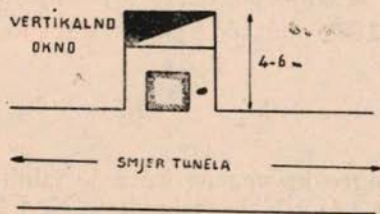


Ing. Boris Višinski — Zagreb

## Davanje smjera trase tunela kroz vertikalno okno

Radi ubrzanja izgradnje dugačkih tunela, često puta se otvaraju nova radilišta pomoću vertikalnog okna. Na taj način nastaje nova situacija u davanju smjera trase tunela. Kroz maleni otvor vertikalnog okna treba prenijeti smjer trase tako da griješka smjera iznosi maksimalno 10—20 cm. na kilometar. Prema građevnim propisima okno ne smije biti u istoj vertikalnoj ravnini sa smjerom trase tunela, već 5—6 m ekscentrično (Slika 1.), a to još više povećava poteškoće u davanju smjera trase. Ova ekscentričnost prisiljava nas, da napustimo klasičan način projiciranja (metoda Weisbacha) i da upotrebimo nove metode, koje još do sada nijesu bile primjenjivane u FNRJ.

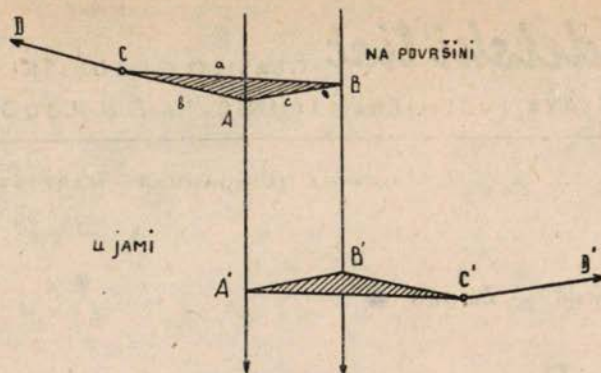


Sl. 1

Svako se projiciranje u svojoj suštini sastoji u slijedećem:

Treba prenijeti smjer stranice DC pomoću t. zv. priključnog trokuta CAB, viskova I i II i priključnog jamskog trokuta C.A.B<sub>1</sub> na stranicu C'D' (Slika 2.). Kod priključnih trokuta mjere se sve tri strane i kut c odnosno c'.

Ovaj zadatak treba riješiti tako, da priključni trokut ima takav oblik, da pogreška smjera bude minimalna.



Sl. 2

Prenosne kutove kod viskova I i II računamo po Sinusovom poučku:

$$\sin A = \frac{a}{c} \sin C$$

Diferenciranjem gornje jednadžbe po argumentu A, kvadriranjem, te zamjenom odgovarajućih oznaka za srednje pogreške mjerenja strana i kutova, dobiti ćemo srednju pogrešku kuta A.

$$M'_A = \sqrt{\varrho^2 \operatorname{tg}^2 A \left( \frac{m_a^2}{a^2} + \frac{m_c^2}{c^2} - \frac{M_c^2}{\varrho''^2} \right) + \frac{a^2 M_c^2}{c^2 \cos A}}$$

gdje je  $m_c$ ,  $m_a$  — srednje pogreške mjerenja strana  $a$ ,  $c$ ;

$M_A$ ,  $M_C$  — srednje pogreške mjerenja kutova A, C.

Ako kut A teži ka  $180^\circ$ , onda će  $\operatorname{tg} A$  težiti ka nuli, a  $\cos A$  ka 1, pa će gornja formula postati:

$$M'_A = \frac{a}{c} M'_C$$

Drugim riječima pogreška veznog kuta je minimalna kad se točka C nalazi u ravnini viskova i čim bliže viskovima. Kod toga treba da razmak između viskova bude što je moguće veći a kut C da se mjeri što točnije.

Primjer:

$$a = 8,95404 \text{ m} ; m_a = \pm 0,0001 \text{ m}$$

$$b = 3,48785 \text{ m} ; m_b = \pm 0,0002 \text{ m}$$

$$c = 5,56127 \text{ m} ; m_c = \pm 0,0002 \text{ m}$$

$$C = 10^\circ 30' 48'' ; M_C = \pm 6''$$

$$A = 162^\circ 54' 56''$$

$$B = 6^\circ 34' 16''$$

$$\begin{aligned} M'_A &= \pm \sqrt{(206000 \operatorname{tg} 162^\circ 54' 56'')^2 \left[ \left( \frac{0,0001}{8,95} \right)^2 + \left( \frac{0,0002}{5,56} \right)^2 - \left( \frac{6}{206000} \right)^2 \right] + \left( \frac{8,95 \times 6}{5,56 \times \cos A} \right)^2} \\ &= \pm \sqrt{102,1} = \pm 10'',2 \end{aligned}$$

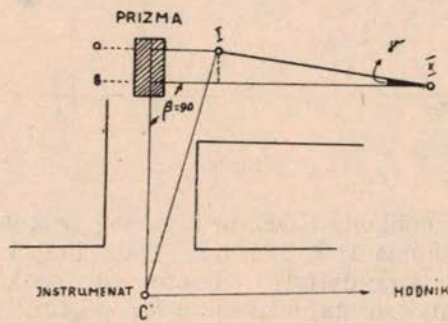
Da je kut A bio blizu  $180^\circ$  bilo bi

$$M_A^r = \frac{a}{c} M_c^r = \frac{8,9}{5,6} \times 6 = \pm 9''.6$$

U našem slučaju obzirom na oblik priključnog trokuta pogreške mjerenja strana skoro ne utiču na točnost određivanja kuta A.

Kod ekscentričnih vertikalnih okana nemoguće je postići taj uslov da točka C bude u ravnini viskova, već naprotiv točka C bit će u ravnini, koja je skoro okomita na smjer viskova. Zato nije moguće izvršiti visoko točno projiciranje po metodi Weisbacha. Za taj slučaj predložio je Ing. Nesterenko, rudarski mjernik Krivogradskog bazena jedan vrlo jednostavan i praktičan način projiciranja pomoću pentagonalne prizme.

U jamama, gdje je nemoguće postaviti instrumentat u pravcu dvaju viskova, postavimo ga gotovo okomito na spojnicu viskova, a u pravcu viskova smjestimo pentagonalanu prizmu, koja lomi zrake za  $90^\circ$  ili blizu  $90^\circ$  (Slika 3.).



Sl. 3

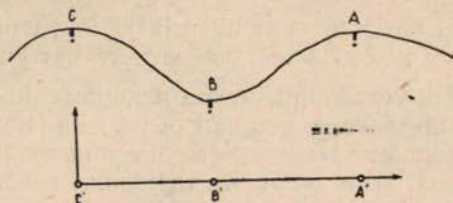
Prizma se namjesti tako da se može pomicati u pravcu instrumenta C'. Prizmu pomičemo tako dugo, dok kroz durbin instrumenta u točki C ne opazimo žicu viska I odnosno viska II. Svaki put kad opazimo u instrumentu visak I ili II očitamo i zabilježimo položaj prizme, koja se pomiče na jednoj graduiranoj klizaljci. Razlika čitanja dat će veličinu ab, a razmak između viskova ćemo izmjeriti, dok će se kut  $\gamma$  sračunati iz ovih podataka.

Uz poznati kut  $\gamma$  i kut loma prizme lako možemo prenijeti smjer viskova dalje u hodnik.

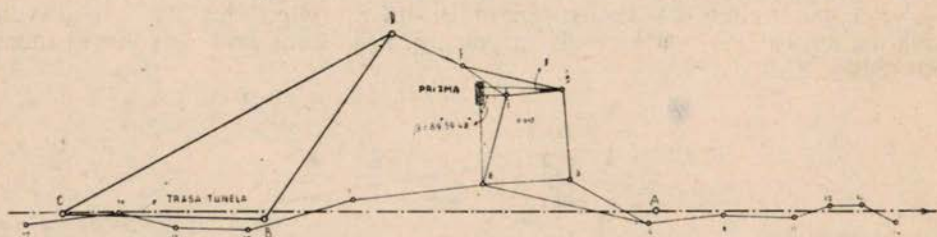
Prema tome pentagonalna prizma nadomjestila je u jami priključni trokut Weisbacha. Treba napomenuti, da je Ing. Nesterenko taj priključak upotrebio ne samo dolje u jami, nego i gore na površini.

Ovih nekoliko osnovnih načela bilo je potrebno izložiti radi lakšeg razumijevanja samog postupka prijenosa smjera trase tunela sa površine u tunel kroz vertikalno okno.

Smjer trase tunela stabiliziran je na površini točkama ABC (Slika 4. i 5.). Uzmimo smjer trase CA kao nulti smjer, a točku C kao ishodište koordinatnog sistema t. j.  $y = 0$ ,  $x = 0$ .



Sl. 4



Sl. 5

Preko pomoćnog poligona CDE, priključnog trokuta E12 na površini prizme i jamskog poligona 1, 2, 3, 4, 5..., odredimo koordinate nekoliko točaka u tunelu (najmanje dvije). Ordinate ovih točaka pokazivat će koliko su naše točke, koje su stabilizirane u stropu tunela, daleko od vertikalne ravnine trase. Običnim metalnim dvometrom iskolčimo tada u hodniku trasu tunela. Posebnom operacijom kroz vertikalno okno odredimo visinu repera u tunelu.

Prema tome sav rad možemo podijeliti na pojedine etape i to:

1. Rekognosciranje i obilazak čitavog područja, priprema materijala, kontrola instrumentarija i stvaranje glavne osnove za rad i raspored osoblja.

2. Vanjski rad: postavljanje pomoćnog poligona, stabilizacija točaka, uređivanje postolja za projiciranje, komparacija radne vrpce, spuštanje viskova, vanjsko povezivanje pomoću priključnog trokuta.

3. Jamski rad: uređivanje postolja za projiciranje, pravljenje poda i osiguranje tehničara od nesretnih slučajeva (tumačenje osnovnih pravila osiguranje ljestava i t. d.), stabilizacija stropnih točaka, smještaj instrumenata, proces određivanja ravnoteže viskova, vezivanje pomoću prizme opservacije pomoćnog jamskog poligona, mjerenje strana.

4. Računanje: kontrola opservacije i mjerenje strana, računanje priključnog trokuta i pomoćnih poligona, sastavljanje skice iskolčenja.

5. Iskolčenje smjera trase tunela.
6. Mjerenje dubine.
7. Opći zaključak: kvaliteta rada, metode rada, srednja pogreška i mogućnost maksimalnog odstupanja smjera trase tunela.

Kao primjer navadam čitav postupak rada kod prenosa trase tunela kroz vertikalno okno, a također i primjer ovog prenosa kako je izveden od strane Geozavoda u 1948. godini.

### I. Rekognosciranje.

Prilikom rekognosciranja potrebno je obići čitavo područje rada i upoznati se sa svim detaljima. Uvijek treba imati na umu da se prilikom obustave jamskog rada ne smiju pojaviti nepredviđene poteškoće.

Pažnju treba skrenuti na identificiranje datih točaka, jer često puta kod ovakvih objekata nalazimo po dvije-tri točke jednu do druge. Kontrolom smjera trase na površini uvijek možemo spriječiti neku eventualnu pogrešku. Takav se slučaj desio kod našeg rada, gdje je točka B bila van trase oko 30" obzirom na točku C. Prema tome već početni smjer davao bi pogrešku od 0'145 m na jedan km prema formuli:

$$\frac{\Delta\varphi}{\varrho} = \frac{\Delta l}{l}, \text{ gdje je } \Delta\varphi'' = 30'', l = 1000 \text{ m, } \varrho'' = 206\,000''$$

$$\Delta l = 0'145 \text{ m}$$

Za vrijeme obilaska potrebno je predvidjeti sav potrebni materijal kao grede, daske, klamfe i t. d., i izdati naredbu da se sve to dostavi na mjesto rada. Slobodno osoblje treba zaposliti na pregledu i provjeravanju instrumentarija, i tom prilikom podmazati stativne konzole, pregledati funkcioniranje mikrometričkih i podnožnih vijaka i sl. Ako imamo na raspolaganju novi instrumentarij, onda treba svakog člana ekipe upoznati sa čitanjem i baratanjem s ovim instrumentarijem. Dalje je potrebno sastaviti točan popis materijala i pribora za jamski rad i za nadzemni rad, te prema popisu odvojiti jedan od drugoga.

Nakon pregleda terena i situacije projeciranja stvoriti opći plan rada. Uspjeh zavisi od dobre organizacije i zato je potrebno svakog pojedinog stručnjaka lično zadužiti. Plan rada mora biti detaljno razrađen i naznačeno što svaki pojedinac ima raditi i kakovu zato snosi odgovornost. Jedan stručnjak je odgovoran za jamski rad u cjelini, a drugi za vanjski. U isto vrijeme treba da čitav rad međusobno koordinira.

### II. Vanjski rad.

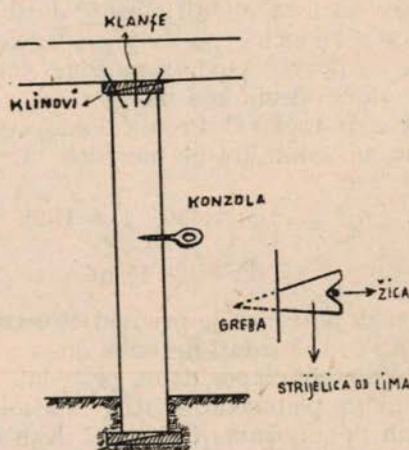
Vanjski i jamski radovi počinju istodobno. Prilikom postavljanja vanjskog poligona treba imati na umu slijedeće:

Broj točaka u poligonskom vlaku treba da bude što manji t. j. dužine strana trebaju biti što veće, jer se na taj način smanjuje pogreška smjera (poprečna pogreška), koja je u direktnoj ovisnosti od broja točaka odnosno dužine strana.

Točke vanjskog poligona treba propisno stabilizirati podzemnim centrom i betonskim stubom  $15 \times 15 \times 60$  cm. u koji je utisnuta željezna šipka sa rupicom.

Radi smanjenja pogreške smjera bio je u našem slučaju upotrebljen poligonalni pribor za preciznu poligonometriju tipa Zeiss, kod kojega se prisilnim centriranjem postizava velika točnost u mjerenju kutova. (Vidi geodetski priručnik — Zagreb 1948. strana 122).

Strana CD određena je pomoću trokuta CDB, u kojem su bila izmjerena sva tri kuta i strana BD pomoću Zeiss bazisne letve od 3 m. Paralaktični kut i kutovi u trokutu opservirali su se u tri girusa sa srednjom pogreškom  $\pm 4''$ . Jak vjetar i nevrijeme (magla i kiša) onemogućavali su postignuće veće točnosti. (Slika 5.). Točka E pomoćnog poligona u isto vri-



Sl. 6

jeme je i točka priključnog trokuta. Na njoj je bio postavljen instrument na konzolu tipa Zeiss, da bi položaj instrumenta u toku cijelog rada ostao nepromijenjen. (Slika 6.)

Prilikom postavljanja stupa za konzolu treba stup dobro učvrstiti odozdo klinovima a gore klamfama, a također dolje dobro nabiti zemljom. Strana DE mjerena je vrpcom od 50 metara, čija je duljina bila komparirana, a popravka za komparaciju je = 0. Obzirom da smo kod opservacije kutova primjenili metodu prisilnog centriranja kojim se eliminira pogreška centriranja, a kod mjerenja strana sistematska pogreška ne igra ulogu, jer daje samo pozicionu pogrešku koja izaziva paralelan pomak trase tunela.

Vrpca je komparirana na način kako je opisano u članku Višinski »Mjerenje dubine okna« — Geodetski list 1948. broj 1. U isto vrijeme je na oknu gore majstor tesar pod rukovodstvom stručnjaka pravio pod od debelih dasaka debljine 5 cm.

Prije nego tesar započne sa radom mora dobro sve oko okna metlom počistiti, da nebi prilikom rada nešto palo dolje na glavu stručnjaka, koji rade pod oknom. Bubnjevi se pričvrste na tešku gredu, tako da bi se bubnjevi mogli pomicati lijevo desno dok se iz jame ne javi da su viskovi spuštani i da se sve može čvrsto fiksirati.

Čim su sve predradnje gotove montiraju se bubnjevi i počinje spuštanje viskova. Ovo spuštanje mora jedan tehničar stalno pratiti i sve što je na smetnji ukloniti i proširiti okno koliko je moguće, da ne bi žice prilikom njihanja dodirivale bilo koji predmet. Radi kontrole, dali visak slobodno visi, preporučio je Prof. D. N. Ogloblin t. zv. slanje pošte po žici. To se sastoji u tome da se pusti lagani kolut od žice prečnika 2—3 cm., i ako ovaj kolut stigne onda žica nigdje ne dodiruje. Ovu operaciju potrebno je ponoviti nekoliko puta, samo je potrebno prethodno visak umiriti. Drugu kontrolu možemo vršiti prema vremenu njihaja viska. Vrijeme jednog njihaja u sekundama izražava se formulom:

$$t = n \sqrt{\frac{l}{g}} \text{ ako uzmemo da je } \frac{n}{\sqrt{g}} = 1$$

$$t = \sqrt{l} \text{ gdje je } l \text{ dužina obješenog viska u metrima.}$$

Upoređivanjem računskog vremena njihaja sa vremenom posmatranja, možemo stvoriti zaključak dali je žica slobodna ili dodiruje neku gredu. Osim toga na osnovu opažanja vremena njihaja možemo približno odrediti na kojoj visini žica dodiruje neki predmet.

Primjer: Neka je vrijeme njihaja  $t = 7$  sek. Okno je duboko 108 m.;  $l = t^2$  prema tome  $l = 49$  m. Iz toga se vidi da žica na dubini od 59 m dodiruje neki predmet. Nakon uklanjanja smetnji vrijeme je iznašalo oko 10,5 sek. a računski dobijemo:

$$t = \sqrt{l} = \sqrt{108} = 10,4 \text{ sek}$$

Sav ostali vanjski rad miruje do završetka pripremnih radova u jami. Čim se odozdo javi da su pripremni radovi gotovi, i da su žice opterećene velikim utezima, odmah se mora kod bubnjeva prokontrolirati dali se žice nalaze u strijelicama. Vidi sliku 6.

Dok se ponovno ne javi odozdo da su žice fiksirane vanjski rad miruje, i tek onda kad je dat signal da su žice fiksirane i da se započelo sa opservacijom, pristupa se na površini mjerenje priključnog trokuta. Čitav ovaj rad treba da teče mirno i bez žurbe. Prvo se opservira sa točke E u tri girusa mali kut, a onda pristupa mjerenju strana. Mali kut na točki E opserviran je instrumentom Zeiss Th II. sa srednjom pogreškom  $M = \pm 6''$ ,

koja je sračunata po formuli  $M = \pm \sqrt{\frac{[v v]}{n-1}}$ .

Dužine strana mjerene su četiri puta. Vrpca je bila zategnuta utegom od 5 kg. Razmak između žica izmjeren je sa srednjom pogreškom  $\pm 0,302$  mm. Nakon obavijesti da su žice slobodne i da je rad u jami završen tehničar skida instrumenat sa stalka, a sav ostali alat ostaje na svom mjestu dok se ne izvrši sračunavanje i iskolčenje trase tunela.

### III. Jamski rad.

Sva težina posla pada na jamare.\*\*

Najprije je potrebno stabilizirati sve točke u stropu (4, 5, 9 zaključno sa 17. Slika 5.), i to tako da budu po mogućnosti čim bliže provizornoj trasi tunela. U isto vrijeme rukovodilac mora najveću pažnju posvetiti smještaju instrumentarija, konzola, podova i krova.

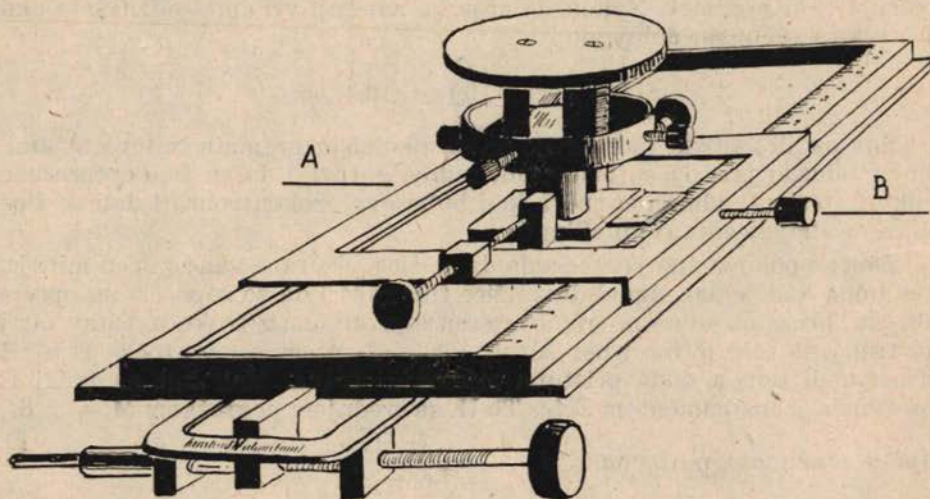
Brzina rada u jami u mnogom ovisi o spretnosti tesara, jer u kratko vrijeme treba brzo i solidno postaviti stubove za konzole, pod, krovište i stalak za fiksiranje.

Ne preporuča se postavljanje stubova za konzole, dok još nijesu spušteni viskovi. Za to vrijeme može se pripremiti sav potreban materijal i još jedanput pregledati dali je sav instrumentarij spušten u jamu.

Čim stignu žice dolje udešava se i prilagođava stalak za montiranje uređaja za fiksiranje žica. Prije toga se prikuca čvrsto daska za gredu i u njoj napravi otvor od 10 cm za prolaz viskova.

Pomoću ručne pentagonalne prizme postave se konzole 8 i 3 u okomitom položaju na smjer viskova.

Prizma je smještena u specijalnoj napravi, a postavlja se u blizini viska I ili II. Ova se specijalna naprava sastoji od jednog okvira, koji se može pomicati lijevo-desno pomoću mikrometrijskih vijaka, i u njemu je montirana prizma. U isto vrijeme može se ovaj okvir okretati oko svoje vertikalne osovine, a donji dio okvira je napravljen tako, da se može postaviti na tronožac Zeissove konstrukcije. Na okviru je nanešena milimetarska podjela sa noniusom, koja omogućava određivanje pomaka prizme s točnošću od 0,1 mm (sl. 7a i b).



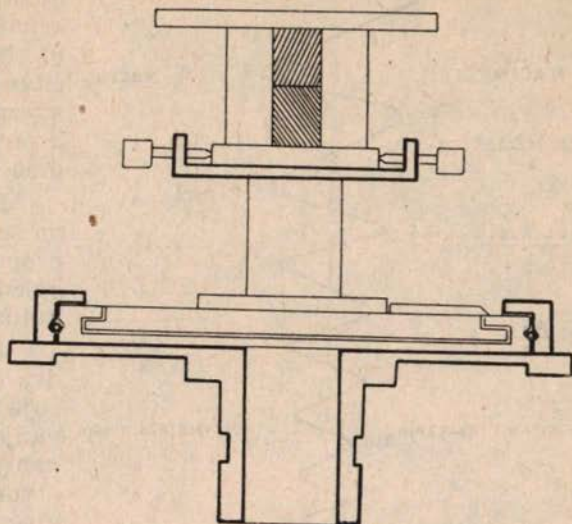
SL 7

\*\* Rukovodilac rada mora upozoriti cjelokupno osoblje i zabraniti svako nepotrebno zadržavanje ispod okna, jer i mali kamenčić može ubiti čovjeka.



Svi su ovi dijelovi izrađeni u radionici Geozavoda. Kod postavljanja prizme treba paziti da ona bude u visini instrumenta. Prije konačnog učvršćivanja treba prokontrolirati dali možemo s durbinom u točki 8 vidjeti oba dvije žice kroz prizmu. Kod viziranja na prizmu treba osobito obratiti pažnju na fokusiranje. Prva se žica nalazi skoro na daljini jasnog viđenja prizme, međutim druga se žica nalazi za razmak između viskova — dalje. Da bi navizirali jasno drugu žicu, a kod rada Zeissovim instrumentom, prsten za fokusiranje treba okretati u lijevo.

### PRESJEK A-B

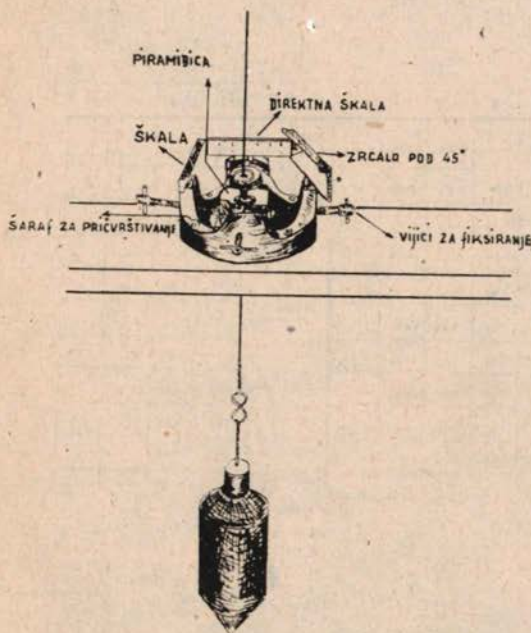


Slika 7

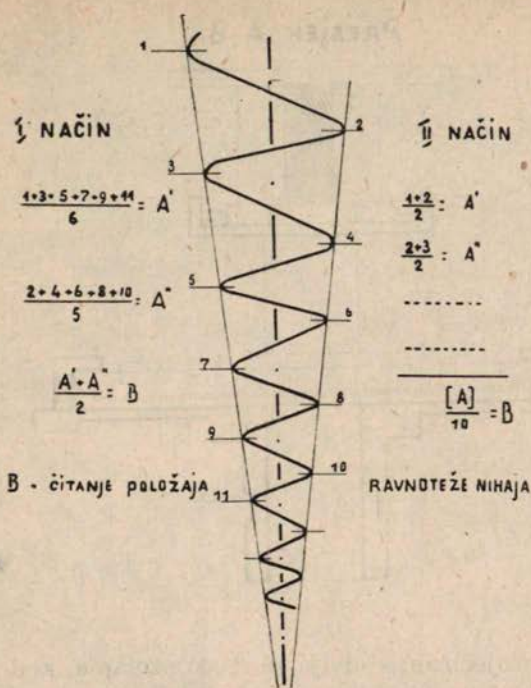
Sav rad u jamama prilikom projeciranja odvija se na konzolama, kod čega se upotrebom jamskih značaka tipa Zeiss i prisilnog centriranja skoro potpuno poništava pogreška centriranja značaka i instrumenta. Time se ne postizava samo velika točnost i sigurnost, nego također i brzina u radu.

Kada su sve predradnje gotove, onda se zamijenjuje mali uteg na viskovima s velikim. Ovo treba pažljivo izvesti ispuštajući uteg oprezno i polagano. Visak treba pustiti da se umiri, jer kod većeg opterećenja dobije i drugu torziju (20—30 min). Nakon umirenja dati visku umjetno njihanje i samo onda pristupiti određivanju položaja ravnoteže njihaja pomoću nove Schmidtove aparature (slika 8).

Visak se umjetno prisili da se niže najprije paralelno sa jednom skalom — direktnom, pa onda s drugom indirektnom. Amplituda njihaja treba da iznosi oko 5—6 cm, a najmanje 3 cm. To uglavnom ovisi o dubini okna. Kroz durbin u točki 8 ili 3



Sl. 8



Sl. 9

uvijek se čita lijeva strana žice. Svaki njihaj se umiruje prema krivulji slobodnog njihaja (slika 9). Na taj način ćemo dobiti 6 čitanja za lijevu stranu njihaja, a 5 za desnu. Radnja se ponavlja 3 puta i uzima aritmetička sredina.

Nakon toga prisilimo žicu da se njiše u pravcu okomitom i promatramo njihanja pomoću ogledala, koje je postavljeno pod kutom od 45°.

Na taj način ćemo dobiti dva čitanja na skali, koja označuju položaj žice u stanju mirovanja, i pomoću kojih ćemo žicu namjestiti. Žicu postavimo u otvor piramidice Schmidtove aparature i najprije grubo namjestimo žicu na čitanje na skali, zatim se dotjeruje žica malo pomoću direktne skale, a malo pomoću indirektna, tako da svaki put sve jače stežemo vijke

## Brojni primjer Broj 1.:

BROJNI PRIMJER BR. 1.

L	l	m. + j	1/2(L+l)	b	b'	L	l	L+l	1/2(L+l)	v	v'	L	l	L+l	1/2(L+l)	v	v'	
1	432					1.83						3.58						
		634	7.66	3.83	-0.03	0.0000	5.83	7.66	3.82	-0.01	0.0001		5.85	7.63	3.82	-0.02	0.0004	
2			7.68	3.84	0.01			7.66	3.83	0.00	0			7.71	3.84	+0.02	0	
3	434		7.66	3.83	-0.02	0	1.83	7.65	3.83	0.00	0	3.46		7.45	3.83	-0.01	0	
		431	7.73	3.87	+0.02	0	5.82	7.66	3.83	0.00	0		5.19	7.71	3.84	+0.02	0.04	
4			7.71	3.86	+0.01	0	1.86	7.64	3.82	-0.01	0	3.21		7.47	3.84	0.00	0	
5	441		7.71	3.86	+0.01	0	5.80	7.68	3.84	+0.01	0		5.15	7.68	3.84	0.00	0	
		630	7.71	3.86	+0.01	0	1.88	7.66	3.83	0.00	0	2.53		7.66	3.83	-0.01	0	
6			7.72	3.86	+0.01	0	5.78	7.68	3.84	+0.01	0		5.13	7.66	3.83	-0.01	0	
7	441		7.67	3.83	-0.02	0	1.90	7.65	3.83	0.00	0	2.53		7.68	3.84	0.00	0	
		630	7.69	3.85	+0.00	0	5.75	7.68	3.84	+0.01	0		5.15	7.68	3.84	0.00	0	
8							1.93					2.53						
9	442																	
10																		
11	444																	
			49	3.85	0.0020			28.98	5.8766	30	+0.01	0.0005		28.97	5.8779	30	-0.01	0.0016

$$8.34:64 \quad 3151:576.30$$

$$= 4.39$$

$$6.30$$

$$7.64:2 = 3.82$$

$$3.849$$

$$3.845$$

$$3.830$$

$$3.833$$

$$3.834$$

$$3.834$$

$$3.834$$

$$3.834$$

$$3.834$$

$$3.834$$

$$3.834$$

$$3.834$$

ARITMET. SREDINA

3.845

3.830

3.833

3.834

3.834

3.834

3.834

3.834

3.834

3.834

3.845

3.830

3.833

3.834

3.834

3.834

3.834

3.834

3.834

3.834

3.845

3.830

3.833

3.834

3.834

3.834

3.834

3.834

3.834

3.834

$$M = \frac{[v^2]}{n-1} = \frac{[v^2]}{n-1} = \frac{[v^2]}{n-1}$$

$$= \frac{[v^2]}{n-1} = \frac{[v^2]}{n-1}$$

$$= \frac{[v^2]}{n-1} = \frac{[v^2]}{n-1}$$

$$= \frac{[v^2]}{n-1} = \frac{[v^2]}{n-1}$$

$$= \frac{[v^2]}{n-1} = \frac{[v^2]}{n-1}$$

$$= \frac{[v^2]}{n-1} = \frac{[v^2]}{n-1}$$

$$= \frac{[v^2]}{n-1} = \frac{[v^2]}{n-1}$$

$$= \frac{[v^2]}{n-1} = \frac{[v^2]}{n-1}$$

$$= \frac{[v^2]}{n-1} = \frac{[v^2]}{n-1}$$

$$= \frac{[v^2]}{n-1} = \frac{[v^2]}{n-1}$$

(slika 8). Čim se na ovaj način žice fiksiraju, daje se znak za istovremeni početak rada dolje i gore.

Žice opažamo durbinom sa točke 8 na taj način, što pomičemo okvir s prizmom lijevo i desno dok u prizmi ne naviziramo najprije jednu, a onda drugu žicu. Položaj prizme pročitamo svaki put na odgovarajućoj skali pomoću noniusa. Razlika čitanja između položaja prizme za jednu i drugu žicu dati će veličinu  $a-b$  za određivanje veznog kuta  $\gamma$  (slika 10). Sa stajališta 8 opserviramo vezni kut između točke u hodniku i viska II, kojeg opažamo kroz prizmu kao i ostale kutove u jami. U našem su slučaju kutovi mjereni u tri girusa sa srednjom pogreškom  $\pm 4''$ . Paralelno s mjerenjem kutova mjere se i dužine.

Preporuča se, da se kod jamskog poligona uzimaju sa krajnjih točaka dugačke vizure, radi eliminiranja griješaka opažanja i sigurnosti rada. Potrebno je također iskoristiti svaku moguću kontrolu.

Prva kontrola je upoređivanje razmaka između viskova mjenenog u jami i na površini.

U našem primjeru iznosila je ova razlika 0,0003 m, a prema rudarskim propisima ne smije preći 0,0005 m.

Srednja pogreška ove razlike predstavljena je formulom:

$$m = \pm \sqrt{2 m_1^2 + 2 m_2^2 + m_3^2 + m_4^2}$$

gdje je  $2 m_1^2$  — kvadrat srednje pogreške položaja ravnoteže njihaja za obadva viska.

$2 m_2^2$  — kvadrat srednje pogreške fiksiranja položaja ravnoteže za oba viska.

$m_3^2$  — kvadrat srednje pogreške mjerenja razmaka između viskova gore.

$m_4^2$  — kvadrat srednje pogreške mjerenja razmaka između viskova dolje.

$$\begin{aligned} m &= \pm \sqrt{2 \cdot (0,015)^2 + 2 (0,02)^2 + (0,02)^2 + (0,02)^2} = \\ &= \pm 0,045 \text{ cm} = \pm 0,45 \text{ mm.} \end{aligned}$$

#### IV. Računanja.

U prvom redu treba sve mjerene strane reducirati na horizont. Relativne visinske razlike određene su trigonometrijskim putem viziranjem na Zeissove jamske značke, kod kojih je visina marke jednaka visini instrumenta.

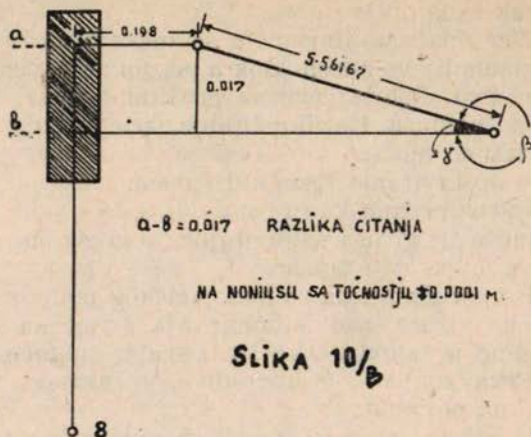
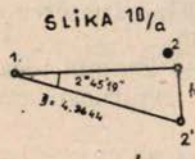
Redukciju mjerenih strana potrebno je izvršiti na dva načina; što se najbolje vidi iz numeričkog primjera i sl. 10/a.

$$\text{I. } h = D \sin \alpha = 4,26 \times 0,4807 = 0,205$$

$$\frac{h^2}{2D} = \frac{0,042}{2 \times 4,26} = 0,0049$$

$$D' = 4,2644 - 0,0049 = 4,2595$$

$$\begin{aligned} \text{II. } D' &= D \cos \alpha \\ &= 4,2644 \times 0,998844 = \\ D' &= 4,2595 \end{aligned}$$



Sl. 10

Poslije redukcije dužina računa se priključni trokut. Brojni primjer br. 2.

## BROJNI PRIMJER BR. 2.

## RAČUNANJE PRIKLJUČNOG TROKUTA

MJERENI PODACI		KONTROLA MJERENJA		RAČUNANJE KUTEVA				
<p> <math>\sin A = \frac{a}{c} \sin C</math>  <math>\sin B = \frac{b}{c} \sin C</math>  <math>c^2 = a^2 + b^2 - 2ab \cos C</math> </p>		$a^2$	80.174832	B	6	34	16	
		$b^2$	12.165098	$\log \sin B$	9.0585619			
		$a^2 - b^2$	92.339930	$\log b$	0.5425578			
		$\log 2$	0.3013000	$\cos \log C$	9.2548261			
		$\log a$	0.9520190	$\log \sin c$	9.2611780			
		$\log b$	0.5425578	$\log a$	0.9520171			
		$\log \cos C$	9.9926474	$\log \sin A'$	9.4680212			
		$\log 2ab \cos C$	1.7885242	A'	17	05	04	
		Proveci su uzeti	$a^2 - b^2$	92.33993				
		7.1	8.95404	$-2ab \cos C$	61.45032	A	162	54
B	7.2	3.48785	$c^2$	30.88961	B	6	34	16
C	7.2	5.56127	C - račun.	5.5578	C	10	30	48
C	1.4	10°30'48"	C - mjereno	5.5613		180	00	00
		$c_2 - c_m$	-0.0035 m					

Zatim se računa mali kut  $\gamma$  ispod okna, pomoću kojega ćemo dobiti prelomni kut kod viska II kao vezu površinskog rada s jamskim (sl. 10b).

$$\sin \gamma = \frac{0,01700}{5,56167} = 0,003056$$

$$= 10' 30''$$

$$\beta = 360^\circ - 10' 30'' =$$

$$\beta = 359^\circ 49' 30''$$

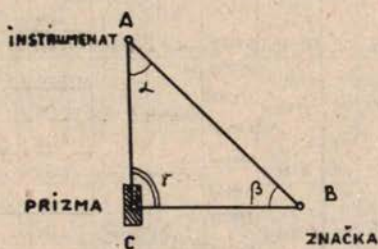
Pokušajmo ustanoviti, s kojom točnošću je određen kut  $\gamma$ . Na točnost određivanja kuta  $\gamma$  utiče određivanje položaja ravnoteže viskova, i razmaka viskova a-b. Međusobni položaj ravnoteže fiksiran je s točnošću  $\pm 0,00024 \times 2 = \pm 0,00048$ , dok je odstojanje a-b određeno s točnošću  $\pm 0,0002$  m.

Prema tome pogreška kuta  $\gamma$  iznosi  $\pm \frac{0,00063}{5,56} = \pm 0,000123$  ili  $\pm 25''$ .

Pomoću prizme, koja u našem slučaju lomi zrake pod kutom od  $89^\circ 59' 48''$ , povezat ćemo poligon u hodniku tunela s viskovima I-i II. Računanje koordinata točaka u hodniku provest ćemo preko prizme, smatrajući je kao jednu točku našeg poligona.

Kut loma zrake u prizmi određen je na površini na slijedeći način:

Instrumentom je bio iskolčten pravi kut. Na jednakim udaljenostima od prizme u točkama A i B postavljen je instrument i značka (u ovom slučaju oboje tipa Zeiss) (slika 11).



Sl. 11

Prizma, instrument i značka moraju biti u jednoj horizontalnoj ravnini, jer u protivnom slučaju ne ćemo moći dočeti kroz prizmu. Na točkama A i B izmjerili smo kutove  $\alpha$  i  $\beta$  u tri girusa i u oba položaja značke\*, a kut se mjerio na taj način, što se jedanput mjerilo direktno na značku, a drugi put na njenu sliku u prizmi. Dobili smo da je zbroj kutova  $\alpha + \beta = 90^\circ 00' 12''$ . Srednja pogreška mjerenja kuta iznosila je  $\pm 2'',7$ . Prema tome kut pod kojim lomi prizma biti će dopuna do  $180^\circ$  t. j.  $89^\circ 59' 48''$ . Ova je veličina određena s točnošću od:

$$m = \pm \sqrt{2 m_1^2} = \pm \sqrt{2 \times (2'',7)^2} = \pm 3'',8.$$

\* Značke, koje se upotrebljavaju za podzemna mjerenja mogu se obrnuti oko horizontalne osi isto kao i instrumentat.

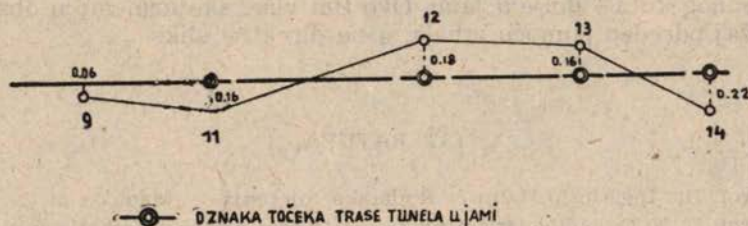


Preporuča se također, da se koristi svaka mogućnost zatvaranja poligonskog vlaka. U našem slučaju se vlak zatvorio u točki 8, a razlika između koord. razlika iznosi 0,002 mm, što znači da su mjerenja bila dobra. Ostali su se vlakovi računali kao slijepi sa smjernom kontrolom sa zadnjih točaka.

### V. Iskolčenje.

Prema koordinatama y možemo zaključiti kako i koliko pojedine stropne točke odstupaju od trase.

Za iskolčenje trase moramo napraviti skicu iskolčenja. Kod toga treba voditi računa, koje točke padaju lijevo a koje desno od trase (slika 12).



Sl. 12

Iskolčenje točke na stropu označimo crvenom bojom s oznakom prikazanom na slici 12. Nakon toga izvršimo kontrolu iskolčenja na taj način, što na krajnjim točkama postavimo instrument i viziranjem na sve iskolčene točke ustanovimo, dali se one nalaze u jednoj vertikalnoj ravnini, odnosno dali su u pravcu.

Upozoravam da na svakoj strani hodnika moraju biti iskolčene i fiksirane barem tri točke trase tunela.

### VI. Mjerenje dubine okna.

Za ovu operaciju upućujem čitaoca na članak:

Višinski »Mjerenje dubine okna« Geodetski list 1948. 1—2/17.

### VII. Opći zaključak.

Prilikom predaje trase tunela moramo odgovoriti na pitanje koliko iznosi srednja pogreška prenosa smjera trase tunela na 1 km. Kod toga razlikujemo pogrešku smjera i položajnu (pozicionu) pogrešku. Odgovor na ovo pitanje dati će nam pogreška smjera, koju prema tome moramo točno odrediti.

$$M = \pm \sqrt{\Sigma m^2}$$

Ova  $\Sigma m^2$  sastoji se iz slijedećih srednjih pogrešaka:

1. iz  $\Sigma$  pogrešaka svih vanjskih i jamskih prelomnih kutova.
2. iz pogrešaka priključnog trokuta gore.

3. iz pogrešaka u određivanju loma prizme i pogrešaka fokusiranja.
4. iz pogrešaka određivanja malog kuta  $\gamma$ .
5. iz pogrešaka centriranja, koje možemo radi upotrebe prisilnog centriranja praktički smatrati da su ravne nuli.

Prema tome će za naš slučaj ova pogreška biti:

$$M = \pm \sqrt{12 \times 4^2 + (10'', 2)^2 + (8'', 6)^2 + 25^2} = \pm 31''$$

U našem slučaju srednja pogreška smjera na 1 km iznosi  $\pm 0,15$  m a radi sigurnosti možemo uzeti  $\pm 0,30$  m.

Kako se iz ovoga prikaza vidi, glavnu pažnju treba posvetiti mjerenjima priključnog trokuta i radu u jami s prizmom a osobito određivanju položaja ravnoteže viskova, jer pogreška u tome najviše utiče na određivanje lomnog kuta  $\gamma$  dolje u jami. Ovo tim više, ako uzmemo u obzir da je taj položaj određen pomoću zrcala, a ne direktne slike.

#### LITERATURA:

1. Prof. Dr. Ing. Josip Baturić: Rudarska mjerenja — Manuskript.
2. Prof. D. N. Ogloblin: Orientirovka podzemnoj markšejderskoj semki, Moskva 1944.
3. Geodetski priručnik I terenski instrumenti, Zagreb 1948.
4. Prof. L. Sopocko: Teorija grešaka, Beograd.
5. Geodetski list 1948.

---

**Potreba da geodetska služba posluhuje druge grane proističe otuda što ne postoje planovi koji bi mogli poslužiti za sve tehničke radove. Stoga se pred geodetsku službu postavljaju slijedeći najpreči zadaci: premjer cijele zemlje, geofizička mjerenja i drugo. Slijedeće, 1949. godine: treba za potrebe melioracije izvršiti premjer i izraditi planove i karte na površini od oko milion hektara.**

(Iz ekspozea Maršala Tita prilikom pretresa prijedloga općedržavnog budžeta za 1949. g.)

---