

Prof.dr Smail Pašalić, dipl.inž.geod.  
Fadil Hodžić, inž.geod.  
Gradjevinski fakultet Sarajevo

## ODREĐJIVANJE DEFORMACIJA DUBOKIH OKANA NA PRIMJERU RUDNIKA SOLI "TUŠANJ" U TUZLI

### 1. UVOD

Cjelokupna proizvodnja soli u rudniku "Tušanj", kao i ulaz i izlaz drugog materijala i ljudi (rudara) koji rade pod zemljom odvija se kroz takozvano izvozno okno. Pored ovog okna nalazi se i drugo takozvano ventilaciono okno - slika 1. Dubina ovih okana ide do 500 metara, te s obzirom na kotu površine ide ispod nivoa mora do kote - 200 metara.

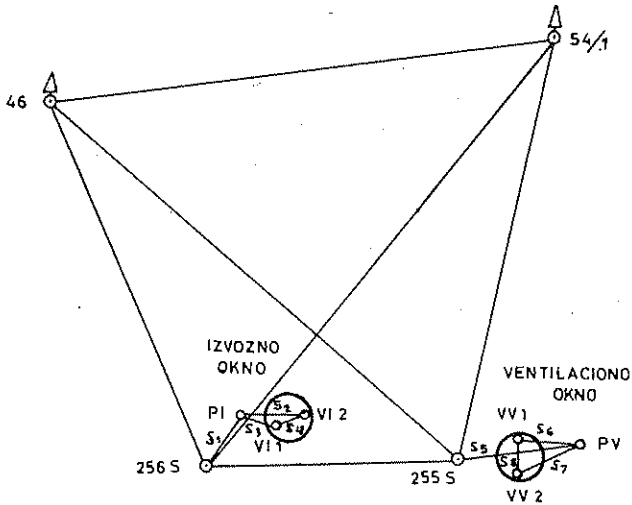
Radi odredjivanja pomenutih deformacija vršena su mjerenja na površini (nadzemna mjerenja) koja ćemo nazivati spoljna mjerenja i mjerenja u oknima koja ćemo nazivati unutarnja mjerenja. Pored toga imaćemo takozvana priključna mjerenja (priključne mreže) koja povezuju spoljna i unutrašnja mjerenja u jednu geometrijsku cjelinu.

Mjerenja, odnosno deformacije kao rezultat tih mjerenja, odvojićemo posebno na horizontalne i vertikalne, jer će tako biti jednostavnije za praćenje.

#### A. Horizontalne deformacije

##### 1. Spoljna mjerenja

Pošto se okno deformiše to se i teren oko okna deformiše, pa je radi toga potrebno povezati mjerenja u oknima sa čvrstim terenom odnosno čvrstim (stabilnim) tačkama



SLIKA 1

koje treba ispitivanjem pronaći i za svako naredno mjerenje kontrolisati njihovu stabilnost. Ovo ispitivanje vrši se pomoću jedne šire triangulacione mreže razvijene u blizini okana i sa čijeg se jednog dijela, pretpostavljeno čvrstih tačkaka, vide triangulacione tačke pred samim oknima (slika 1 - tačke 256/S i 255/S). Nakon toga se vrši mjerenje i izravnanje triangulacione mreže bar dva puta (u nekom vremenskom intervalu) i ispituje stabilnost tačkaka sa kojih se vide tačke pred oknima.

Potrebno je da ustanovimo bar dvije stabilne tačke sa kojih se vide tačke pred oknima. Kao što slika pokazuje u "Tušnju" su ustanovljene stabilne tačke  $\triangle 46$  i  $\triangle 54/1$ .

## 2. Priključna mreža

U cilju povezivanja spoljnih i unutarnjih mjerenja moraju se u svako okno postaviti po dva viska. Viskovi su

od najtvrdje čelične žice debljine oko 1,2 mm dužine oko 520 metara opterećeni sa 100 kg težine.

U slučaju okana u rudniku "Tušanj" nije bilo moguće pronaći tačke pred samim oknima sa kojih se vide tačke  $\Delta 46$  i  $\Delta 54/1$  pa su zato postavljene tačke 256/S i 255/S sa kojih se vide triangulacione 46 i 54/1 i dodate pomoćne tačke nazvane  $\odot PI$  i  $\odot PV$  sa kojih se vide 256/S i viskovi VII i VI2 odnosno 255/S i viskovi VVI i VV2. Nakon toga se mjere svi pravci na tačkama  $\Delta 46$ ,  $\Delta 54/1$ ,  $\odot 256/S$ ,  $\odot PI$ ,  $\odot 255/S$ ,  $\odot PV$  i dužine  $S_1, S_2, \dots, S_8$  (slika 1). Izravanjem ove mreže dobijamo koordinate viskova VII, VI2, VVI i VV2.

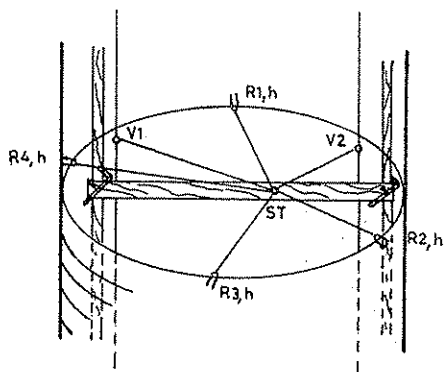
### 3. Unutarnja mjerenja

Mjerenja u oknima vršena su po horizontima i to tako da su na svakom horizontu stabilizovane po četiri tačke (repera) nazovimo ih  $R_{1,h}, R_{2,h}, R_{3,h}$  i  $R_{4,h}$  gdje je  $h$  broj horizonata ( $h=1,2,\dots,17$ ). Ovi reperi su stabilizovani približno jedan ispod drugog s tim da budu odgovarajuća četiri repera:  $1h, 2h, 3h$  i  $4h$  približno u  $h$ -tom horizontu.

Mjerenja po horizontima vršena su tako što se minutni teodolit centrisao u jednu od rupa na drvenoj gredi sa koje se vide sva četiri repera i oba viska. Drvena greda se učvršćivala u liftu koji se postepeno spuštao i zaustavljao po horizontima - slika 2.

Koordinate viskova VI i V2 određene su pomoću priključne mreže i vrijede za sve horizonte. Horizontalni uglovi i dužine od instrumenta (ST) do repera  $R_{1,h}, R_{2,h}, R_{3,h}, R_{4,h}$  i do viskova VI i V2 mjereni su na svakom horizontu i to do repera kose dužine i vertikalni uglovi a do viskova horizontalne dužine. Polazeći od koordinata viskova VI i V2 dobijene su koordinate stanice instrumenta, a odatle koordinate repera  $R_{1,h}, R_{2,h}, R_{3,h}$  i  $R_{4,h}$ . Ovdje imamo jedno

prekobrajno mjerenje pa postoji mogućnost izravnjanja i kontrole mjerenja dužina ST-V1 i STV2 kao i mjerenja ugla između ovih dužina. Ovo izravnjanje vršeno je za svaki horizont u izvoznom i ventilacionom oknu. Ukupno je izravnato  $17+14=31$  mreža, te su na ovaj način dobijene koordinate u svakoj seriji mjerenja.



SLIKA 2

#### 4. Grafički prikaz horizontalnih deformacija

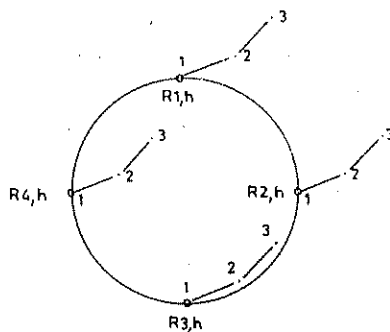
Ovdje polazimo od jednog idealiziranog stanja postavljenih repera u oknima. Naime, zamišljamo da su reperi postavljeni po vertikalama i po horizontima iako su oni ponegdje postavljeni i 20-30 cm van tako zamišljenih položaja. Ovo imamo pravo jer deformacije koje su se desile na određenom reperu beznačajno se razlikuju u odnosu na deformacije koje su se desile u blizini njega (na udaljenosti 20-30 cm od njega). Na ovaj način uprošćavamo crteže, jer nam se ne miješaju deformacije i odstupanja repera od vertikala i horizontata, a praktično gledano ništa ne griješimo.

- Prikaz u ravni X,Y po horizontima - slika 3. Recimo da imamo tri serije mjerenja: 1,2,3.

- Prikaz u ravnima ZY i ZX - slika 4 -

Ovako treba prikazati i vertikale 2,3 i 4. Pomoću ovih crteža mogu se lako studirati i očitavati deformacije.

- Aksonometrijski prikaz u ravni XYZ- slika 5. Ovdje je zgodno prikazati ukupne defirmacije od početka praćenja do zadnje serije mjerenja. Prikazivanje po pojedinim serijama opteretilo bi crtež i ne bi bio pregledan. Ovdje se prikazuju ukupne deformacije izvoznog i ventilacionog okna od 1971. do 1988. godine.



SLIKA 3

## B. Vertikalne deformacije

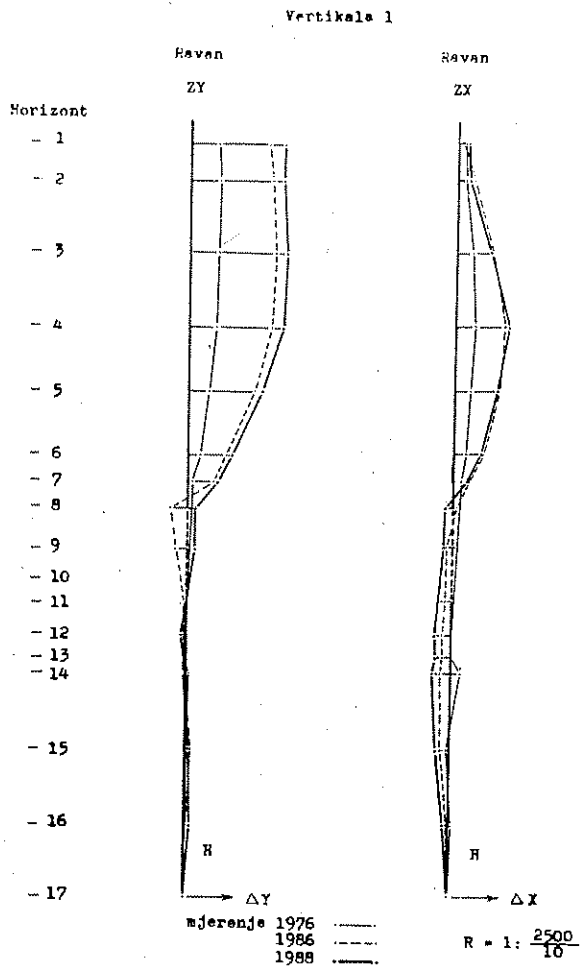
### 1. Spoljnja mjerenja

I ovdje, kao kod određivanja horizontalnih deformacija, treba postaviti jednu širu nivelmansku mrežu, pomoću čijih bližih tačaka oknu (pretpostavljeno čvrstih) određuju se kote tačaka pred samim oknima ( $\varnothing 255/S$  i  $\varnothing 256/S$  - slika 1.).

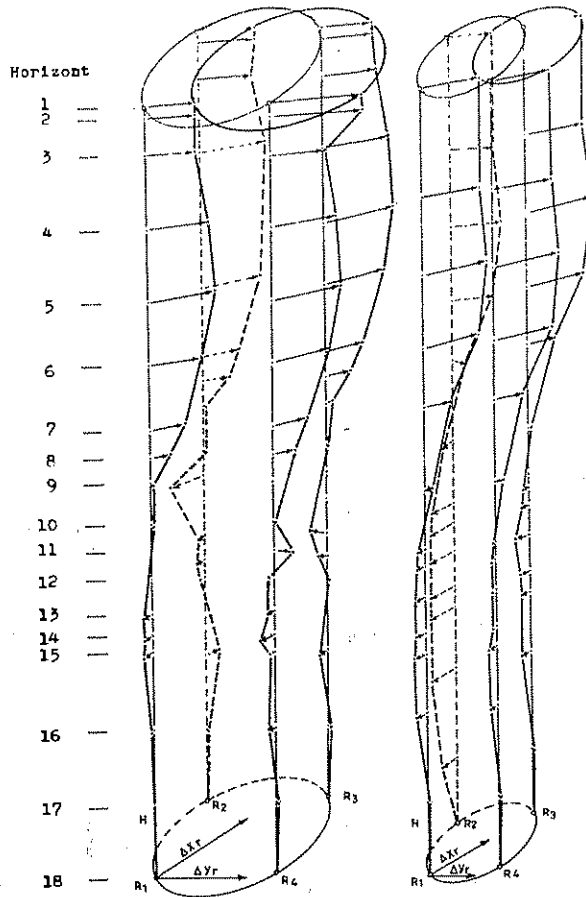
Stabilnost čvrstih tačaka mreže treba ustanoviti prije početka mjerenja u oknima i kontrolisati prilikom svake serije mjerenja.

### 2. Priključna mreža

Da bi povezali spoljnja i unutarnja mjerenja bilo je potrebno u svako okno spustiti pantljiku. Ova pantljika je dužine oko 500 metara od najboljeg čelika. Pantljika se spušta uz jednu od vertikala na kojoj se nalazi niz reperslika 6.



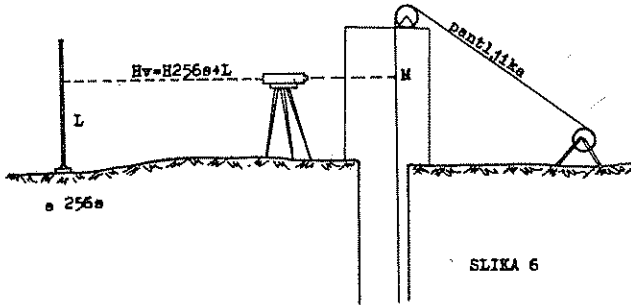
SLIKA 4



SLIEA 5

Razmjera za H: R=1:2500  
za Y,X: R=1:100  
za  $\Delta Y_r, \Delta X_r$ : R=1:20

Zatim se nivelir postavi pred okno tako da se vidi letva na tački pred oknom i obješena pantljička te pročitava letva na tački i brojčana vrijednost na pantljići (na slici označena sa M). Nakon toga se sračuna kota vizure koja je ustvari kota tačke M i sa ovim je priključak (veza) spoljnih i unutarnjih mjerenja izvršen.



### 3. Unutarnja mjerenja

Visinska mjerenja u oknu vrše se tako što se pantljička spušta pored jednog niza repera (vertikale) i očitava na svakom reperu. Recimo neka je to niz 2,1, 2,2, ..., 2,17 - slika 7. Kotu M imamo iz priključne mreže. Dubinu repera 2,1 od tačke M dobijamo tako što čitanje na pantljići na reperu 2,1 oduzmemo od čitanja M i toj veličini dodajemo popravke: za komparaciju pantljičke, za temperaturu, za silu zatezanja pantljičke i za istežanje usljed vlastite težine pantljičke. Ako ovako popravljenu dubinu oduzmemo od kote koja odgovara M (kota vizure) dobijamo kotu repera 2,1. Na analogan način dobijamo kote i ostalih repera: R2,2, R2,3 sve do R2,17. Sada računamo kote za ostale tri vertikale i to po horizontima pomoću visinskih razlika repera R1,h, R2,h, R3,h i R4,h za svaki horizont. Ove visinske razlike dobijamo po-



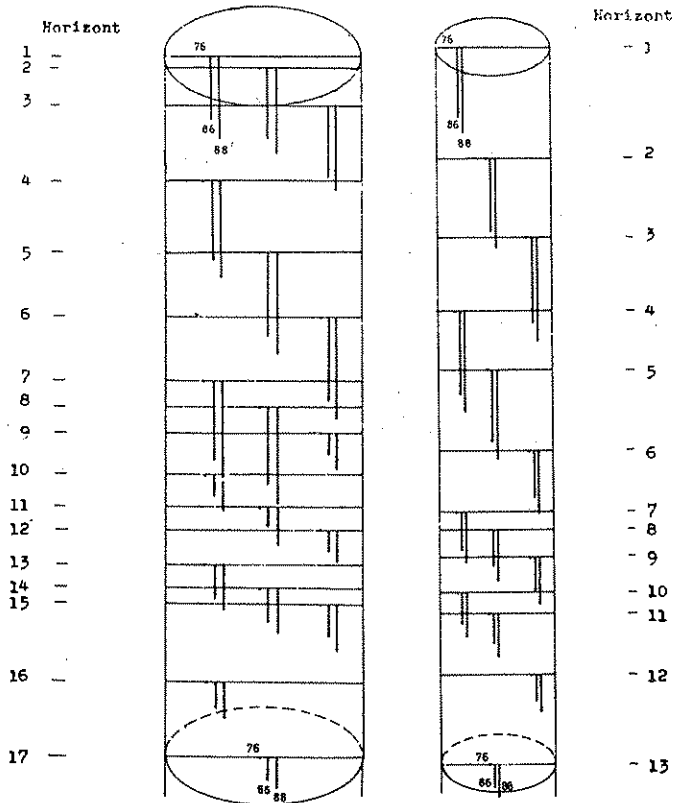


#### 4. Grafički prikaz vertikalnih deformacija

I ovdje kako smo rekli za horizontalne deformacije služimo se idealizovanim stanjem postavljanja repera.

Svaki horizont predstavimo jednom horizontalnom linijom na odgovarajućem mjestu okna, a deformacije za prvo ( $H_1$ ) mjerenje su nula (na samoj crti). Svako  $i$ -to mjerenje daje razliku kota  $H_i - H_1$  i nanosi se od crte u pravcu vertikalnog pomaka odgovarajućeg repera na horizontu. Ovdje smo imali slučaj da se sva četiri repera (u granicama tačnosti mjerenja) jednako pomjeraju na pojedinim horizontima, pa smo zato imali pravo da sva četiri pomjeranja za odredjeni vremenski period prikažemo jednim vektorom - slika 9.

Ako bi imali na jednom horizontu različita pomjeranja repera, onda bi svako od njih morali posebno prikazati. U ovom slučaju imali bi na svakom horizontu četiri prikaza pomjeranja.



Razmjera za H: R=1:2500  
za Y,X: R =1:100  
za  $\Delta$ h: R = 1:20

SLIKA 9

## ZAKLJUČAK

Spoljnja mjerenja definišu položaj okana kao cjeline u prostoru. Radi toga treba da je što kraći vremenski razmak između spoljnjih i unutarnjih mjerenja, a naročito treba biti sigurno da su tačke pomoću kojih se odredjuju kote i koordinate tačaka pred oknima zaista stabilne. U svakoj seriji treba uzimati uvijek iste kote i koordinate stabilnih tačaka, jer na taj način greške kota i koordinata ovih tačaka neće uticati na odredjivanje deformacija. Tačka pred oknom, čije se koordinate odredjuju preko stabilnih tačaka, trebala bi da bude što bliže oknu, jer se tako povećava tačnost odredjivanja viskova.

Unutarnja mjerenja daju relativan položaj okna, odnosno deformacije u odnosu na neki horizont koji se može pratiti spoljnim mjerenjima. Jedan od najtežih poslova u oknu je spuštanje žica, jer na dubini od 500 metara, pored raznih uređaja i instalacija nije nimalo lako naći prostor kroz koji će žica biti slobodno obješena. Često je potrebno sjeći razno željezo, šipke, šine itd, da bi žica slobodno visila, vodeći pri tome računa (uz konsultaciju odgovarajućih stručnjaka), da ne bi oštetili nešto od vitalnog značaja za rudnik. Nekada spuštanje jedne žice traje i nekoliko smjena. Radi toga bi bilo dobro ispitati mogućnost da se ova mjerenja, pod odredjenim uslovima, vrše pomoću spuštanja samo jedne žice i busolnog teodolita.