

Ruža Čeliković \*

UDK 528.481  
Stručni rad**TAČNOST ODREĐIVANJA VERTIKALNIH POMJERANJA U GRADU TUZLI****1. Uvod**

Posljedica eksploatacije tuzlanskog sonog ležišta, metodom nekontrolisanog izluživanja, je pomjeranje i deformacija površine terena u većem dijelu gradskog područja. Ovaj proces traje već duži vremenski period. Prva registracija pomjeranja površine terena, u zoni eksploatacionih bunara, je iz 1914.godine. Za utvrđivanje zakonitosti procesa pomjeranja površine terena, kao i granice zone uticaja eksploatacije, 1955. godine postavljena je mreža stalnih tačaka. Počev od 1956. vršena su geodetska mjerenja u cilju određivanja prostornih koordinata stabiliziranih tačaka. Za svaku seriju opažanja rađene su studije u kojima su prikazani rezultati mjerenja, odnosno sračunate koordinate i visine za opažane tačke, kao i pomaci tačaka za protekli period. Do 1991.g. mjerenja su vršena svake godine. Nakon 1991.g. mjerenja su, u manjem obimu, izvođena sa prekidima od nekoliko godina.

Kao granica uticaja na površini terena može se smatrati linija koja je definisana tačkama u kojima su verikalna pomjeranja jednaka grešci određivanja istih. Kao bitan pokazatelj procesa pomjeranja je brzina, odnosno promjena brzine ulijeganja tačaka tokom vremena. O smirivanju terena u zoni uticaja rudarskih radova donosi se zaključak na bazi brzine ulijeganja tačaka površine terena. U tom cilju se razmatra tačnost određivanja vertikalnih pomjeranja i brzine ulijeganja.

**2. Nivelmanska mreža**

Opažanja u gradu Tuzli traju već duži vremenski period, tokom kojeg je došlo do izmjena u prvopostavljenim geodetskim mrežama, pa time i u nivelmanskoj mreži. Ovdje su izdvojene značajnije izmjene u nivelmanskoj mreži, a koje mogu imati uticaja na tačnost određivanja vertikalnih pomjeranja.

Podaci o načinu određivanja visina kao i promjenama u nivelmanskoj mreži uzeti su iz studija koje su navedene u popisu literature.

Nivelmansku mrežu projektovanu 1955/6.g. činilo je 9 poligona prvog reda - osnovna nivelmanska mreža (ONM). Unutar ovih poligona učvorena je mreža drugog reda. Na taj način su sve tačke (reperi, trig. i polig. tačke) zahvaćene i povezane u jedinstvenu mrežu /3/.

Definitivne visine tačaka u ONM određivane su izravnanjem. Nakon izravnjanja ONM-e vršeno je izravnjanje dopunske nivelmanske mreže. Na taj način određivane su nadmorske visine čvornih tačaka, dok su visine ostalih tačaka određivane umetanjem između tačaka čije su visine predhodno određene.

Mjerenja visinskih razlika vršena su metodom preciznog nivelmana. Mjerenje svake visinske razlike vršeno je dva puta različitim instrumentima. Od 1991.g za određivanje visina tačaka u dopunskoj nivelmanskoj mreži vršeno je nivelanje u jednom

---

\* Dr. Ruža Čeliković, dipl.inž. rud., RGGF Tuzla

smjeru. Vrijeme trajanje mjerenja u jednoj seriji razlikovalo se od godine do godine i isnosilo je od 12 do 28 dana.

Broj tačaka, za koje su određivane visine, u početnom periodu kretao se između 400 i 500, a nakon 1976. godine broj tačaka sa određivanim visinama je oko 700. Ovaj broj se odnosi na godine u kojima su vršena mjerenja u cijeloj mreži. Dužina nivelmanskih vlakova osnovne nivelmanske mreže, iznosila je oko 50 km (varijacija u ukupnoj dužini, za pojedine godine, je bila nekoliko kilometara). Do 1983.g. maksimalna dužina nivelmanskih vlakova u osnovnoj mreži je oko 4,4 km /6/. Nakon 1983.g. dužine nivelmanskih vlakova su manje.

Tokom vremena, zbog uništenja određenog broja tačaka kao i proširenja područja ispitivanja, nivelmanska mreža je mijenjana, odnosno proširivana što znači i promjenu broja poligona kao i čvornih repera. Pored oblika i veličine nivelmanske mreže, mijenjaju se i dati reperi. Takođe se, 1983. g., mijenja i metod obrade rezultata mjerenja u cilju dobijanja definitivnih visina opažanih tačaka.

ONM 1963.g. je proširena tako da je čini 10 zatvorenih poligona u dužini 49.12 km (sl.1). Pri tome se nastojalo što je moguće više zadržati njihove ranije smjerove, oblike i veličinu poligona kako bi se i dalje obezbijedila homogenost ove nivelmanske mreže /3/ .

Na slici 1 prikazan je i položaj izolinije ulijeganja sa vrijednošću ulijeganja od 0,09m i 4,5 m (registrovanog do 1991.g). Maksimalno ulijeganje od 1956. do 1991. godine iznosi oko 9 m, pa navedene izolinije određuju tačke sa ulijeganjem jednakim 1% i 50 % maksimalnog ulijeganja. Izolinija od 1% maksimalnog ulijeganja određena je kao uslovna granica zone uticaja izluživanja tuzlanskog sonog ležišta. Izolinija sa vrijednošću ulijeganja od 50% maksimalnog ulijeganja orijentaciono određuje područje većih ulijeganja.

Nakon 1963. godine ONM je proširivana, tako da do 1975. godine ima 12 poligona, a od 1976. do 1982. godine 14 poligona.

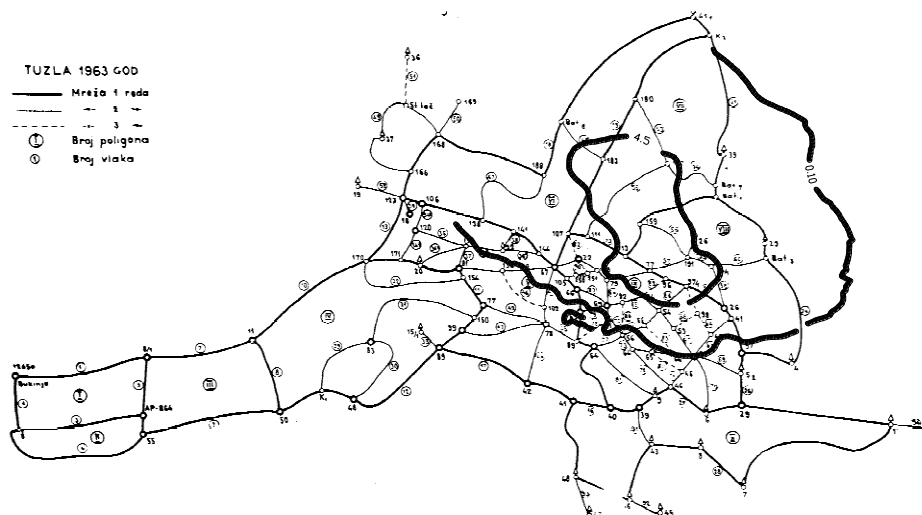
Od 1982/3. godine ONM je znatno izmijenjena, tako da su formirana 48 zatvorena poligona koji čine ONM. Dva čvorna repera u ovoj mreži su u zoni maksimalnih ulijeganja. To su poligonske tačke 191 i 542/4. Dnevna ulijeganja ovih tačaka, u pojedinim godinama, bila su veća od 1mm. Takođe, nekoliko dopunskih vlakova oslonjeno je na tačke u zoni maksimalnih ulijeganja. Ovaj oblik mreže nije se značajnije mijenjajao do danas. Mijenjao se jedino obim mjerenja u pojedinim serijama. Tako se 1988. vrše mjerenja u samo 14 poligona, koji se nalazi na užem gradskom području. Takođe, nakon rata reducirana su mjerenja, pa se vrši mjerenje u 17 poligona, koji su takođe na užem gradskom području.

Do 1983. godine konačne visine repera ONM određivane su izravanjem po metodi uslovnih mjerenja. Mreža je izravnavana kao slobodna mreža oslonjena na jedan reper.

Do 1975. ONM bila je oslonjena na reper R 12650 u Bukinju sa visinom  $H = 214.6004$ . U 1977.g. uočena je znatna promjena visinskih razlika između ovog repera i susjednih repera R4 i R242 u ONM. Ispitivanjima je utvrđeno da je došlo do promjene visine repera 12650 za 40 mm u odnosu na navedene repere. Da bi se utvrdilo da li se radi o izdizanju ili spužtanju repera 12650 izvršeno je upoređenje visinskih razlika za 1976 i 1977.g. od repera R4 preko poligone tačke 170/5 do trigonometrijske tačke 1 (TT1) i od R242 preko R99 do TT1. Na osnovu ovoga donesen je zaključak da je došlo do izdizanja repera 12650 za 40 mm /6/.

Za izravanje ONM 1977.g. kao polazni reper usvojen je reper R242, čija je visina određena ranijih godina preko R12650.

Od 1978. do 1982.g. kao dati reper bio je reper R-A



Sl.1

Karakteristično je da su već od prvih godina opažanja na području Tuzle rezultati pokazivali da, za određeni broj tačaka, postoji izdizanje. Zbog toga su od 1981. do 1984.g. provedena detaljna ispitivanja stabilnosti datih tačaka (rad Mr. M. Efendića kao i urađena Studija o ispitivanju stabilnosti repera dela nivelmanske mreže i tačaka trigonometrijske mreže područja sleganja u Tuzli za period 1956.-1982.godine). Ovim istraživanjima je dokazano da nije bilo izdizanja terena kao direktne posledice formiranja korita slijeganja. Kao uzrok izdizanja tačaka navodi se nestabilnost datih tačaka u geodetskim podacima do 1981. odnosno 1982.g. Kao stabilan reper, tokom cijelog perioda opažanja, izdvojen je reper R75, za koji je zadržana visina određena 1956.godine  $H_{75}=246,653$ . Na osnovu izvršenih analiza, utvrđeno je da su visine u 1983. godini, dobijene uslovnim izravanjem nivelmanske mreže oslonjene na reper R-A, bile veće za 52 mm. Shodno tome dat je prijedlog za preračunavanje i nadmorskih visina svih tačaka u svim studijama do 1982.g. Prema tom prijedlogu izvršeno je preračunavanje visina svih tačaka u sistemu stabilnih tačaka a za sve serije opažanja od 1956. do 1983.g. /8/. Ove preračunate visine koriste se kao definitivne visine u svim kasnijim radovima.

Od 1983. određivanje definitivnih visina tačaka ONM vršeno je izravanjem po metodi posrednih mjerenja. Kao dati reperi pri posrednom izravanju za naredne godine nisu usvajani isti reperi. Takođe nije isti broj datih repera pri izravanju osnovne nivelmanske mreže za pojedine serije opažanja.

U tabeli 1. dat je pregled datih repera po godinama, sa pripadajućim nadmorskim visinama. Navedene su samo godine u kojima su se mijenjali dati reperi ili njihove visine.

Visine navedenih repera, izuzev repera 242, određene su 1956.g. Visina repera 242 je određena 1966.

Tabela 1

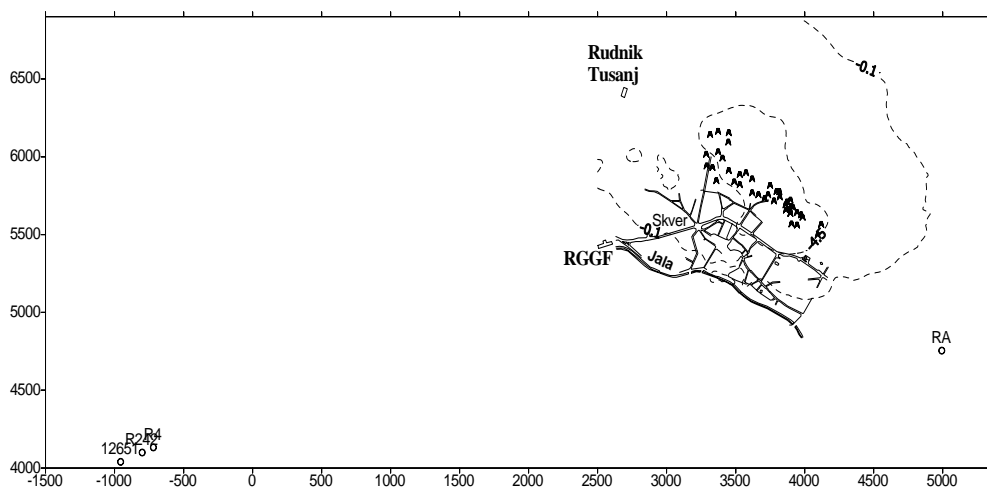
God.	Dati reperi	Visine repera
Do 1975	12650	=214.6004
1977	242	
1978-82.	RA (postavljen 1977)	=238.9285, odnosno nakon popravke visina se za ovaj period mijenja u intervalu od <b>238,871 do 238,878</b>
1983	R41, RB, R305, DR1	=277.0860, =259.9240, =229.6950, =272.0670
1985	DR2, DR3, DR6, DR7, T7	=267.339, =262.749, = <b>232.698</b> , =228.9027, =253.2800
1987.	EP144	= 261,2893
1988	RA, DR6, DR7	= <b>238.8698</b> , = <b>232.7047</b> , =228.9027
1989.-90.	EP-67, DR6, DR7	
1999	EP144, DR7	=261.2893, =228.9027

Na sl.2 prikazan je položaj repera koji su, za neku od serija do 1983.g., bili dati.

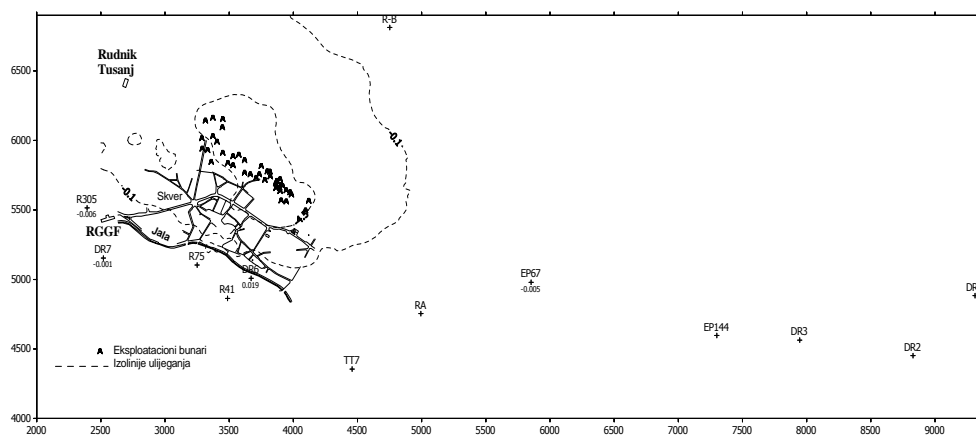
Na sl.3 prikazan je položaj repera koji su bili dati nakon 1983.g. Može se uočiti da samo za 1983.g. dati reperi se nalaze na suprotnim stranama zone ulijeganja. Za sve naredne godine 'dati' reperi se nalaze južno, odnosno jugoistočno od zone ulijeganja.

Ispod označenog položaja repera upisane su vrijednosti vertikalnih pomjeranja od 1956. do 1999.g. (za repere za koje postoji podaci). Položaj je prikazan u lokalnom koordinatnom sistemu.

Na ovim slikama prikazan je i položaj izolinije ulijeganja sa vrijednošću ulijeganja od 0,09 m i 4,5 m u 1991.g. Takođe su prikazani položaji nekih objekata i ulica kao i eksploatacionih bunara.

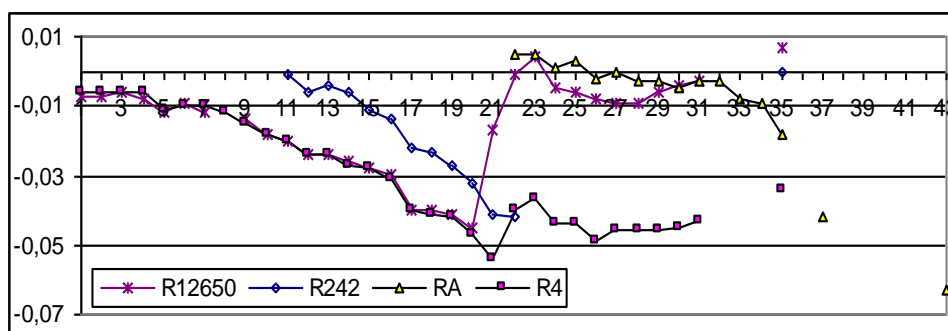


Sl.2



Sl.3

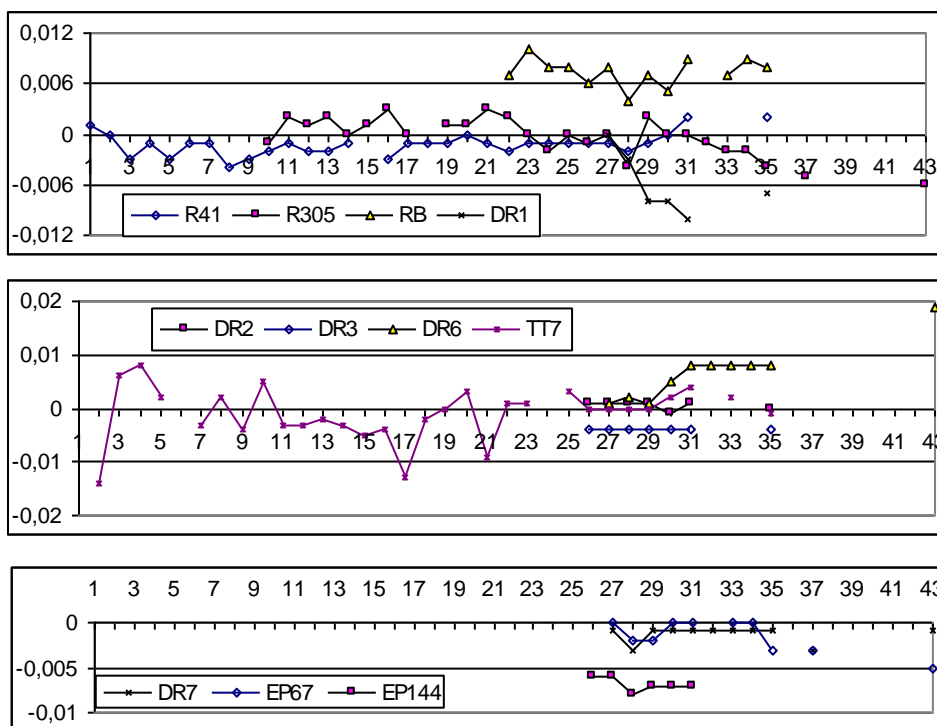
Na sl.4. prikazan je grafik promjene visina repa, koji su bili dati do 1983.g. Horizontalna osa predstavlja vrijeme počev od 1957.g. (1) do 1999. g. (43). Vertikalna osa predstavlja ukupnu promjenu visine tačke u odnosu na visinu iz 1956.g. (m). Pozitivne vrijednosti vertikalnih pomjeranja predstavlja izdizanje tačke, a negativna ulijeganje. Na istoj slici prikazan je tok promjene visine repa R4, preko koga je utvrđena nestabilnost repa R12650 za 1977.g.



Sl. 4

Na sl. 5 prikazana je promjena visina repa koji su bili dati u 1983.g. i narednih godina.

Od datih repa u 1983.g. (=23), reper RB ima izdizanje u odnosu na prvoodređenu visinu (1977=21), reper DR1 1987.g (=31) dostiže ulijeganje do 10 mm, da bi u 1991. (=35) imao nešto veću visinu. Takođe, od 1987.g. do 1999., reper R305 ima tendenciju blagog ulijeganja.



Sl. 5

Od datih repera za 1985.g. TT7 ima varijacije u visini tokom cijeg perioda opažanja. Reper DR6 ima povećanje visine od 1985.do 1987, od 1987 do 1991. nema promjene visine, da bi za 1999 ponovo došlo do povećanja visine (izdizanje od oko 20 mm).

Za 1988. od datih repera, reperi RA i DR6 , kako je već navedeno, imaju promjene visina, jedino DR7 ima relativno stabilnu visinu tokom opažanog perioda (1982. -1999.). Ovđe treba napomenuti da je reper RA ponovo dati reper, ali sa visinom nižom za 8 mm, u odnosu na visinu 1978.g. Takođe visina repera DR6 je veća za 6.6 mm u odnosu na 1985.g.

### 3. Tačnost određivanja visina

U svim studijama data je ocjena tačnosti nivelanja u osnovnoj nivelmanskoj mreži kroz srednju grešku nivelanja po kilometru. Za svaku seriju opažanja srednja greška nivelanja po kilometru određivana je iz odstupanja u poligonima osnovne mreže i iz popravaka dobijenih izravnanjem.

U nekoliko studija data je i srednja greška određena iz razlike nivelanja naprijed-nazad. Od 1983 godine date su i greške određivanja visina repera u ONM.

Tačnost nivelanja za dopunsku nivelmansku mrežu detaljnije je obrađena samo u jednoj studiji.

U tabeli 2 dat je pregled, po godinama, srednjih grešaka nivelanja (mm/km) određenih iz zatvaranja poligona ( $m_{op}$ ) i iz izravnjanja ( $m_{oi}$ ). Ovdje su date samo srednje greške koje su dobijene sa težinama, određivanim obrnuto proporcionalno dužini nivelmanskih strana. U istoj tabeli, za pojedine godine, dato je i trajanje terenskih mjerenja (u danima). U tabeli 2 dati su podaci samo iz studija koje su mi bile dostupne.

Tabela 2

God.	Trajanje mjer. (dana)	$m_{op}$ (mm/km)	$m_{oi}$ (mm/km)	$\Sigma\Delta$ (p-z) mm	$m_r$ (p-z) (mm/km)	Broj tačaka u n. mreži	Ukupna dužina n.vlakova (km)	God.	Trajanje mjer. (dana)	$m_{op}$ z.polig (mm/km)	$m_{oi}$ (izr.) (mm/km)
1	2	3	4	5	6	7	8	1	2	3	4
1963	30	-	1.35	32,1	1.48	418		1983	-	1.44	-
1973	28	1.23	1.18	44,1	2,12	496	45,49	1985	20	0.95	1.43
1975	15	1.30	1.64	15,9	1.84	488	44,14	1987	20	0.87	1,21
1977	-	1.53	1.38	-	-	478	51,30	1988	12	1.16	1.30
1978	-	1.35		-	-	691	48,10	1989	15	0.82	1,12
1979	-	1,25	1,25	-	-	715	51,32	1990	-	0,94	1,22
1980	-	1,35	1,69	-	-	-	49,78	1993	17	0,92	0,91
1981	-	0,95	-	-	-	681	-	1999	-	0,95	1,04
1982	-	1,25	-	-	-	707	-				

Do 1983.g. srednje greške nivelanja po kilometru, dobijene iz zatvaranja poligona, kreću se od 0,95 do 1,53 mm/km, a iz podataka izravnjanja od 1,18 do 1,69. Nakon 1983.g. srednje greške nivelanja, dobijene iz zatvaranja poligona, kreću se od 0,82 do 1,44 mm/km, a iz podataka izravnjanja od 0,91 do 1,43 mm/km. Obje greške odnose se na ONM.

Od 1983.g., vrijednosti srednje greške nivelanja po kilometru su nešto manje. Nakon 1983.g formiran je veći broj poligona manje dužine, što se vjerovatno odrazilo i na ovaj pokazatelj. Od 1983. godine, pored srednje greške nivelanja po kilometru, u studijama su date i greške visina čvornih repera u ONM.

Ocjena tačnosti u dopunskoj nivelmanskoj mreži data je samo u studiji III (1963.g.).

Date su srednje greške određivanja visina čvornih repera i to:

- za tri čvorna repera u poligonu V  $m_{oV} = \pm 1,43$  mm
- za dva čvorna repera u poligonu VIII  $m_{oVIII} = \pm 2,88$  mm
- za šest čvornih repera u poligonu IX  $m_{oIX} = \pm 2,44$  mm

Srednje greške visina pojedinačno učvorenih repera kreću se u intervalu od  $\pm 0,6$  do  $\pm 2,02$  mm /4/.

Može se uočiti da postoje znatne razlike u tačnosti određivanja pojedinih čvornih repera u dopunskoj mreži. Najveće su greške za repere u zoni maksimalnih ulijeganja. Čvorni reperi u poligonu VIII (sl.1) su tačke u kojima su ulijeganja intenzivna tokom cijelog perioda opažanja (poligona tačka 191 sa srednjim dnevnim ulijeganjem u 1963 g. od  $\approx 0,5$  mm/dan a u narednom periodu i do 2 mm/dan /2/). U zajednički vlak za poligon VIII i IX uključene su takođe tačke sa većim ulijeganjem (poligone tačke 97/1, 96, 77, 113 -

srednja dnevna brzina ulijeganja za tačku 96 je iznosila  $\approx 0,7$  mm/dan). Poligon V je u zoni manjih ulijeganja.

U narednim studijama, do 1983. godine nije posebno vršena ocjena tačnosti u dopunskoj nivelmanskoj mreži. U studiji iz 1977. godine se navodi 'kako su mjerenja vršena od istih lica, pod istim uslovima i metodama može se uzeti da je tačnost ista kao i osnovne mreže'. Ista napomena je data i za 1980. godinu.

Dopunska mreža i nakon 1983. godine izravnavana je posredno. U studijama nisu posebno dati podaci o ocjeni tačnosti u dopunskoj nivelmanskoj mreži.

Takođe u tri studije (1963., 1973., 1975.) dat je podatak o sumi odstupanja iz nivelanja naprijed-nazad za cijelu mrežu (kolona 5 u tabeli 2), kao i sračunata srednja greška ( $m_r$  – kolona 6) iz razlika nivelanja naprijed-nazad.

Za 1973. godinu, data je maksimalna greška nivelanja, određenja iz razlike nivelanja naprijed-nazad u iznosu od 6,36 mm.

U studiji iz 1963. godine data je i ocjena tačnosti visina stabilnih repera. U studiji se navodi: 'klasični način ocjene tačnosti nivelmana nije dovoljan' pa je vršena i ocjena tačnosti visina repera na osnovu odstupanja od srednje vrijednosti visina, određenih iz 8 opažanja za 8 godina, a za 46 repera koji se nalaze na relativno stabilnom terenu'. Srednja greška visina za sve ove repere iznosi 2,12 mm, dok samo četiri repera imaju srednju grešku nešto veću od 3 mm. Samo 2% tačaka ima odstupanja visina veće od dvostruke srednje greške /3/.

Znači, srednja greška visina relativno stabilnih tačaka je veća od srednje greške jedinične visinske razlike određene kako iz podataka mjerenja (1,48 mm/km) tako i iz podataka izravnjanja (1,35 mm/km). Takođe treba naglasiti da se ova greška visina odnosi na relativno stabilne tačke bez obzira da li su nivelane u osnovnoj ili dopunskoj mreži.

Do 1983.g. isti je način izravnjanja, a i oblik mreže i dužine vlakova nisu bitnije mijenjani, pa se može pretpostaviti da je približno ista tačnost određivanja visina, odnosno da su greške visina relativno stabilnih tačaka nešto veće od srednjih grešaka nivelanja po kilometru. Za 1973. godinu, maksimalna greška nivelanja, određenja iz razlike nivelanja naprijed-nazad je 6,36 mm, pa bi i vrijednost maksimalne greške visina tačaka bila bliska ovoj vrijednosti.

Nakon 1983.g. određivane su i srednje greške repera ONM-e. Veličine ovih grešaka su oko 1 mm. Za 1988. godinu srednja greška visina repera u ONM je u intervalu od 0,6 do 1,1 mm. Za 1999.g. prosječna srednja kvadratna greška određivanja visina iznosi oko  $\pm 1,5$  mm /12/.

Iz ovoga proizilazi da bi maksimalne greške visina, za faktor proširenja 2, bile 4,2 odnosno 3 mm.

Ovi podaci se odnose na tačke na relativno stabilnom terenu, odnosno za tačke u ONM.

Za tačke u zoni maksimalnih ulijeganja, koje su uključene u dopunsku nivelmansku mrežu, srednje greške visina su vjerovatno veće od navedenih. Na to upućuju srednje greške čvornih repera dopunske mreže u zoni intenzivnih ulijeganja određene za 1963.g.

Određen broj vlakova dopunske nivelmanske mreže oslonjen je na tačke čije su dnevne promjene visina, za određene periode, bile veće od 1 mm. Ako su mjerenja u zoni većih ulijeganja trajala više dana, ove promjene visina početnih tačaka vlakova odrazit će se na tačnost visina tačaka u dopunskoj nivelmanskoj mreži.

Ova ocjena ne uključuje greške datih repera.



Područje Tuzle je rudarski bazen, u kome se tokom navedenog perioda odvijaju rudarske aktivnosti, vezano kako za eksploataciju ležišta soli, tako i ležišta uglja sa pratećim aktivnostima na odvodnjavanju ugljenih slojeva. Takođe u samom gradu, na području gde su stabilizovane tačke za praćenje slijeganja, bile su aktivnosti na izgradnji i rekonstrukciji saobraćajnica, vodovodne i kanalizacione mreže, regulaciji korita rijeke Jale i dr. Obzirom na ovo, pomjeranja pojedinih tačaka nisu posledica samo eksploatacije sonog ležišta.

Takođe u ovakvim uslovima javlja se problem stabilnosti datih repera.

Utvrđeno je da je visina datih repera, do 1983.g., bila pogrešna.

Za područje Tuzle ne postoji referentni reper u odnosu na koji bi se određivale visine za sve serije opažanja. Dva repera, koji su bili 'dati' za više serija, imaju različite visine u pojedinim serijama. U studijama nema objašnjenja za ovu razliku visina. Budući da 'dati' reperi nisu bili stabilni tokom cijelog perioda opažanja, postoji mogućnost da su 'dati' reperi, i nakon 1983.g., u nekim serijama imali pogrešne visine.

Pogrešne visine datih repera u nekoj seriji znače da su sve tačke, bez obzira na tačnost nivelanja, u startu dobijale veću ili manju visinu koja nije odraz stvarnih pokreta terena. Ovo može biti razlog da, za pojedine vremenske intervale, veći broj tačaka ima 'izdizanje' reda nekoliko milimetara /1/.

#### 4. Tačnost određivanja vertikalnih pomjeranja

Vertikalna pomjeranja predstavljaju promjenu položaja tačke u vertikalnoj ravni. U zoni uticaja podzemne eksploatacije dolazi do spuštavanja masiva i površine terena ka otkopanom – praznom prostoru u ležištu, pa se govori o slijeganju ili ulijeganju površine terena (U). U određenim slučajevima može doći i do izdizanja terena na ograničenom području. Veličina vertikalnog pomjeranja, za određeni vremenski period, računa se kao razlika visina tačke određene na početku ( $H_0$ ) i kraju posmatranog perioda ( $H_n$ ):

$$U = H_n - H_0$$

Prema datom izrazu greška određivanja vertikalnih pomjeranja računala bi se prema izrazu:

$$m_u = \sqrt{m_{h(n)}^2 + m_{h(o)}^2}$$

gde je:

$m_{h(o)}$ ,  $m_{h(n)}$  – greške visina u početnoj i krajnjoj seriji opažanja

Pod pretpostavkom da je ista tačnost određivanja visina u početnoj i krajnjoj seriji, greška određivanja vertikalnih pomjeranja iznosila bi:

$$m_u = m_h \sqrt{2}$$

Za srednju grešku visina tačaka  $m_h = 2,12$  mm (do 1983.g), srednja greška vertikalnih pomjeranja je:

$$m_u \cong 3 \text{ mm, a maksimalna greška } m_{u\max} \cong 6 \text{ mm.}$$

Za period od 1956.g do poslednje godine opažanja greška visina tačaka iznosila bi do 5 mm.

Dobijene vrijednosti predstavljaju grešku vertikalnih pomjeranja za slučaj da su visine određivanje u odnosu na isti reper sa nepromijenjenom visinom. U slučaju da postoji greška u visini 'datih' repera i greške vertikalnih pomjeranja su veće.

### Tačnost određivanja brzine ulijeganja

Vrlo bitan pokazatelj procesa pomjeranja površine terena u zoni uticaja rudarskih radova je brzina ulijeganja, to jest veličina ulijeganja za konstantnu vremensku jedinicu.

Za zonu ulijeganja u gradu Tuzli mjerenja za određivanje visina tačaka vršena su svake godine, pa se mogu razmatrati samo veličine ulijeganja za vremensku jedinicu od jedne godine (m/g.). Brzina ulijeganja, u ovom slučaju, može se odrediti iz razlika visina tačaka, opažanih u dvije susjedne serije. Prema ovome greška vertikalnih pomjeranja je ujedno i greška brzine ulijeganja .

Za većinu godina mjerenja su počinjala 1. jula i trajala su 12 do 28 dana . Obzirom da je vrijeme trajanja mjerenja promjenjivo, to i vremenski interval između određivanja visina za pojedine serije nije jednak, pa razlike visina opažanih tačaka za susjedne godine realno ne predstavljaju brzine ulijeganja tačaka.

Da bi se mjerenja svela na konstantnu vremensku jedinicu od jedne godine treba odrediti veličinu ulijeganja koja mogu nastati za vremenski interval koji predstavlja razliku između susjednih serija opažanja i jedne godine. Zbog oblika mreže i načina određivanja visinskih razlika različiti su i vremenski interval između nivelanja pojedinih tačaka kako u osnovnoj tako i u dopunskoj nivelmanskoj mreži. Budući da se određeni broj čvornih repera i osnovne i dopunske NM nalazi u zoni intenzivnih ulijeganja, to će se visine tih tačaka, za vrijeme nivelanja u jednoj seriji, znatnije mijenjati.

Mjerenja u jednoj seriji trajala su od 12 do 28 dana.

Za vrijeme od 12 dana visine tačaka u zoni ulijeganja mijenjale su se za iznos:

$$\delta U_n = dU_n \cdot 12/365 = 0,033 \text{ ili } 3,3 \%$$

Za vrijeme od 28 dana visine tačaka u zoni ulijeganja mijenjale su se za iznos:

$$\delta U_n = dU_n \cdot 28/365 = 0,077 \text{ ili } 7,7 \%$$

Znači, za vrijeme trajanja mjerenja u jednoj seriji tačke su mijenjale visinu u intervalu od 3,3% do 7,7% od godišnjih ulijeganja, odnosno ukupnog ulijeganja registrovanog između dvije susjedne serije. Maksimalna ulijeganja između susjednih serija opažanja kretala su se u intervalu od 0,15 do 1,1 m, pa za navedeni vremenski interval ulijeganja mogu iznositi do nekoliko centimetara /2/.

Određivanje visina tačaka u gradu Tuzli koncipirano je tako da su sve tačke uključene u jedinstvenu nivelmansku mrežu. Ovo istovremeno znači da se sve visine, određene u jednoj seriji, svode na jedan vremenski trenutak. Vremenski trenutak za koji su određivane visine realno predstavlja trenutak koji se nalazi u sredini nivelanja naprijed–nazad u poliginima ONM u zoni intenzivnih ulijeganja. U studijama ne postoje podaci na osnovu kojih bi se tačno utvrdio ovaj trenutak.

Prema gore navedenom, razlika u dužini vremenske jedinice između susjednih serija opažanja može se mijenjati u intervalu od 0 do 16 dana. Promjena visina tačaka, za vrijeme od 16 dana, je 4,4% od ukupnog ulijeganja za godinu dana ili od 7 do 48 mm.

Za vrijeme od 8 dana, koje odgovara polovini navedene razlike, visine tačaka mijenjale su se za 2,2 % od ukupnog vertikalnog pomjeranja za jednu godinu. U apsolutnom iznosu promjena visina za to vrijeme, u pojedinim godinama, mogla je dostići iznos veći od 20 mm.

Obzirom na navedeno, za tačke u zoni maksimalnih ulijeganja, razlika u veličini godišnjih ulijeganja od nekoliko centimetara, ne predstavljaju pouzdan podatak o promjeni brzine ulijeganja.

## 5. Zaključak:

Za zonu uticaja izluživanja tuzlanskog sonog ležišta ne postoji referentni reper, u odnosu na koji su se određivala vertikalna pomjeranja tokom cijelog perioda opažanja. Prema tome, interval nepouzdanosti vertikalnih pomjeranja može biti širi od gore navedenog ( $\pm 4$  mm, odnosno  $\pm 6$  mm). Tačke, koje imaju vertikalna pomjeranja (izdizanje ili slijeganje) do 4 odnosno 6 mm, vjerovatno su stabilne.

Kod analize brzine ulijeganja treba voditi računa da nisu konstantni vremenski intervali između susjednih serija opažanja, i da se nemogu tačno utvrditi razlike u dužini ovih intervala. Prema izloženom, varijacije godišnjih ulijeganja, za tačke u zoni većih ulijegaja, u iznosu od par centimetara nisu pouzdan pokazatelj da se mijenjala brzina ulijeganja.

### Literatura:

1. Čeliković, R.: Postoji li izdizanje terena kao posljedica izluživanja tuzlanskog sonog ležišta, Zbornik radova RGGF-a, Tuzla 2002.
2. Čeliković, R., Mandžić, E.: Brzina ulijeganja površine terena u zoni uticaja izluživanja tuzlanskog sonog ležišta, Zbornik radova RGGF-a, Tuzla 2003.
3. Studija o ispitivanju deformacija terena u gradu Tuzli geodetskim metodama, Tuzla, 1963.
4. Studija o ispitivanju deformacija terena u gradu Tuzli geodetskim metodama, Tuzla, 1973.
5. Studija o ispitivanju deformacija terena u gradu Tuzli geodetskim metodama, Tuzla, 1975.
6. Studija o ispitivanju deformacija terena u gradu Tuzli geodetskim metodama, Tuzla, 1977.
7. Studija o ispitivanju deformacija terena u gradu Tuzli geodetskim metodama, Tuzla, 1980.
8. Studija o ispitivanju deformacija terena u gradu Tuzli geodetskim metodama, Tuzla, 1983.
9. Studija o ispitivanju deformacija terena u gradu Tuzli geodetskim metodama, Tuzla, 1985.
10. Studija o ispitivanju deformacija terena u gradu Tuzli geodetskim metodama, Tuzla, 1988.
11. Studija o ispitivanju deformacija terena u gradu Tuzli geodetskim metodama, Tuzla, 1999.
12. Elaborat grafičkog i numeričkog pregleda geodetskih kontrolnih tačaka u zoni slijeganja terena za period 1956–1991 god., Tuzla 1999.

### Sažetak:

U radu se razmatra tačnost određivanja vertikalnih pomjeranja kao i brzine ulijeganja tačaka u zoni uticaja izluživanja tuzlanskog sonog ležišta. Posebno su izdvojene neke karakteristike nivelmanske mreže koje su bitne za tačnost određivanja vertikalnih pomjeranja, odnosno brzine ulijeganja.

## ACCURACY OF VERTICAL DISPLACEMENT IN CITY OF TUZLA

### Abstract:

In this paper is considerate accuracy of determining vertical displacement as velocity of sagging points in zone influence of Tuzla salt deposit leaching. Special are separated some of characteristics leveling net, which are important for accuracy of determining vertical displacement and velocity of sagging.