adjusting level« ima isto tako reverzionu libelu. Kod potonjeg je instrumenta zanimivo, da se promatra samo jedan kraj mjehura. Libela je tako građena, da dužina mjehura ne ovisi o temperaturi. Poprečni presjek njene cijevčice je eliptičan.

Kod prikaza Zeissovog nivelira autor opisuje t. zv. biaksialni durbin, kod kojeg se okular može premještati s jedne na drugu stranu durbina. Takav durbin zapravo ima dva objektivna. Naizmjenice jedan služi kao objektiv, drugi kao dijafragma s nitnim križem. Ali uz takav opis pisac donosi sliku Zeissovog nivelira, koji ne odgovara tekstu t. j. nije biaksialan.

Za prvorazredne nivelacije Britanci upotrebljavaju ponajviše Cookeov dotično Wattsov »Geodetic Level« sa plan-pločama.

Da Higginsovu knjigu bolje približim čitaocima Geodetskog Lista iznosim ovdje za ilustraciju i sve zadatke, koji su otisnuti na kraju poglavlja, u kome su prikazani nivelacioni instrumenti.

1. Opiši bitne razlike između »dummy« i Cookeovog novog reverzionog nivelira. Kada bi dao prednost jednome, a kada drugome?

2. Glavne značajke modernih niv. instrumenata jesu: a.) unutarnje fokusiranje, b.) naprava za čitanje mjehura, c.) jednostavna rektifikacija, d.) niveliranje bez obzira na podnožne vijke.

Prikaži sa tehničkog gledišta prednosti i nedostatke ovih značajki.

3. Zašto nije poželjno, da je mjehur promjenjive dužine? Kako se može libela kompenzirati, da dužina mjehura bude neovisna o temperaturi?

Kako ćeš na terenu odrediti polumjer zakrivljenosti i osjetljivost libele?

4. Uz pretpostavku, da se nivelacioni instrumenti dijele u a.) stare b.) poboljšane i c.) moderne, opiši po jednog reprezentanta svake grupe.

5. Opiši i skiciraj po jedan model od slijedećih reverzionih nivelira: a.) Zeiss, b.) Cooke i c.) Watts.

6. Elevacioni vijak ima bubnjić s podjelom. Punom okretaju odgovara 1/1000. Rektificiran je tako, da se čita 0,00, kad niv. libela vrhuni. Na koje čitanje treba da uravnaš, da dobiješ nagib 1/60?

Da istim instrumentom izmjeriš dužinu AB, letva je u B, instrumenta u A, pa je za odsječak na letvi od 5 stopa na bubnjiću čitano 2,35 i 5,85. Koliko je AB?

Protumači princip planparalelne ploče, koja može biti mortirana na modernom nivelacionom instrumentu, čime se može čitati do na 0,001 stopu. Opiši libelu sa konstantnim mjehurom.

7. Skiciraj nivelir Zeiss i protumači upotrebu i prednosti.

8. Šta je osjetljivost libele? Opiši, kako ćeš je odrediti na »dummy« niveliru.

9. Skiciraj nekoliko tipova nivelacionih instrumenata, kod kojih se može mjeriti nagnutost vizure. Protumači rektifikaciju.

10. Protumači:

Optičko središte leće, horizontalu, geoid, staru i novu nul-točku za visine.

Zašto kod nivelanja treba da su vizure natrag i naprijed podjednako dugačke? Kako se moderni niveliri mogu upotrijebiti za mjerenje dužine?

11. a.) Detaljno opiši, kako ćeš odrediti razliku nadmorskih visina između dvije točke, koje leže na suprotnim obalama rijeke. Nivelir neka je »dummy«, os libele neusporedna s vizurom i neokomita na os alhidade, pogreške uslijed toga malene, a rektifikacija nepoželjna.

b.) Na letvi, udaljenoj 400 stopa, čitaš uz libelu, koja vrhuni. Kad vizuru pomakneš za 0.1 stopu na letvi, mjehur se pomakne za 4 parsas. Kolika je osjetljivost libele?

Autor se mjestimično vrlo sažeto izražava. Evo kako na pr. kaže, kad govori o uvjetima verifikacije nivelacionih instrumenata: »1.) osnovno, vizura usporedna s glavnom tangentom, 2.) konstruktivno, centrirana u os durbina, 3.) poželjno, glavna tangenta okomita na vertikalnu os.

Historijski je zanimivo spomenuti, kakav se je način verifikacije nivelacionih instrumenata preporučivao u starim udžbenicima geodezije. Uz rub mirnog jezera zabiju se dva kolca u podesnom razmaku, svaki točno do razine vode i s kraja se izniveliraju; visinska razlika mora biti nula!

### Teodoliti

Francuzi razlikuju s jedne strane »Cercles d'alignements« s druge »Theodolits«. Prvi nemaju, drugi imaju vertikalni krug. Higgins razlikuje »plain« i »transit« teodolite. Kod prvih se ne može, a kod drugih može prebaciti durbin oko vodoravne osi instrumenta (a na jednom drugom mjestu knjige spominje američanske plain-transit instrumente!).

Nauka teži za sistemom, koji bi bio logički izgrađen i internacionalno priznat. Da li takav sistem postoji u označivanju geodetskih instrumenata? U botanici se na pr. točno znade, koliko prašnika ima cvijet koje biljke. Da li je tako kod geodetskih biljaka t. j. instrumenata? Glavne vrste tih instrumenata su teodoliti i niveliri. U prospektima proizvađača vidimo katkada i iste ili vrlo slične instrumente različito nazvane. Jednom je univerzalni »teodolit«, drugi puta univerzalni »nivelir« i slično. Ili isti teodolit ima podatak noniusa minutu, a u prospektu piše, da se uz malu nadoplatu može urezati dvostruko sitno podjeljenje t. j. podatak noniusa da bude 30". Pa to je slično, kao kad se kaže, da neka biljka ima čas 10 a čas 20 prašnika.

Sve to doduše izlazi iz okvira prikaza Higginsove knjige, ali ipak navadam, jer smatram, da golemi nizovi geodetskih instrumenata, koji su dosada na raznim mjestima kugle zemaljske proizvedeni, još uvijek nisu našli sistematičare, koji bi ih naučno svrstali u genuse i speciese.

Kada bi se pokušalo iz knjiga i prospekata sastaviti ovakovu sistematizaciju i dati historijski razvoj i međusobni upliv instrumenata, naišlo

bi se već na prvome koraku na izvjesne poteškoće. Važan podatak o instrumentu je doba, kad je kao tip ili model stvoren ili poboljšan. Nije nipošto svejedno, da li je to bilo 10 godina prije ili kasnije, da li je to bilo 1920. ili 1930. Pogledajmo prospekte i potražimo u njima oznake za godine izdanja. Ne ćemo gotovo ni u jednom prospektu naći te oznake. Kao da su se urotili protivu onoga, koji bi baš to htio da istraži, kada su pojedini instrumenti nastali. Kao da prospekt nije publikacija, nije knjiga, nije nešto štampanoga već lisica, koja repom zamete trag. Brojni prospekti, a u njima nigdje godina izdavanja. To ne bi smjelo biti!

S druge strane opet ista firma čas svoje instrumente označava brojevima I., II., III.- onda slovima A, B, C i t. d., druga sa MG, treća drugačijim slovima i t. d. i t. d. Instrumenti se proizvode za upotrebu u raznim zemljama, pa bi trebali već jednom dobiti i svoju jasnu međunarodnu nomenklaturu i sistematizaciju.

Pogledajmo kako Higgins sistematizira teodolite. Doslovce kaže:

Instrumenti sadašnjosti (present day instruments) mogu dá se svrstavaju u ove kategorije. Kod toga se veličine uzimaju normalno po dijametru vodoravnog kruga (u zgradama u engleskim palcima).

1. »Geodetic theodolites«, teodoliti za višu geodeziju (8" do 15") s mikrometar-mikroskopima ili posebnim optičkim napravama za očitavanje krugova. Manji modeli sada istiskuju veće.

2. »General survey theodolites«, generalni teodoliti za premjeravanje (4" do 6"). Ovamo ulazi široko područje inženjerskih i »survey« modela kao na pr. a.) Tavistock i Wild, b.) za opće svrhe, c.) primjerci za kolonije, d.) za tunele, rudarstvo, željeznice.

3. »Light theodolites«, laki teodoliti (3" do 4"), često označeni kao »geographers', prospectors' and builders' theodolites« (za geografie, istraživače, gradevinare).

»Kolonijalni« su često s noniusima, a za željeznice bez vertikalnog kruga. Potonji se u Americi označuje plain transit (priprost a transitni). Tahimetri su teodoliti s posebnim značajkama, koje olakoćuju tahimetrička mjerenja. Instrumenti, koji upotrebljavaju tangentni princip, lako se klasificiraju, ali oni, koji uvode princip stalnog ili promjenljivog odsječka na letvi se mogu često nazvati teodolitima, premda je izvorno dodavanje analaktičkog durbina bila osnovna značajka.

Zar zbilja danas, nakon silnog razvoja geodetskih instrumenata, da teodolite razvrstavamo prvenstveno po dijametru vodoravnog kruga? Po kojem dijametru? Ta najvažnija i najveća značajka modernih tipova su krugovi iz stakla. U tvornici se precizno izradi veliko podjeljenje, fotografira se, umanjena slika prenese na staklo i takav krug kod mjerenja povećaje mikroskopom. Dakle koju veličinu kruga treba uzimati za kategorizaciju, zar onu iz fabrike, koja je služila kao original fotografiranju, zar fotografiju ili optički povećanu njenu sliku? Radi se tu o tri dijametra, koji se bitno i vrlo jako međusobno razlikuju. Kategorizacija po promjeru nije osnovana jednako tako, kako ne bi bila osnovana sistematizacija bilja po sasvim sporednim oznakama (na pr. po broju lišća ili slično).

Teodoliti će se morati sistematizirati sasvim drugačije. Veličina više nikako nije dovoljan kriterij. Nije dovoljna ni svrha. Danas je tako prošireno područje upotrebe pojedinih tipova, da izvjestan tip može da služi

takorekući od triangulacije viših redova do mjerenja detalja. A može li biti bazom za sistematizaciju podatak noniusa ili mikroskopa? I to je daleko od ispravnosti. Već sam spomenuo, da ima firmi, koje po želji na isti instrumenat ugrade nonius s dvostrukim brojem crtica, pa evo dvostruko manjeg podatka, ali ne i dvostruko točnijeg instrumenta nego sistematizacije opet po broju listova biljke, a ne po bitnim značajkama.

Geodetske instrumente bi trebalo klasificirati po točnosti, ali ne nominalnoj, ne po podatku noniusa ili mikroskopa, već po stvarnoj točnosti, koju instrumenat može da daje. Instrumenat bi trebalo, kad izade iz tvornice, ispitati ne samo po fabrici, već po posebnom javnom uredu analogno, kako se baždare ostale mnogo manje važne sprave za mjerenje. Kod toga bi trebalo ispitati pogrješke po izvjesnim normiranim postupcima i te vrijednosti bi trebale da služe kao oznaka točnosti. Jer nažalost ima instrumenata, koji su građeni na oko vrlo precizno, mogu se na njima nominalno procjenjivati i desetinke sekunda, a njihova konstrukcija nije u skladu s tolikom točnošću čitanja, pa je ta točnost prilično iluzorna.

Geodetski instrumenat može upotrebom da popušta u svojoj točnosti. I to bi trebalo ispitivanjem ustanoviti. Nije svejedno, da li instrumenat dotraje za 5 ili 10 godina. Znademo li statistički šta o tome? Naglašavam sve to zato, da istaknem, kako bi zapravo u vezi sa geodetskim instrumentima trebalo riješiti još brojne i raznovrsne probleme.

Teodolit je bez sumnje najvažniji geodetski instrumenat. U starom i srednjem vijeku je šestar bio simbolična oznaka za geodete i geodeziju, u modernom je teodolit. Pogledajmo, koji britanski modeli su prikazani u Higginsovoj knjizi. U prvom redu na str. 30. je slika teodolita Stanley GS2. To je instrumenat izgrađen još posve na starim principima. Zatim su prikazani moderni Wild-Zeiss instrumenti te t. zv. Tevistock teodolit tvrtke Cook, Troughton i Simms. Ovakav instrumenat spomenuo sam već u opisu knjige »Hinks: Maps and Survey« (Geodetski Glasnik, Beograd 1946 br. 3, str. 109.). Instrumenat ima staklene krugove, ali vodoravni i vertikalni krug se ne čita iz jednog te istog mikroskopa, koji je uz durbin kao kod novih Wild, Zeiss i Kern instrumenata. Mikroskopi za čitanje nalaze se na nosačima durbina, na jednom nosaču za vodoravni, na drugom za vertikalni krug. Okulari tih mikroskopa su tako smješteni, da se nakon viziranja kroz durbin, malim pomakom glave, lako u njima može čitati.

U vidnom polju pojedinog mikroskopa su tri otvora (prozorčića). Kroz prvi se vidi mali dio glavnog podjeljenja i čitaju stupnjevi i po 20'. U taj prozorčić dolazi uvijek samo po jedan opisani stupanj tako, da ne može nastati zabuna u čitanju punih stupnjeva. U drugom otvoru se čitaju minute i sekunde. Opet se u njemu vidi samo jedan broj za minute te skala za sekunde. Treći otvor prikazuje samo dvije crtice dijametralnih strana glavnog podjeljenja, jednu uz drugu, te poseban indeks. S mikrometrom se taj indeks uravna na sredinu spomenutih crtica, pa se tek onda čita na prva dva podjeljenja.

Vodoravni krug ima promjer  $3\frac{1}{2}$  engleskih palaca, a vertikalni  $2\frac{3}{4}$ . U kategorizaciji teodolita, koju sam gore naveo, zapravo je Higgins teo-

dolite s promjerom vodoravnog kruga 3" do 4" ubrojio u najnižu kategoriju. Dakle i Tavistock bi spadao u tu kategoriju, a ima mogućnost čitanja do na sekunde i desetinke sekunada! Dakle opet primjer zato, kako moderan teodolit ispada iz stare formalističke klasifikacije po dijametru vodoravnog kruga.

Osim Tavistocka pisac opisuje još i neke druge britanske teodolite (Casella, Everest, plain-Stanley i t. d.). Čudi me, da nije spomenuo i Wattsov moderni teodolit zvan »Microptic« koji ima samo jedan mikroskop, ali tik uz durbin, dakle je u izvjesnoj prednosti pred Tavistockom.

### Tahimetri

Autor razlikuje dva glavna principa za optičke daljinomjere: 1. »Stadia« ili »Subtense« i 2. »Tangencial« sistem. Prvi radi po formulama:

$$D = Kl \cos^2 a + k \cos a \text{ i } H = Kl \sin a \cos a + k \sin a,$$

dok drugi:

$$D = \frac{l}{\operatorname{tg} \varphi_1 - \operatorname{tg} \varphi_2} \text{ i } H = D \operatorname{tg} a,$$

gdje je D vodoravna dužina, H visinska razlika, l odsječak na letvi, K multiplikaciona, k adicijona konstanta,  $a$ ,  $\varphi_1$  i  $\varphi_2$  odgovarajući nagibi prema horizontali.

Za prvi način, koji se obično kod nas naziva Reichenbachovim, Higgins kaže, da se pripisuje Williamu Greenu (1778.), ali da pripada slavnome izumitelju parnog stroja Jamesu Wattu. Dalje kaže: »Dana, imenom Brander, čini se, da je slični izum upotrebljavao još god. 1772.« Nastaje pitanje, tko je onda stvarni izumitelj tog važnog geodetskog iznašašća: Watt, Brander, Green, Reichenbach, Montanari (1674.) ili možda čak još tko drugi? Zar je i tu slično kao kod mnogih drugih pronalazaka, da ih brojni narodi svojataju za sebe?

Daljinomjer po Beamman-u ima na vertikalnom krugu skale za  $\sin a \cos a$  te  $(1 - \cos^2 a)$ . Čitanje na letvi se množi s tim iznosima, da se dobije visinska razlika dotično vodoravna dužina.

Autoredukциони daljinomjer Dr. Jeffcotta ima pomične niti. Odsječak na letvi između nepomične i prve pomične, množen sa 100 daje vodoravnu, a druge sa 10 visinsku razliku.

Od britanskih instrumenata sa tangencialnim principom pisac spominje Omnimeter, tahimetar Bell-Elliota, Barcenov i Szepessy-ev.

U knjizi nema daljinomjera, koji bi radili na principu staklenih klinova. Izgleda, da se ovi u Engleskoj toliko ne upotrebljavaju kao na kontinentu.