

## Kontrolna merenja i uporedjivanja fotogrametrijskih planova u našem zavodu za fotogrametriju\*

Najsigurniji metod kontrole fotogrametrijskih radova su »kontrolni profili« koji se uzimaju mestimično po celoj površini snimljenog terena. Kontrolne profile treba uzimati između trigonometrijskih i veznih tačaka, koje su dobro vidljive na stereogramu. Za planove krupnijih razmera od 1 : 5000 obavezno je da se visinske razlike u profilu određuju geometrijskim nivelmanom. Čak i za sitnije razmere preporučuje se ovakav rad. Merenja visinskih razlika i odstojanja između tačaka profila treba da budu dvostruke. Kontrole ove vrste su najpotpunije i mnogo ih primenjuju i vojne i civilne geodetske ustanove u Italiji, gde su u poslednjih 17 godina izvršena obimna fotogrametrijska snimanja u topografske i katastarske svrhe.

Međutim ima i drugih metoda kontrole planova dobivenih fotogrametrijskim putem.

Jedna od tih metoda se sastoji u poredenju planova dobivenih fotogrametrijom sa planovima istog terena izrađenih nekom od klasičnih metoda (geodetskim stolom, tahimetrijom ili ortogonalnim snimanjem). Ovaj metod kontrole u našem Zavodu je masovno primenjivan naročito za snimanja fotogrametrijom jedne slike. Sva odstupanja veza između fotogrametrijskih i tahimetrijskih planova (puteva, reka, nasipa, kanala, zgrade i t. d.) bila su ispod granice dozvoljenih odstupanja tj. ispod granice, koju smo u početku snimanja 1949 god. postavili ( $\pm 1$  mm u razmeri 1:5000, a od 1950 god. ispod 0,7 mm u istoj razmeri). U koliko se pokazalo neko veće odstupanje bilo neke granične linije parcele ili celog kompleksa detalja, to je bilo uvek na štetu tahimetrijskog plana, tj. ili su, u prvom slučaju, bile pogrešno spojene dve detaljne tačke prilikom kartiranja, ili je u drugom slučaju, pogrešno naneta poligona tačka na planu, pa je ceo iskartirani detalj sa ove tačke, usled te pogreške, bio pomeren.

Zaključak koji smo izveli iz ovakvih uporedjenja bio je: da je tačnost fotogrametrijskih planova ravnomernija na velikim površinama, pa i ako manja, ali bez grubih grešaka koje u sebi kriju planovi dobiveni ma kojom klasičnom metodom. Kod ovih poslednjih i pored svih kontrola, terenskih i kancelarijskih, potkrade se i po koja gruba greška, koja ponekad dovede u pitanje i vrednost celokupnog plana.

\* Predavanje održano u Fotogrametrijskom društvu u Beogradu, maja 1953 g.



Postoji i treća vrsta kontrole dobijanja karata i planova fotogrametrijskim putem, koja je detaljnije obrađena u Francuskom geografskom institutu. To je metod očitavanja koordinata i kota većeg broja kontrolnih tačaka rasutih po celoj površini stereograma, za koje su koordinate i kote prethodno numerički određene. Ovom vrstom upoređivanja kontroliše se, u prvom redu, tačnost, koja se može postići pojedinom vrstom instrumenata, a sa datim materijalom (ploče, filmovi u različitim razmerama snimka itd. Uz izvesne uslove pri datoj razmeri snimaka i ujednačenoj uvežbanosti restitora može se približno utvrditi i tačnost dobivenih planova.

I ako naš Zavod za fotogrametriju do ove godine nije imao posebno odjeljenje za kontrolna merenja, što je veliki propust, ipak su izvršena kontrolna merenja na jedan od gore pomenutih metoda za skoro sve fotogrametrijske planove koji su iz našeg Zavoda izašli.

U daljem izlaganju osvrnućemo se ukratko na 4 karakteristična slučaja pri kontrolisanju tačnosti naših radova u toku same proizvodnje.

#### *Prvi primer — Radilište Vojvodina:*

Kontrola planova izrađenih metodom redresiranja snimka.

Snimanja 1949 god. u Bačkoj vršena su Cajsovom širokougaonom kamerom  $F = 20$  cm for.  $30 \times 30$  cm sa visine od 1500 m. tj. u razmeri 1:75000. Planovi su redresirani u razmeri 1:5000.

Pre početka radova postavili smo granice maksimalnih dozvoljenih odstupanja i to:

- 1) Za maksimalne greške redresiranja  $\pm 0,3$  mm, a izuzetno do  $\pm 0,5$  mm
- 2) Maksimalnu grešku položaja vezne tačke na fotopapiru spremnom za montiranje  $\pm 0,7$  mm
- 3) Maksimalna greška vezne tačke na definitivno montiranom listu  $\pm 0,9$  mm
- 4) Maksimalno dozvoljeno odstupanje detalja na vezama snimaka ili na vezama sa tahimetrijskim planovima dozvoljavali smo do  $\pm 1,00$  mm

Po završetku redresiranja planova za 80 000 ha, na kojoj površini su bile 1949 g. određene vezne tačke, izračunali smo srednju grešku za 238 veznih tačaka iz 44 snimka i dobili:

Srednju grešku redresiranja  $\pm 0,14$  mm. Pri računanju ove greške uzeta su u obzir sva odstupanja veznih tačaka do  $\pm 0,5$  mm, a sve tačke koje su imale već odstupanja od  $\pm 0,5$  mm odbačene su kao netačno određene ili pogrešno identifikovane.

Srednja greška redresiranja sadrži:

- a) grešku određivanja koordinata veznih tačaka
- b) grešku nanošenja koordinata na podlogu za redresiranje
- c) grešku identifikacije veznih tačaka na terenu
- d) grešku identifikacije veznih tačaka na filmu
- e) grešku redresiranja.

Postignuta srednja greška položaja vezne tačke na snimku pripremljenom za montiranje od  $\pm 0,34$  mm (računata iz 198 veznih tačaka).

Srednja greška sadrži:

- a) grešku redresiranja sa svima greškama sadržatim u njoj
- b) grešku izvlačenja decimetarske mreže na staklu i podlozi za redresiranje
- c) grešku pomeranja podloge od redresiranja do kopiranja



d) grešku nameštanja stakla sa decimetarskom mrežom

e) grešku pomeranja odstojanja između projekcione ravni i objektiva zbog upotrebe staklene ploče

f) grešku koja dolazi usled nepravilnih — neravnomernih prelamanja projekcionih znakova kroz staklenu ploču.

Postignuta srednja greška položaja veznih tačaka na definitivno montiranim snimcima na listu =  $\pm 0,38$  mm. Ova greška je izvedena iz 31 vezne tačke, a pokazuje odstupanje položaja vezne tačke na snimku montiranom na listu od položaja vezne tačke nanete koordinatama na listu.

Ova srednja greška sadrži sve prethodne greške kao i grešku montaže. Prilikom montaže snimaka na listove vršena je kontrola detalja sa susednim montiranim snimcima. Dozvoljavalo se odstupanje detalja do  $\pm 1$  mm.

U 1950 god. redresirano je planova u površini od 180 000 ha od snimanja izvršenog još u 1949 god. sa Cajsovim širokougaonom kamerom pod istim uslovima snimanja.

Srednja greška dozvoljenih odstupanja izvedena je obradom 2072 vezne tačke, pa su po završenom radu dobiveni sledeći rezultati:

1) Srednja greška redresiranja  $\pm 14$  mm

2) Srednja greška redresiranja i kopiranja  $\pm 0,28$  mm

3) Srednja greška redresiranja i kopiranja dobivena iz 348 veznih tačaka  $\pm 0,30$  mm.

Povećanje tačnosti za oko 25% od prethodne godine usledilo je uglavnom zbog usavršavanja tehnike rada, boljom uvežbanošću osoblja i poboljšanjem materijala (mesto francuskog fotopapira uvedena je portriga).

Pri kraju zadatka maksimalna dozvoljena odstupanja nisu prelazila  $\pm 0,3$  mm za redresiranje,  $\pm 0,3$  mm za kopiranje i  $\pm 0,3$  mm za montiranje pa je maksimalno dozvoljena greška definitivno montiranog plana išla svega do  $\pm 0,50$  mm, a razilaženje kod veze detalja svega do  $\pm 0,7$  mm.

Kontrolni radovi na redresiranim planovima u 1951 g. pokazuju porast greške redresiranja sa  $\pm 0,14$  mm na  $\pm 0,16$  mm što je proizašlo usled povećanja greške identifikacije veznih tačaka na terenu, jer se radilo na snimcima koji su snimljeni u 1949 god.

Kontrolni radovi na redresiranim planovima u 1952 god. odnose se na snimanja Vildovom normalnom kamerom  $F = 21$  cm. Snimanja vršena u razmeri 1:10 000 u 1951 i 1952 g. i to:

a) Kontrole na redresiranju pre upotrebe korektostat-fotopapira

1) srednja greška redresiranja dobivena iz 350 veznih tačaka  $\pm 0,136$  mm

2) srednja greška redresiranja i kopiranja . . . . .  $\pm 0,23$  mm

3) srednja greška redresiranja i kopiranja i montiranja . .  $\pm 0,22$  mm

b) Kontrola na redresiranju dobivene radom sa korektostat papirom:

Srednja greška redresiranja svela se na  $\pm 0,126$  mm. Ovo povećanje tačnosti usledilo je uglavnom zbog neposredne identifikacije tačaka odmah posle snimanja, zbog snimanja sa normalnom kamerom mesto širokougaonom Cajsovom i zbog veće uvežbanosti osoblja u svima procesima rada.

Ukupna greška posle kopiranja i ujedno konačna greška — jer je novom metodom rada otpalo montiranje — iznelo je  $\pm 0,173$  mm. Zbog novog metoda



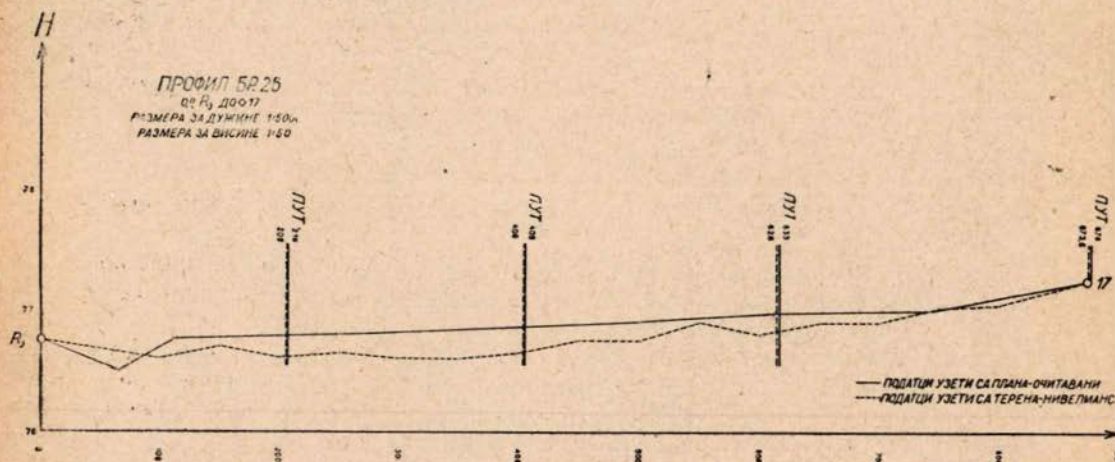
rada, a uglavnom zbog papira čije se dimenzije ne menjaju, otpala je upotreba staklene ploče i montaža snimaka. Ovaj rezultat je izveden iz relativno malog broja veznih tačaka — svega 368.

Svi planovi dobiveni metodom redresiranja dopunjeni su u vertikalnom smislu detaljnim nivelmanom.

Na površini od 88 000 ha izmereno je 88 kontrolnih profila u dužini od 71 km sa ukupno 1904 očitanih detaljnih tačaka. Najmanji broj tačaka u profilu je 8, a najveći 48. Najmanja srednja greška odstupanja plana od kota tačaka umerenih profila iznosi  $\pm 5$  cm, a najveća  $\pm 39$  cm.

Srednja greška dobivena iz svih profila iznosi

$$M = + \sqrt{\frac{65,0764}{1904}} = \pm \sqrt{0,0342} = \pm 18 \text{ cm}$$



Sl. 1

### Drugi primer — Radilište »KIČEVO«

Snimanje izvršeno 1952 god. kamerom Som na ploče  $f = 150$  mm, format snimka  $13 \times 18$ , podužni preklop 70%, relativna visina leta  $H = 1350$  m razmere 1 : 9000, razmera plana 1 : 2500. Restituisana površina 3947 ha sa 82 para. Presek 45 ha po 1 paru.

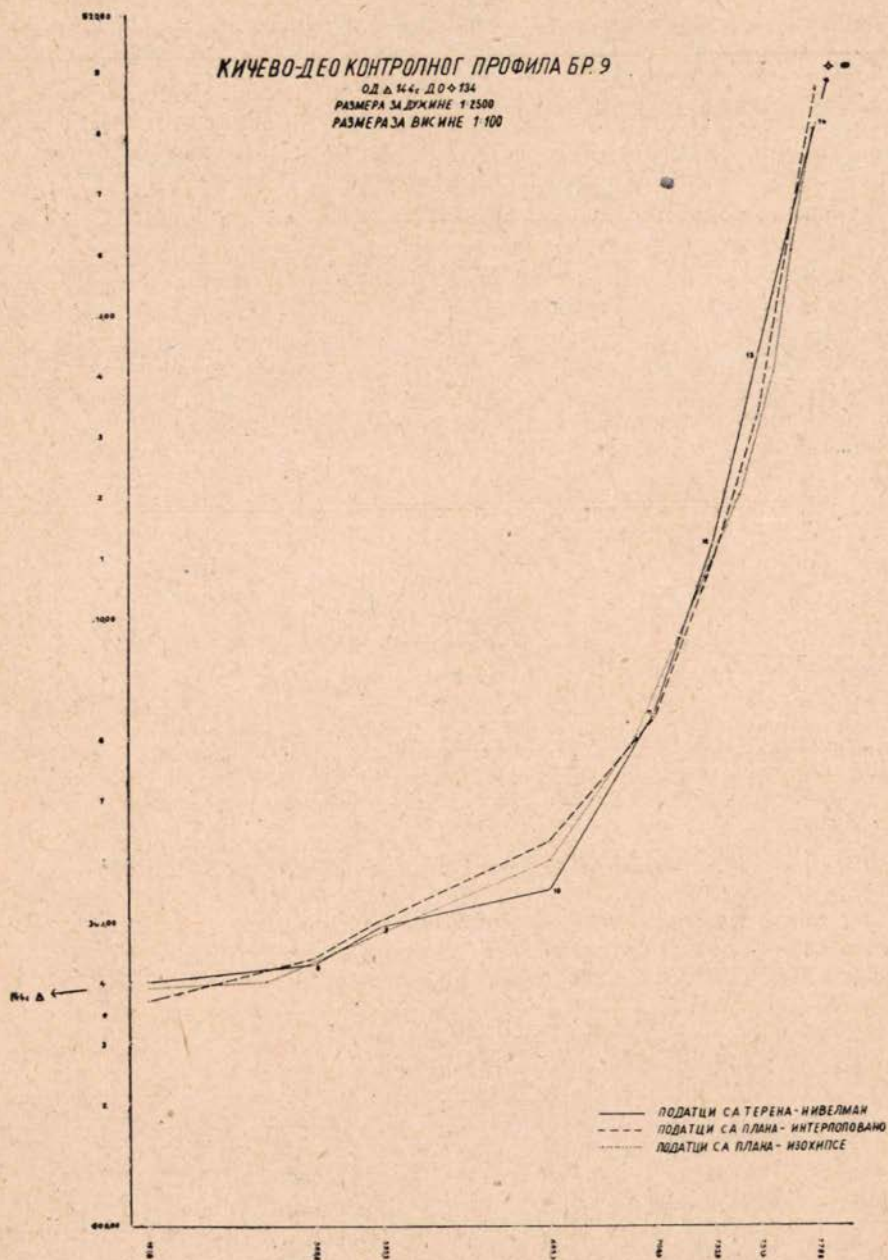
Za kontrolu je na terenu izmereno 9 podužnih profila u dužini od 4579 m između 18 trigonometrijskih i veznih tačaka i očitana 71 detaljna tačka po položaju i visini na karakterističnim prelomima terena. Visine su određene geometrijskim nivelmanom, a odstojanja merena pantljičkom po terenu i, za kontrolu, optički-instrumentom. Na planu očitano 156 detaljnih tačaka.

Ukupna srednja greška odstupanja izohipsa od profila iznosi  $\pm 29$  cm. Najmanja je u profilu br. 9 (Sl. 2) sa velikim nagibom (svega  $\pm 15$  cm), a najveća u profilu br. 4 (Sl. 3) sa blagim nagibom ili u ravnici ( $\pm 57$  cm).

Srednja greška odstupanja interpolovanih tačaka na preseku profila između kotiranih tačaka je nešto manja tj.  $\pm 25$  cm. Najmanja  $\pm 13$  cm, najveća  $\pm 36$  cm.

КИЧЕВО-ДЕО КОНТРОЛНОГ ПРОФИЛА БР. 9

ОД Δ 144, ДО Δ 134  
 РАЗМЕРА ЗА ДУЖИНЕ 1:2500  
 РАЗМЕРА ЗА ВИСИНЕ 1:100



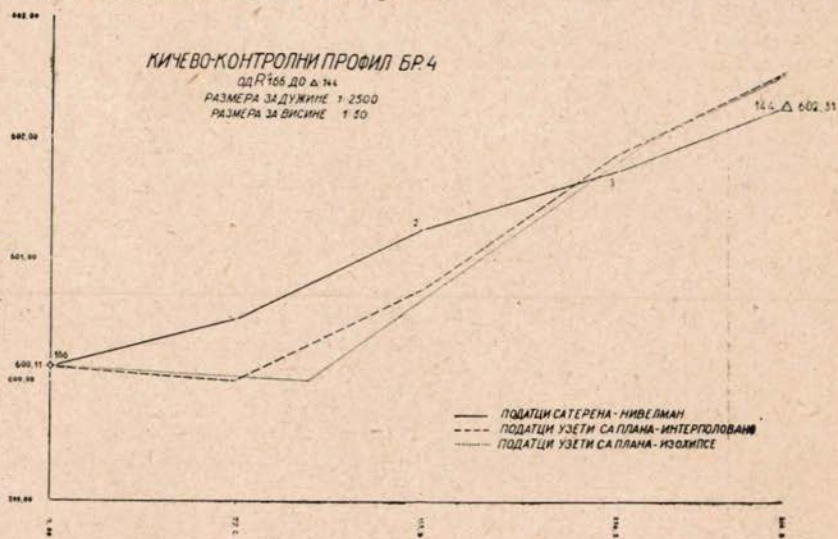
Sl. 2



Snimanje je izvršeno 1950 god. Planovi izrađeni od decembra 1950 do februara 1951 g. Snimanje je izvršeno delimično kamerom Som formata  $13 \times 15$   $f = 155$  mm sa visine  $H = 2250$  m. Razmera snimka  $1:15\ 000$ , a delimično Wildovom normalnom kamerom  $F = 21$  cm formata  $18 \times 18$  sa iste visine. Razmere snimaka  $1:10\ 500$ .

Nezavisno od naših aerofotogrametrijskih snimanja Geodetski otek »ENERGOPROJEKTA« snimio je na istom terenu 280 ha tahimetrijom i iskartirao planove  $1:1000$ . Pantografisanjem izvršili smo smanjivanje ovih planova u razmeri  $1:5000$  i kopirali na providnoj hartiji sve linije detalja i izohipsa crvenim tušem sa svih 6 detaljnih listova. Istu situaciju terena snimljenu fotogrametrijski kopirali smo sa originalnih listova na isti papir ali crnim tušem.

Pošto je ova vrsta upoređivanja opterećenja i greškom pantografisanja, koje ide i do  $0,5$  mm, to smo na četiri lista očitali i po jedan podužni profil položen između sigurno identifikovanih tačaka na oba plana, na pr., između trigonometrijskih i veznih tačaka ili između veznih tačaka i nekog objekta, koji se potpuno podudaraju na oba plana.



Sl. 3

Upoređujući smanjeni tahimetrski plan sa fotogrametrijskim planom na svima listovima izuzev lista br. 6 mogli smo utvrditi:

1) da se horizontalna pretstava terena tj. reka, puteva, staza, granica kultura podudara uglavnom u granicama greške pantografisanja, a u redem slučaju greška ide do  $\pm 1$  mm. U koliko, u retkim slučajima, prelazi i ovu granicu na primer kod obale reke, jasno je da je u pitanju različita interpretacija rasplinutih delova obale, reke ili granice kulture od strane restitutora ili tehničkog lica koje je vršilo tahimetrsko snimanje.

Što se tiče zgrada pretstavljenih na oba plana utvrdili smo čak i upoređenjem mera na originalima na svih 6 litova da su sve zgrade na fotograme-



triskim planovima znatno veće od zgrada snimljenih tahimetrijom. Pošto se ove poslednje mogu smatrati kao tačne jer su sigurno kontrolisane frontovima, vidi se da su naši restitutori, kartirajući zgrade, obuhvatili i široke nadstrešnice koje zgrade u tim krajevima imaju.

2) Što se tče međusobnog odnosa izohipsa one predstavljene na planu u blago nagnutim terenima skoro nigde ne prelaze  $1/3$  međusobnog razmaka na planu, što u vertikalnoj pretstavi pokazuje maksimalno odstupanje  $\pm 1,5$  m između izohipsa oba plana. Italijani u svom pravilniku za geodetske planove izdanom 1952 g. smatraju za dobre sve one planove razmere  $1 : 4000$  i sitnije, ako tačnost izohipsa ne odstupa više od  $2/3$  ekvidistance.

Na terenima sa većim nagibom ovo odstupanje prelazi i pola ekvidistance na planu zato je međusobni razmak izohipsa na planu razmere  $1 : 5000$  strmih terena relativno mali u odnosu na grešku pantografisanja. Međutim međusobni odnos izohipsa pretstavljen na podužnom profilu gde smo očitavanja uzimali direktno sa originalnih planova, pokazuju manje odstupanje među izohipsama oba plana, naročito tamo, gde je bilo dovoljno tačaka za interpolaciju izohipsa na tahimetriskom planu. Ovo razilaženje ne ide ni do  $1/5$  ekvidistance. (Sl. 4 i 5).

Upoređenjem položaja izohipsa sa fotogrametrijskih planova i kota poligonih i detaljnih tačaka sa tahimetriskog plana dobijaju se još povoljniji rezultati.

#### *Četvrti primer — Radilište »CRNA REKA«*

Snimanje je izvršeno u septembru 1952 god. kamerom Wild normalnom  $F = 21$  sa relativne visen  $H = 2250$  m približna razmera snimanja  $10\ 500$ . Restituisana površina  $25\ 150$  ha sa  $221$  para.

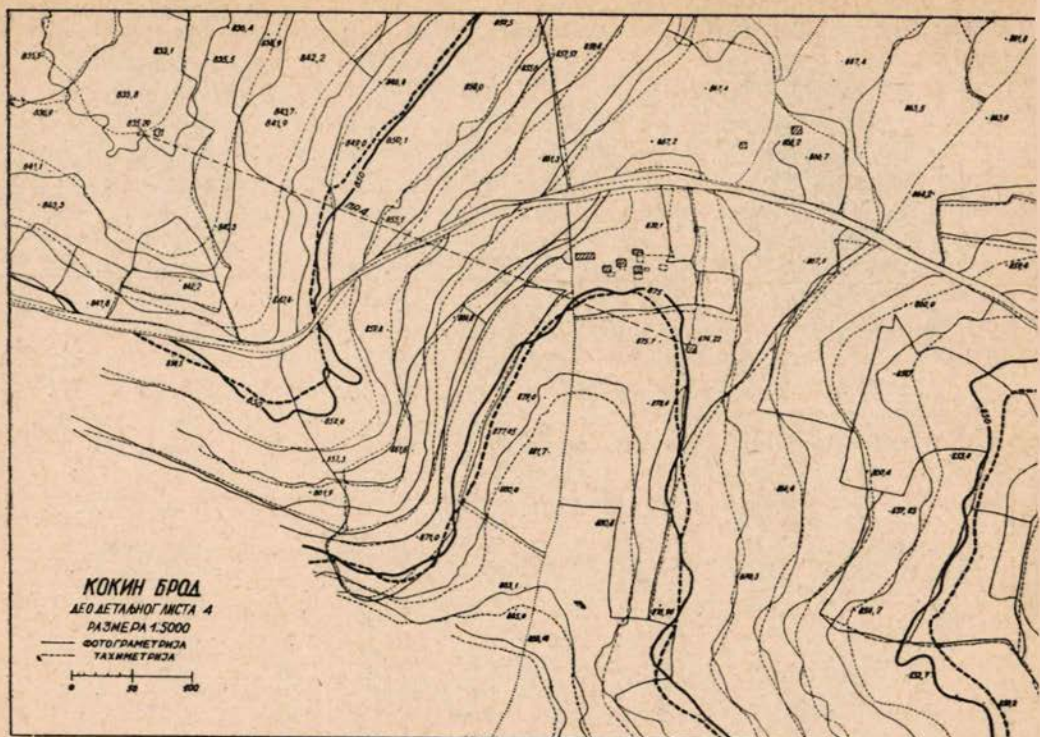
Zbog hitnosti zadatka obeležavanje i određivanje veznih tačaka vršeno je unapred. Da ne bi bilo naknadnog popunjavanja, skoro svaki službenik je odredio dvostruko veći broj veznih tačaka, nego što je to potrebno za orijentaciju parova. Broj veznih tačaka po paru iznosio je od  $6$  do  $15$  tačaka. Ove prekobrojne vezne tačke poslužile su nam kao kontrolna merenja.

Nakon orijentisanja svakog para restitutori su izvršili očitovanje kota na paru, pa je na  $73$  para to i registrovano.

Iz razlike očitavanja kota ovih veznih tačaka u instrumentu na kome je vršena restitucija, nakon orijentacije para, i kota istih tačaka dobivenih trigonometrijskim i geometrijskim nivelmanom, obračunatih sa  $20$  parova na kojima je očitano  $211$  veznih tačaka, dobivena je srednja greška za jednu očitano  $\pm 24,5$  cm. Ta bi srednja greška bila još manja da nije ušla u računanje vezna tačka  $202$  koja se pojavljuje na dva para sa odstupanjem  $-1,20$  i  $-1,50$  m što je očividno da je kota pogrešno određena (Tabela 1).

Pošto se sa sigurnošću može pretpostaviti da je poentiranje ostalih tačaka modela izvršeno u najgorem slučaju sa dvostrukom manjom tačnošću od navedene, izuzev na gustim šumskim kompleksima, to srednja greška koja se može očekivati na očitovanju visina niukom slučaju ne prelazi  $\pm 50$  cm, odnosno  $\pm 0,25\%$  od relativne visine leta. U horizontalnom smislu maksimalna odstupanja na svim tačkama nije prešla  $0,3$  mm u razmeri kartiranja ( $1 : 5000$ ).

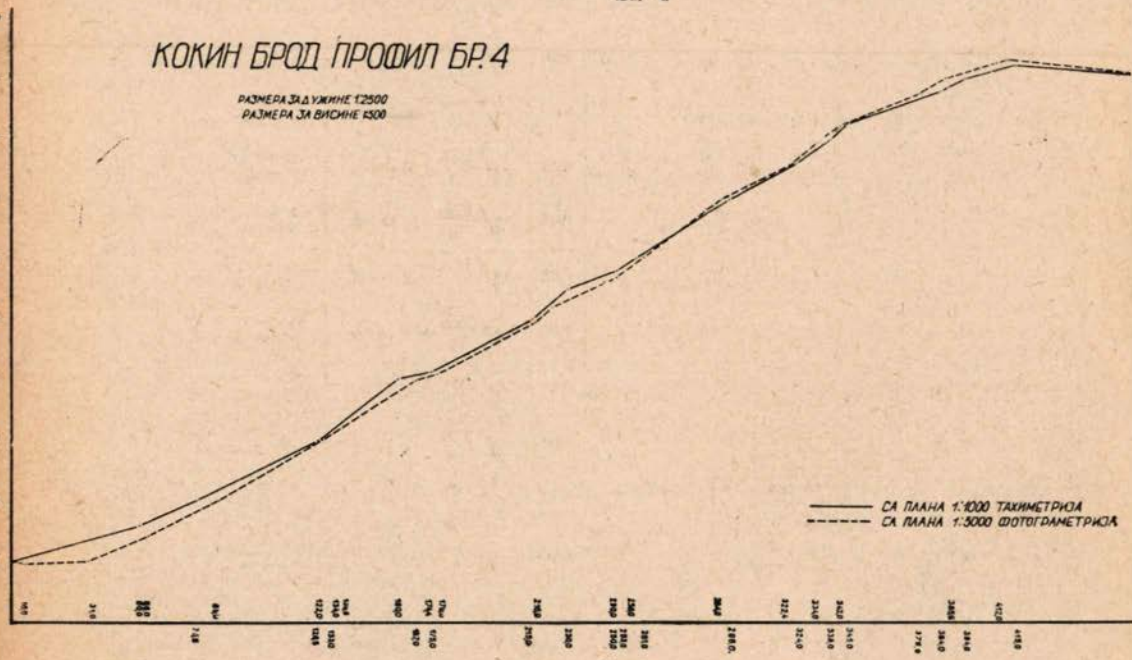




Sl. 4

**КОКИН БРОД ПРОФИЛ БР.4**

РАЗМЕРА ЗА ДУЖИНЕ 1:2500  
 РАЗМЕРА ЗА ВИШИНЕ 1:500



Sl. 5



Tabela 1

Red. broj	P A R	Broj veznih tačaka po paru	Odstupanja veznih tačaka po izvršenoj orijentaciji para u cm.	[VV]	$\pm \sqrt{\frac{ VV }{n}}$	Restitutori
1	6681/6682	9	$\pm 0, \pm 0, \pm 0, \pm 0, +4, +30, +30$ $-20, -80$	8616	$\pm \sqrt{\frac{8616}{9}} = \pm 31$ cm.	Rujević M. Čurčić M.
2	6682/6683	11	$\pm 0, \pm 0, \pm 0, +10, \pm 0, \pm 0, \pm 0$ $-15, -20, -30, -50$	4125	$\pm \sqrt{\frac{4125}{11}} = \pm 19$ cm.	Ing. Jakšić Z. Cvetković J.
3	6685/6686	11	$\pm 0, +20, +15, \pm 0, \pm 0, +10$ $+25, +40, -40, -25, -30$	6075	$\pm \sqrt{\frac{6075}{11}} = \pm 23$ cm.	Rujević M. Čurčić M.
4	6686/6687	10	$\pm 0, \pm 0, +30, \pm 0, \pm 0, +60$ $-20, -30, -4, -50$	8316	$\pm \sqrt{\frac{8316}{10}} = \pm 29$ cm.	Ing. Jakšić Z. Cvetković J.
5	6801/6802	12	$+40, \pm 0, \pm 0, \pm 0, +20, +40$ $+30, \pm 0, -10, -15, -50, -30$	8225	$\pm \sqrt{\frac{8225}{12}} = \pm 26$ cm.	Veselinov M. Adum D.
6	6802/6803	10	$\pm 0, +10, +5, +25, +20$ $+10, +10, -10, -15, -5$	1700	$\pm \sqrt{\frac{1700}{10}} = \pm 13$ cm.	Rujević M. Čurčić M.
7	6814/6815	11	$+14, \pm 0, +16, +15, \pm 0$ $\pm 0, +10, -40, -40, -20, -40$	5977	$\pm \sqrt{\frac{5977}{11}} = \pm 24$ cm.	Veselinov M. Adum D.
8	6819/6820	10	$\pm 0, +15, \pm 0, +20$ $-10, -30, -20, -5, -20, -10$	2550	$\pm \sqrt{\frac{2550}{10}} = \pm 16$ cm.	Rujević M. Čurčić M.
9	6943/6944	13	$\pm 0, \pm 0, +5, \pm 0, +5, +10$ $-40, -20, -20, -10, -10, -5, -20$	3175	$\pm \sqrt{\frac{3175}{13}} = \pm 16$ cm.	Rujević M. Čurčić M.
10	6629/6628	9	$+25, +46, +20$ $-150, -10, \pm 0, -7, -23, -33$	27408	$\pm \sqrt{\frac{27403}{9}} = \pm 55$ cm.	Zokić L. Popeskov B.
11	6628/6627	10	$+5, +8, +8, +15, +15, +12$ $-12, -12, -8, -120$	15499	$\pm \sqrt{\frac{15499}{10}} = \pm 39$ cm.	Rujević M. Milovanović M.
12	6877/6878	10	$+35, +10, \pm 0, +20, +15$ $-20, -10, -20, \pm 0, \pm 0$	2850	$\pm \sqrt{\frac{2850}{10}} = \pm 17$ cm.	Zokić L. Popeskov B.
13	6778/6779	9	$+35, \pm 0, +30, \pm 0, +10$ $-18, -40, -20, -25$	5599	$\pm \sqrt{\frac{5599}{9}} = \pm 25$ cm.	Zokić L. Popeskov B.
14	6810/6811	13	$+10, +10, +10, +20, \pm 0, \pm 0,$ $\pm 0, +11, +14, +1, +40, +30 \pm 0$	3518	$\pm \sqrt{\frac{3518}{13}} = \pm 16$ cm.	Zokić L. Popeskov B.
15	6812/6813	10	$\pm 0, +30, \pm 0, +15, \pm 0$ $-10, -5, -20, -10, -15$	1975	$\pm \sqrt{\frac{1975}{10}} = \pm 14$ cm.	Rujević M. Milovanović M.
16	6826/6827	12	$+5, +10, +10, \pm 0, \pm 0, \pm 0, +10$ $-30, -20, -15, -30, -25$	3375	$\pm \sqrt{\frac{3375}{12}} = \pm 17$ cm.	Rujević M. Milovanović M.
17	6827/6828	10	$\pm 0, +10, \pm 0, \pm 0, +5, +5$ $-25, -20, -35, -10$	2500	$\pm \sqrt{\frac{2500}{10}} = \pm 16$ cm.	Rujević M. Milovanović M.
18	6953/6954	11	$+19, \pm 0, \pm 0, +43$ $-30, -30, -6, -30, -16, -30, -30$	7002	$\pm \sqrt{\frac{7002}{11}} = \pm 25$ cm.	Zokić L. Popeskov B.
19	6843/6844	10	$\pm 0, \pm 0, \pm 0, +20, +20, \pm 0, \pm 0$ $-30, -30, -20$	3000	$\pm \sqrt{\frac{3000}{10}} = \pm 17$ cm.	Veselinov M. Stojanović M.
20	6876/6877	10	$\pm 0, \pm 0, +40, \pm 0, +20, +30$ $+10, -25, -25, -15$	4475	$\pm \sqrt{\frac{4475}{10}} = \pm 21$ cm.	Rujević M. Čurčić M.

Ukupna srednja greška iz svih parova  $\pm \sqrt{\frac{125960}{211}} = \pm \sqrt{600} = \pm 24,5$  cm