

Ispitivanje slijeganja terena u gradu Tuzli geodetskim metodama

Davno još prije rata zapaženo je slijeganje nekih većih zgrada u gradu Tuzli, zbog čega su se na njima pojavljivale pukotine. S vremenom su te pukotine postajale sve veće, tako da se je moralo pristupiti popravci i podupiranju tih zgrada, te parcijalnoj izmjeni temelja i stavljanju pod njih betonskih ploča. Međutim, nikakve popravke nisu pomagale, jer su se pukotine na istim mjestima ponovno javljale, da bi ubrzo postale iste onakve, kakve su i ranije bile, a i nadalje su se neprekidno povećavale. Ponovljene popravke nisu ništa pomagale. Tada se je počelo postavljati pitanje uzroka tih pojava.

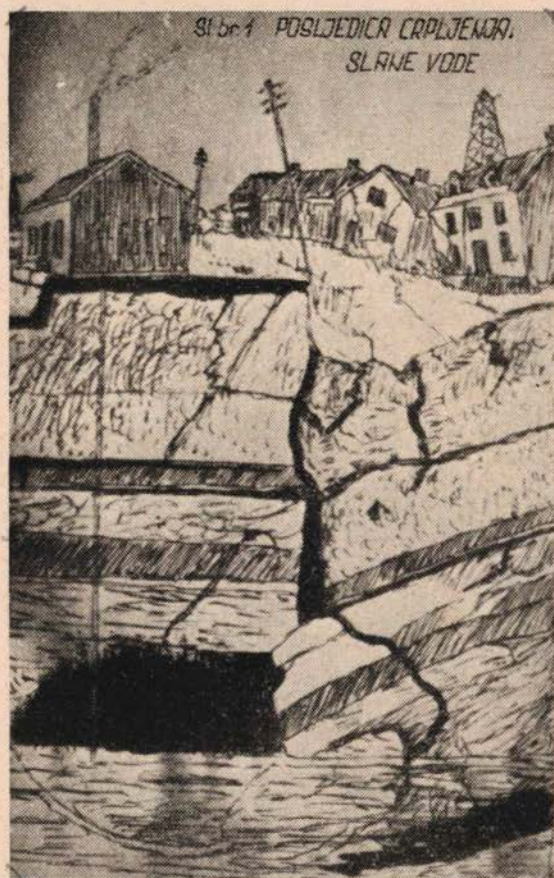
Bivša gradska opština preko svojih službenika u komunalnom odjeljenju (da li namjerno, ili nenamjerno) davala je pogrešna objašnjenja o uzrocima pomenutih pojava. Naime, govorilo se je, da je svojevremeno neki potok (Marinac) proticao pravcem, na kome su kasnije podignute ugrožene zgrade, a pošto taj potok navodno nije bio dobro zatrpan, te se je pod teretom tih zgrada zemlja slijegala, što se je opet odrazilo na njima u vidu pucanja i naginjanja njihovih zidova. Ovakovo je objašnjenje zadovoljilo u to vrijeme građane vjerojatno zato, što su te zgrade slučajno bile javnoga karaktera, pa nitko nije ni postavljao pitanje zašto se pukotine nisu javljale neposredno poslije izgradnje, nego tek nakon više godina njihovoga postojanja. Za vrijeme rata ova se pitanja naravno nisu ni postavljala.

Međutim, ubrzo poslije Oslobođenja, a naročito kada su se počele rušiti i zgrade u drugim dijelovima grada, naprijed pomenuto objašnjenje nije ni izdaleka moglo zadovoljiti, pa su stručnjaci, a i građani počeli tražiti uzroke na drugoj strani. Prije svega zapaženo je, da najviše stradaju zgrade u sjevernom dijelu grada i da intenzitet njihova rušenja raste što god se više udaljavamo od godine Oslobođenja. Ova pojava dovedena je u vezu sa postojanjem velikog broja slanih bunara baš u tom dijelu grada i sa sve intenzivnijim crpljenjem slane vode od Oslobođenja naovamo, te sa pojavom posljednjih nekoliko sušnih godina.

Ozbiljni rad na utvrđivanju ovih uzroka izvršen je 1953 i 1954 godine na inicijativu Gradskog narodnog odbora i narodnog poslanika Pašage Mandžića, koji su zatražili od Saveznog i Republičkog izvršnog vijeća proučavanje ovoga problema putem stručnih komisija. Prva komisija, koja je izasлана na lice mjesta, bila je sastavljena od osam eminentnih stručnjaka geologa, rudara i tehnologa na čelu sa profesorom Lukanovićem iz Beograda. Tada je definitivno utvrđeno da je pravi uzrok slijeganja terena u gradu Tuzli — crpljenje slane vode putem dubinskih bunara (SL. BR. 1).

Ovaj uzrok postaje potpuno razumljiv, ako se ima u vidu, da slana voda nastaje ispiranjem solnog tijela i da se pomenutim načinom vršila eksploatacija neprekidno od 1886 godine, dakle kroz period od 70 godina ne računajući, da su još i Rimljani, a i Turci na istom mjestu i u neposrednoj blizini crpili slanu vodu makar i pomoću običnih bunara.

Prema nekim podacima, kojima raspolaže Solana-Kreka do danas je izvađeno preko 17.000.000 m³ slane vode od koje je dobiveno preko 4.500.000 tona soli. Ova bi količina slane vode mogla ispuniti kockastu posudu čije bi dimenzije bile oko 257 m³, a od same soli bi se mogla napraviti kockasto tijelo sa bridom veličine oko



130 m³. Zahvaljujući tome, da je ova količina izvađene soli bila raspodijeljena na velikoj površini od oko 1 km², to se slijeganje osjeća u dužini od oko 1.000 m, i u širini oko 700 m, a to pak znači da su prema sadanjem stanju ugrožene gotovo 3/5 staroga grada (SL. BR. 2).

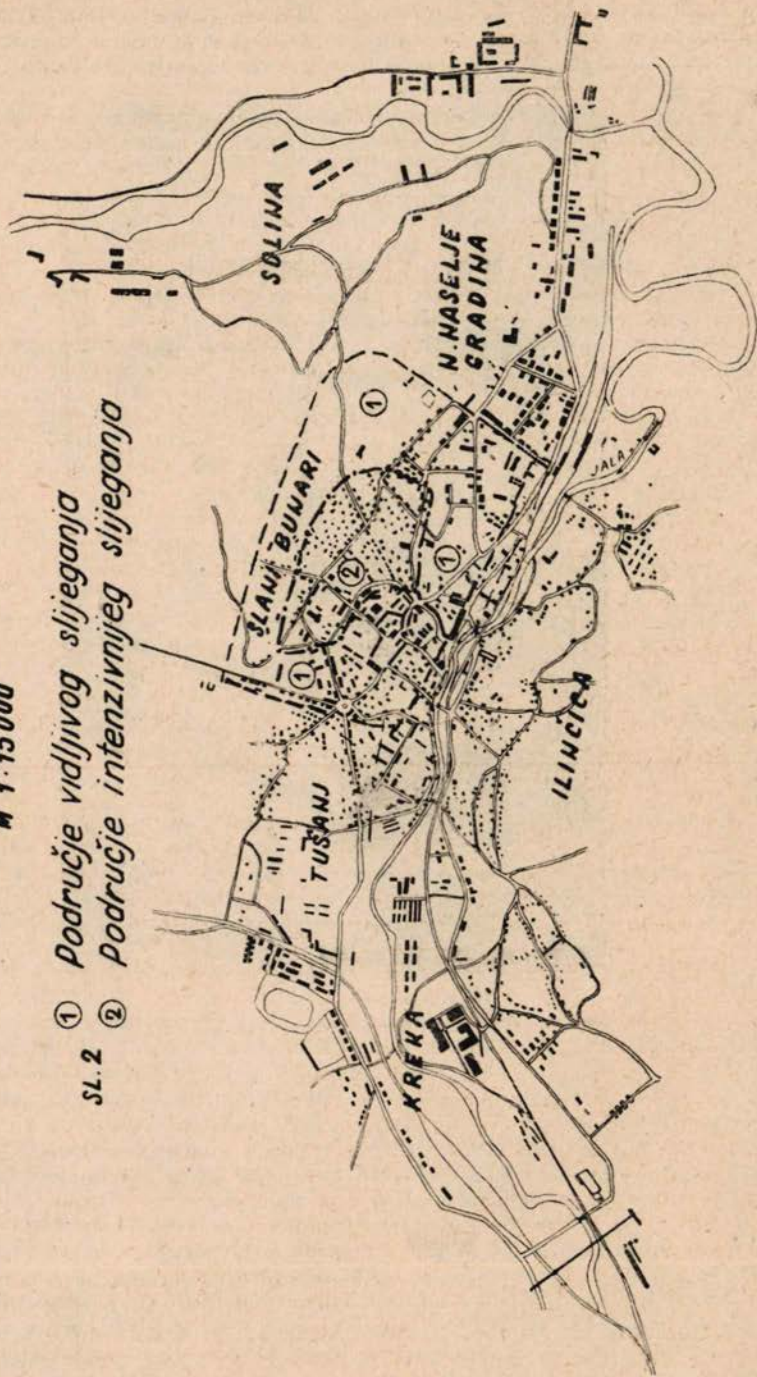
Naročito su ugroženi sjeverni dijelovi starog gradskog područja na kojima se, i iznad kojih se po konfiguraciji nalazi preko 80 dubinskih bunara, pomoću kojih se crpilo, a i danas se dobrim dijelom crpi slana voda.

U vezi sa ovakvim stanjem ovoga problema, naprijed pomenuta komisija Izvršnog vijeća, pored ostalog predložila je, da se i tehnički dokumentuje slijeganje terena, te da se u tu svrhu konzultuju odgovarajući stručnjaci. Po ovom pitanju geofizičar Ing. Krsmanović iz Sarajeva, također je tražio da se pored ostalih mjera vrše povremena geodetska mjerenja visina postojećih repera i snimanje nekih površinskih profila na najugroženijem dijelu terena u svrhu konstatacije i ilustracije novonastalih rasjeda.

GRAD TUZLA

M 1:15 000

- SL. 2
- ① Područje vidljivog slijeganja
 - ② Područje intenzivnijeg slijeganja



Na osnovu pomenutih zahtjeva o mjerenjima, Opštinski narodni odbor zatražio je od pisca ove radnje, da dadne jedan detaljan prijedlog koji bi se proučio na jednom sastanku stručnjaka geologa, rudara, geodeta i rudarskih mjerača.

U cilju pravilnog postavljanja i rješavanja cijeloga problema pomenuti prijedlog je sadržavao slijedeće zahtjeve:

1. Postavljanje niza specijalnih tačaka, čije će prostorne koordinate biti određivane sa velikom tačnošću u vremenskom razmaku od 6 mjeseci do 1 godine dana tako, da bi se na njima mogli osjetiti pokreti terena kako u visinskom tako i u horizontalnom smjeru.

2. Ova mreža specijalnih tačaka treba da pokrije cijelo područje vidljivog slijeganja sa dovoljnom gustinom, naročito u dijelu intenzivnih pokreta terena, ali i jedan dio područja, koje je izvan ugroženog terena.

3. Mreža ovih tačaka treba da čini neprekinuti lanac trouglova, kako bi se eventualno izbjeglo mjerenje dužina.

4. Stabilizacija ovih tačaka treba izvršiti specijalnim biljegama, koje bi najbolje održavale pokrete terena, a da uslijed svoje težine ne mijenjaju položaj. Biljege treba zaštititi metalnim poklopcima od vanjskih udara.

5. Za mjerenje treba upotrebiti moderne instrumente, koji bi zagarantirali potrebnu tačnost i brzinu rada.

6. Obzirom na stalne pokrete terena, treba obezbijediti određivanje horizontalnih koordinata istovremeno sa mjerenjem visina, a to će reći, da je potrebno angažovati potreban broj stručnjaka sa dovoljnom praksom na preciznim mjeranjima i sa dovoljnim brojem instrumenata.

7. Prilikom niveliranja treba univelati pored novopostavljene mreže još i postojeće repere postavljene za tehnički nivelman u gradu 1946 godine, a i ranije.

8. Nivelanje početi od repera preciznog nivelmana, koji se nalaze sigurno izvan područja slijeganja na 5—6 km i to: od jednog repera na liniji prema Brčkom u drugoga na pruzi prema Doboju. Takovi reperi postoje u Simin Hanu i u Bukinju.

9. Na osnovu gornjih mjerenja sračunati horizontalne koordinate specijalnih trigonometrijskih tačaka i dodati im visine, da bi se pri ponovljenim mjeranjima i računanjima dobila pregledna karta slijeganja sa izolinijama, iz kojih bi se mogli donositi potrebni zaključci o brzini pokreta terena kao i o pravcima i centrima sila tlaka i vlaka.

Pošto su pokreti terena znatni, a otstojanja tačaka će biti relativno kratka, to će se moći postići dovoljna tačnost mjerenjem uglova sa jednosekundnim instrumentom, i mjerenjem visina sa nivelirom za precizni nivelman uz invarnu letvu.

Pretpostavlja se tačnost za horizontalne koordinate od ± 2 cm., uz viziranje na konac viska, odnosno signalne markice, a za visine će se svakako postići tačnost od ± 1 mm na km.

11. Novopostavljenu mrežu treba uključiti u postojeći državni koordinatni sistem određivanjem koordinata bar njenih dviju tačaka i transformacijom. Ovo je potrebno i zato, da bi se ove tačke mogle korsistiti za druge potrebe kao što je eventualni gradski premjer.

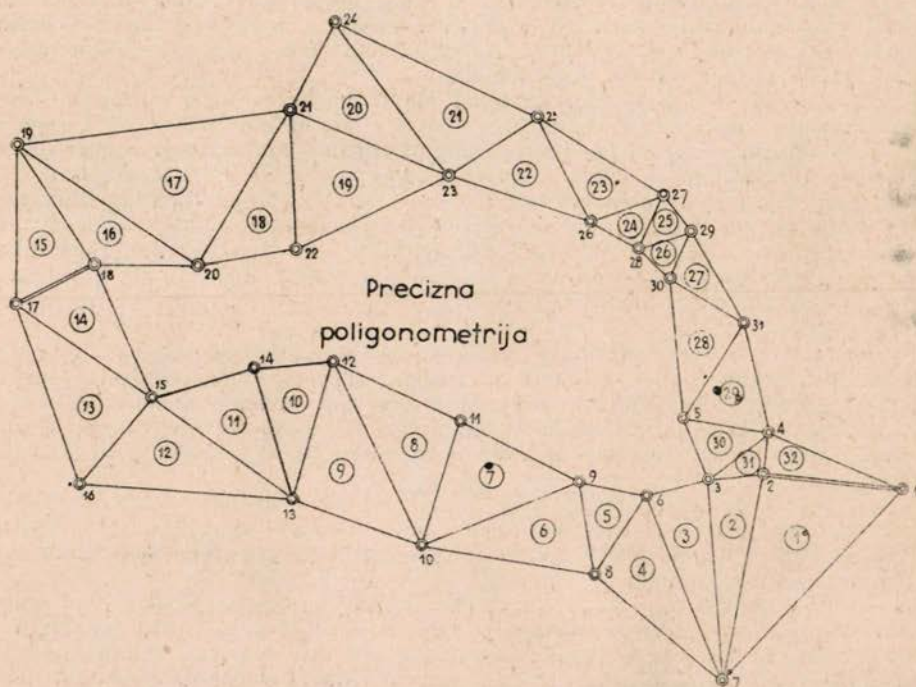
U cilju proučavanja ovoga prijedloga, održan je poseban sastanak u drugoj polovini aprila 1954 godine. Ovome su sastanku prisustvovali pored predlagača i pretsjednika Savjeta za komunalne poslove još i dva rudarska inženjera, jedan tehnolog, tri geometra i jedan rudarski mjerač. Nakon svestrane diskusije, naročito u pogledu postizanja tačnosti, prijedlog je sa svima svojim pojedinostima usvojen. Pa i pored toga nije došlo odmah do njegovog sprovođenja, jer se nisu mogli angažovati potrebni stručnjaci i instrumentarij, osim što se je nekim drugovima i stručnim i nestručnim učinilo teško njegovo sprovođenje.

Pošto je pak opštini bila potrebna tehnička dokumentacija slijeganja, to je angažovala neke geometre pored svoga inženjera, koji su izvršili neku vrstu tehničkog nivelmana u svrhu određivanja visina za postojeće repere i kanalska okna, uglavnom u najugroženijem području. Ovaj je nivelman ponovljen u martu 1956 godine. Međutim, ovako relativno grubo i nepotpuno rješenje nije moglo zadovo-

ljiti ni samu tehničku dokumentaciju, jer se baš tom prilikom zapazilo, da pokreti terena nisu samo vertikalnog nego i horizontalnog karaktera, a osim toga na nekim mjestima konstatovano je i uzdizanje terena. Pored toga je trebalo povećati tačnost i proširiti područje mjerenja, te vršiti posmatranja pokreta terena i na nekim zgradama u ugroženom području.

U vezi sa ovim Savjetom za komunalne poslove Opštine vratio se je na gore podneseni prijedlog i obrazovao posebnu komisiju u junu 1956 godine, sastavljenu od geodetskih stručnjaka i građevinara na čelu sa predlagračem kao rukovodiocem radova. Ova je komisija, uskoro zatim, proširena sa nastavnicima Geodetske srednje tehničke škole iz Sarajeva. Potrebne instrumente za mjerenje dala je uglavnom Geodetska uprava NR B i H, kao i svestranu svoju pomoć.

SLIKA BR 3 LANAC SPECIJALNIH TRIG.TAČKA MJERILO 1:20000



TERENSKI RADOVI. Radovi na rješavanju ovoga problema odpočeli su 1 jula 1956 godine sa projektovanjem i reknogosciranjem trigonometrijskog lanca. Pri tome se odmah utvrdilo, da je nužno postaviti lanac, koji će zaobići i obuhvatiti gusto ugrađeni dio grada, a da se unutar lanca moraju razviti precizni poligoni. U vezi sa ovim izreknosciran je lanac sa 32 tačke i dvije osnovice postavljene izvan terena slijeganja. Postignuta je prosječna dužina strana oko 400 m (SLIKA BR.3).

Potom je razvijena poligonometrijska mreža u guste ugrađenom terenu sa 138 tačaka na prosječnom odstojanju od oko 60—120 m. Nakon izbora mjesta za sve pomnute tačke pristupljeno je njihovoj stabilizaciji.

U svrhu stabilizacije napravljene su specijalne biljege. (SL. 4a i 4b) sa zaštitnim kapama prema nacrtu rukovodioca radova. Ove su biljege oblika prikraćene piramide sa veličinom gornje baze 12×12 cm, i donje baze 36×36 cm, te visine 65 cm izradene iz armiranog betona. Upotrebljen je brzovezujući cement i najbolji šljunak u omjeru 1—4 sa armaturom od željeza 4 mm, postavljenom pored uzdužnih bridova na 3 cm udaljenosti i sa 3 vijenca. U biljegu je s gornje strane usadeno željezna kruška kao reper dužine 8 cm sa glavom 20 mm i rupicom veličine 2 mm, koja predstavlja centar tačke.



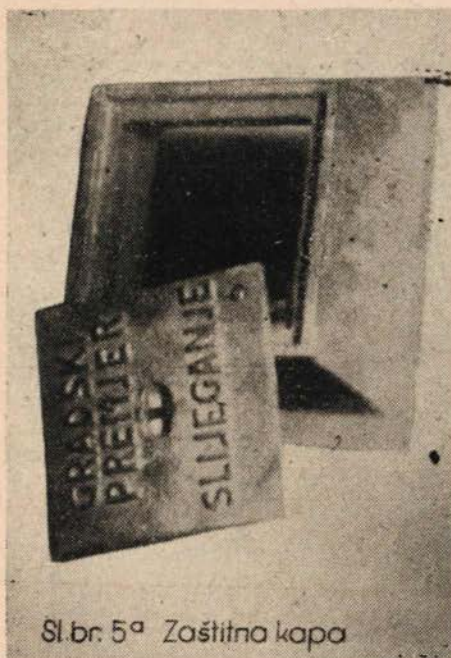
Biljege su ukopane u zemlju na oko 15 cm ispod terena-pločnika, tako, da namještena zaštitna kapa (poklopac) ne dodiruje biljegu. Naime, zaštitne kape također imaju oblik prikraćene piramide sa gornje strane 20×20 cm, dok im je baza 22×22 cm, a visina 15 cm. Na gornjoj bazi je poklopac ovlaš pričvršćen običnim klinom da bi se mogao izdizati i zaokretati u cilju oslobodenja biljege prilikom mjerenja. Kape su sa svojim proširenjem (noga širine 3 cm) ubetonirane u podlogu od kamena i šljunka napravljenu ispod terena na 15 cm u obliku vijenca oko biljege, ali tako, da ih ni u jednoj njihovoj tački ne dodiruju da ne bi prenosile vanjske udare na same biljege (SLIKA BR. 5a i 5b).

Pošto je svaka biljega težine 100 kg to je pritisak na dno iznosio 0,08 kg po 1 cm^2 , što znači da slijeganje uslijed vlastite težine uopšte ne dolazi u obzir, ako se i vrlo malo podloga nabije, a pošto je izvršeno dobro nabijanje zemlje i sa strana, a i same podloge to ovakova biljega pretstavlja odlično sredstvo za posmatranje površinskih pokreta terena kako u visinskom, tako i horizontalnom pogledu.

Klasična biljege za precizni nivelman nisu upotrebljene iz razloga što bi trebalo čekati duže vrijeme za njihovu definitivnu stabilizaciju u betonu, a drugo

zato, što bi postojala opravdana opasnost odvajanja biljeljege od betonske podloge uslijed sila pokreta terena, pa ovakva biljega ne bi pružala garanciju pravilnog posmatranja tih pokreta.

Za sve tačke napravljen je i propisan topografski opis.



Sl.br. 5^a Zaštitna kapa



Slika br. 5^b Ugrađena
zaštitna kapa

Postoje stabilizacije pristupljeno je mjerenjima uglova u trigonometrijskom lancu, mjerenju poligonih strana, mjerenju uglova u preciznim poligonima, te istovremeno sa ostalim radovima i preciznim nivelanju kako novopostavljene specijalne mreže trigonometrijskih i poligonskih tačaka, tako i mreže tehničkog nivelmana 1946 godine. Pored toga su izvršena bazisna mjerenja obadviju osnovica, zatim mjerenja uglova u svrhu povezivanja novopostavljene mreže sa državnim koordinatnim sistemom. Ove radove su vršila slijedeća stručna lica, koja su istovremeno i članovi ranije pomenute komisije i to: mjerenja uglova u lancu i poligonima: Ing. Faruk Filipović, profesor i Sinan Sijerčić, geometar-nastavnik, mjerenja paralaktičnih uglova i strana precizne poligonometrije: Mehmed Bisić i Mehmed Kapetanović, geometri-nastavnici, a precizni nivelman je radio Husein Muhamedagić, geometar-nastavnik. Radovi su objavljeni uz instruktivnu pomoć pisca ovog članka, koji je rukovodio radovima.

MJERENJA UGLOVA U LANCU. Obzirom na postavljene zahtjeve tačnosti uglovi su mjereni teodolitom Wild T2 u 16 ponavljanja, odnosno 8 girusa. Pošto su vizure relativno kratke, to je u ovom slučaju naročito bilo važno centriranje instrumenta kao i vizurnih markica. Zbog toga je teodolit Wild T2 pogodan, jer ima i optičko centriranje, odnosno optički visak, koji je prethodno ispitan i rektifikovan kao što su ispitivani optički visci Wildovih signalnih markica, koje su korištene. Vrijeme opažanja nije birano prilikom mjerenja, obzirom na kratke vizure i ne-

znatan uticaj refrakcije kao i ostalih faktora. Pri tom mjerenju postignuta je slijedeća tačnost: Južni dio lanca sa 14 trouglova imao je u njima slijedeća odstupanja:

f	f ²	f	f ²
Δ 1. + 3,1	9,61	Δ 9. - 2,6	6,76
Δ 2. + 5,1	26,01	Δ 10. - 2,6	6,76
Δ 3. - 0,9	0,81	Δ 11. + 1,3	1,69
Δ 4. - 4,1	16,81	Δ 12. + 4,5	20,45
Δ 5. + 3,6	12,96	Δ 13. - 0,7	0,49
Δ 6. - 0,4	0,16	Δ 14. + 2,3	5,29
Δ 8. - 4,3	18,49		
Δ 8. + 0,4	0,16	Σ f	35,9
			126,25

$$m_u = \pm \sqrt{\frac{126,25}{42}} = 3,1 = \pm 1,77$$

$$m_p = \frac{m_u}{\sqrt{2}} = \pm 1,2$$

$$\phi \Delta = 2,6$$

i sa srednjom kvadratnom greškom trougla $\pm 3,00$. Preko ovoga dijela lanca izračunata je druga zapadna mjerena baza i pokazala odstupanje od svega $-10,9$ mm. Sjeverni pak dio lanca ima odstupanja u trouglovima

f	f ²	f	f ²
Δ 15 + 1,2	1,44	Δ 25. + 2,2	4,84
Δ 16. + 1,7	2,84	Δ 26. + 5,3	28,09
Δ 17. + 0,8	0,64	Δ 27. - 3,4	11,56
Δ 18. - 1,9	3,61	Δ 28. + 1,3	1,69
Δ 19. - 1,9	3,61	Δ 29. + 3,0	9,00
Δ 20. + 4,6	21,16	Δ 30. + 1,5	2,25
Δ 21. + 0,7	0,49	Δ 31. + 1,0	1,00
Δ 22. + 1,6	2,56	Δ 32. - 3,7	13,69
Δ 23. + 2,3	5,29		
Δ 24. + 2,4	5,76	Σ f	40,5
			119,57

$$m_u = \pm \sqrt{\frac{119,57}{54}} = \sqrt{2,21} = \pm 1,48$$

$$m_p = \pm \frac{m_u}{\sqrt{2}} = \pm 1,05$$

$$\phi \Delta = 2,0$$

te sa srednjom greškom trougla od $\pm 2,57$. Preko ovog dijela lanca izračunata zapadna baza odstupa od mjerene za svega $+35,0$ mm. Prosječna odstupanja u svakom trouglu su oko $+2$ mm. Međutim, ako se spoje obadva dijela lanca kao što su ustvari i na terenu spojeni u jedan lanac, onda je srednja kvadratna greška trougla $\pm 2,76$, a srednja greška pojedinog pravca je $\pm 1,14$, dok izračunata polazna istočna baza preko svih trouglova odstupa svega $\pm 24,6$ mm od iste mjerene, što će reći, na svaki trougao po $0,8$ mm. Računanje baza vršeno je iz približno izravnatih uglova. Ovakovi podaci pokazuju dovoljnu garanciju za napred pretpostavljenu tačnost. Izravnjanje će se moći izvršiti po nekoj približnoj metodi, odnosno po metodi postupnog približavanja preko računanja srednje strane u lancu, jer iz gornje analize proizlazi linearna pogreška od oko $2,8$ mm po pravcu, odnosno relativne greške je oko $1:175.000$, što svakako zadovoljava praktične potrebe.

BAZISNA MJERENJA. Mjerenje obadviju osnovica vršeno je invarnom pantljkicom dužine 50 m i to obostrano 8 puta sa zateznom silom od 10 kg, nakon što su postavljeni potrebni kolci na dužini mjerila. Napomenuti je ovdje da su se mjerenja naprijed i nazad bolje slagala kada je zatezanje vršeno jednostrano. Pantljika je polagana po terenu, pošto je teren prethodno očišćen od neravnina. Budući da su betonske biljege početka i kraja osnovice bile ispod terena, to se morao projicirati početak i završetak pomoću optičkog viska i to na samu pantljkicu. Prije toga vodila se je diskusija o postavljanju daske ili staklene ploče iznad biljega, da bi se na nju projicirao početak, odnosno kraj osnovice. Međutim, to je odbačeno kao nepotrebno i čak opasno radi toga, što bi postojala mogućnost da se daska, odnosno staklena ploča pomakne u toku rada. Pri mjerenju je mjerena i temperatura s tim da je termometar za vanjsku temperaturu polagan ispod pantljike t. j. između pantljike i zemlje. Međutim, eventualna sistematska greška uslijed temperature nije uzeta u obračun, zbog toga, što certifikat pantljike uopšte nije pred-

vidio promjenu dužine uslijed promjene temperature pa nije ni dao koeficijent iztezanja. U vezi s tim je nastojano da se mjerenje vrši pri temperaturi od oko 20°C u jutarnjim i poslijepodnevnim časovima, za koju je temperatura data dužina pantlijeke u certifikatu.

Ovim bazisnim mjerenjima dobiveni su slijedeći rezultati:
Za istočnu bazu (1—2):

1. mjerenje: 448,4339 m	4. mjerenje: 448,4214 m
2. » 448,4242 »	5. » 448,4296 »
3. » 448,4244 »	6. » 448,4260 »

Prema ovim rezultatima dobivena je srednja vrijednost od 448,4266 m sa srednjom pogreškom od $\pm 1,8$ mm, odnosno sa relativnom tačnošću od oko 1 : 250.000. Obzirom da je redukcija uslijed visinskih razlika 16,72 mm to je konačna veličina ove baze 448,4100 m.

Za drugu pak bazu (17—18) dobiveni su rezultati:

1. mjerenje: 269,8135 m	4. mjerenje: 269,8084 m,
2. » 269,8128 »	5. » 269,8125 »
3. » 269,8128 »	6. » 269,8110 »

Srednja vrijednost ove baze je 269,8118 m sa srednjom greškom $\pm 0,8$ mm, što znači da je relativna greška od oko 1 : 300.000. Uzevši u obzir visinsku razliku dobivenu nivelanjem svih kolaca kao i kod prve baze, te na temelju toga redukciju po

obrascu $\frac{h^2}{2L} + \frac{h^4}{8L^3}$ u veličini od 7,0 mm, konačna je vrijednost ove osnovice 269,8048 m. Napominje se, da su obadvije osnovice mjerene još po dva puta sa zateznom silom od 15 kg, samo kao kontrola poslije redukcije na zateznu silu od 10 kg uzeta samo kao kontrola. Operat mjerenja osnovica je propisno vođen sa svim kartonima i zapisnicima arhiviran.

Na osnovu prednjih rezultata mjerenja uglova i mjerenja osnovica može se zaključiti da je mjerenje uglova u trigonometrijskom lancu kao glavnoj mreži tačaka za posmatranje slijeganja terena, a i za oslonac preciznih poligona u gusto ugrađenom dijelu grada, potpuno u skladu sa tačnošću mjerenje obadvije osnovice.

Ovim pak mjerenjima treba dodati i slijedeće: Na terenu slijeganja kao i izvan njega postavljen je još 1946 god. niz trigonometrijskih tačaka za potrebe pre-mjera, koje su sada iskorištene za orijentaciju nove mreže u državnom koordinatnom sistemu. U tu svrhu izvršene su potrebna mjerenja uglova za određivanje presjekom tačaka — 21 — 22, \odot 25 i \odot 27. Odmah je na terenu izvršeno računanje kordinata nekih od ovih tačaka (21, 22, 25). Prilikom izravnjanja zapaženo je na \odot 22 izvjesno odstupanje u pravcu prema tački državne triangulacije Δ 44 (25), koje se nije moglo izravnati. Isto tako, opaženo je i izvjesno odstupanje veće od ostalih prilikom orijentacije pravaca stare tačke Δ 58 prema istoj tački državne triangulacije 44. Iz ovog je izveden logičan zaključak da se je morala pomjeriti tačka 44 ili pak pomenute dvije tačke. Izvršena je kontrola stabilizacije tačke Δ 44, pa je ustanovljeno, da se ona uopšte nije mogla micati. Prema tome, pošto su tačke \odot 22 i Δ 58 u terenu slijeganja, to znači da su one promijenile svoja mjesta u odnosu na tačku Δ 44, koja je izvan ugroženog terena. Na temelju toga zaključka uvedena je još jedna kontrola direktnog posmatranja tačaka u ugroženom terenu, makar i sa većeg odstojanja. Naime u tu svrhu izmjereni su uglovi na tačkama Δ 44 Δ 39 kao čvrstim osloncima, koje se nalaze daleko izvan područja slijeganja prema tačkama \odot 21, \odot 25 i — 27 kao i na samim ovim tačkama tako, da su zatvoreni trouglovi. Mjereni su uglovi u 24 ponavljanja u obadva položaja sa teodolitom Wild T2, tako, da će se moći i ubuduće, kako je već rečeno, i tim putem vršiti izvjesna terenska kontrola pomjeranja tla u ugroženom području.

POLIGONSKA MJERENJA. Ukupno je postavljeno 138 poligonskih tačaka, koje su stabilizirane na isti način kao i pomenute specijalne trigonometrijske tačke. Poligone tačke čine 12 vlakova sa direktnim osloncem na trigonometrijski lanac i 24 vlaka drugoga i trećega reda. Poligoni vlakovi su istovremeno i zatvoreni, tako, da su se u njima mogli kontrolisati zbrovi uglova odmah poslije mjerenja. Poligonski su uglovi mjereni također girusovom metodom, t. j. u 8 ponavljanja sa teodolitom Wild T2, koji je imao centezimalnu podjelu. Viziranje je vršeno na konce visaka, jer su upotrebljene signalne marke »Geomehanike« bez optičkog centriranja, koje su se pokazale inače kao nepraktične, pošto se nije mogla izvršiti ni njihova pouzdana rektifikacija uslijed toga, što ni libele pravilno ne funkcioniraju. Ipak su one upotrebljene, upravo su upotrebljeni njihovi stativi za vješanje visaka, jer su Wildove markice, kojima se raspolagalo bile zauzete na triangulaciji i drugom dijelu poligonometrije.

Poligoni su zatvoreni sa srednjom greškom od $\pm 15''$, i. Prema tome, ako bi se uzele minimalno 4 tačke (prosječno na poligon otpada 5 tačaka) onda bi srednja greška pravca bila $\pm 6''$ što na odstojanju od 60—120 m dužine strane može dati linearno odstupanje od oko 3 mm, dakle tačnost, koja zadovoljava potrebe ovoga mjerenja. Osim toga, kad se pretpostavi maksimalno osam tačaka u poligonu vlakom uklopljenom između dvije trigonometrijske tačke, mogla bi nastati uslijed toga pogreška od oko 9 mm.

Da bi se postigla još veća sigurnost u određivanju poligonskih tačaka i relativno skratili poligoni vlakovi izvršeno je učvorivanje triju tačaka, o čemu je vođeno računa još pri projektovanju i rekognosciranju poligone mreže, kao što se je također računalo i sa zatvaranjem poligona. Tako je ostvaren i sveobuhvatni poligon, koji je posebno zatvoren oko cijele poligonske mreže, izuzev svega jednoga vlaka, koji je stajao po strani između dviju trigonometrijskih tačaka. Sveobuhvatni poligon je zatvoren sa odstupanjem svega $5''$,6. Na taj način je obezbijedeno i samostalno određivanje koordinata poligonskih tačaka u gusto ugrađenom terenu, neovisno o trigonometrijskom lancu, i ako će to biti eventualno korišteno za posmatranje pomjeranja tla —, više radi kontrole, nego li iz nužnosti, jer će svakako primarno doći u obzir ispitivanje slijeganja pomoću povezane i trigonometrijske i poligonske mreže.

Dužina poligonskih strana, kako je već naglašeno, kreće se između 60—120 metara (prosječno 93 m). Najveći broj strana (oko 2/3) je ispod 100 metara dužine, tako, da se može uzeti široki prosječno od oko 100 metara dužine. Kraće strane su poglavito u najugroženijem području iz razumljivih razloga, što je tamo bila nužna gušća mreža radi samoga ispitivanja. Strane, koje su bile položene po ravnijem terenu (ulice, tratoari mjerene su ispitivanom čeličnom pantljkikom, koja je u toku rada više puta komparisana, dok je samo mjerenje vršeno analogno mjerenju osnovica četiri puta u pravcu i protiv-pravcu uz mjerenje temperature i uz stalnu silu zatezanja 10 kg. Ovim je putem izmjereno 139 strana u ukupnoj dužini od 12385 m.

Ostale su strane izmjerene metodom precizne poligonometrije (37) ili Kernovim daljinomjerom. Paralaktični su uglovi mjereni teodolitom Wild T2 u osam ponavljanja, dok su osnovice uzimane dvostruko Wildovom ili Frommeovom bazisnom letvom, koje su također prethodno bile ispitane pomoću invarne pantljike Osnovice su postavljene pod pravim uglom u sredini ili na krajevima mjenjenih strana. Pravi ugao se je postizao bilo prizmom za kraća odstojanja, bilo instrumentom za duže strane. Jedan mali broj strana (10—15) je određen i kosouglim trouglovima, ali je u tom slučaju vršeno obostrano mjerenja paralaktičnih uglova sa osnovica. Za svaku poligonu stranu dobivene su dvije neovisne vrijednosti.

U svrhu određivanja dužine poligonih strana izmjereno je ukupno 155 paralaktičnih uglova sa srednjom greškom od $\pm 0''70$. Pri mjerenju je uvijek ponovno vršeno pomjeranje limba, uslijed čega je ova greška vjerovatno i porasla, i ako je još daleko ispod maksimalne ($1''2$). Ako se još uzme da su strane ove poligono-

metrije, znatno kraće od strana normalne precizne poligonometrije, to će ova tačnost potpuno zadovoljiti. Sa Kernovim DKRT daljinomjerom izmjereno je svega 17 strana i to na perifernom samostalnim poligonima.

MJERENJE VISINA. Istaknuti zahtjev, da se za ove novopostavljene tačke odrede prostorne koordinate i uloga, koju one treba da odigraju u vezi sa ispitivanjem slijeganja terena uslovlili su i izvršenje nivelmana potrebne tačnosti.

Pošto je u gradu postojala mreža tehničkog nivelmana određena još 1946 godine, trebalo je i nju iskoristiti i povezati je sa novopostavljenom mrežom, koja ujedno pretstavlja i mrežu repera za ispitivanje slijeganja. Ukupno je trebalo odrediti visine 97 starih pronadenih repera i 168 novih trigonometrijskih i poligonih tačaka. Ova je mreža tako raspoređena da na ugroženom terenu dolazi na 0,5 ha bar po jedan reper. Ukupna dužina vlakova ove mreže iznosi oko 126 km. Nivelanje je vršeno sa preciznim nivelirom Wild N3 i invarnim letvama.

Sudeći po odstupanjima između nivelanja naprijed i nazad i po odstupanjima u zatvorenim poligonima može se sigurno reći da je postignuta visoka tačnost, jer greška nivelanja na 1 km ne će preći 0,5 mm.

Cio nivelman oslonjen je na repere preciznog ranije postavljenog nivelmana daleko na 6 km izvan područja slijeganja u Bukinju i Simin Hanu, kako je to prijedlogom o cjelokupnim radovima bio predviđeno. Napomenuti je samo to, da je slijeganje u ugroženom području tako intenzivno, da su se pokazale razlike u visinama još u toku samoga rada, jer su se neki reperi spustili u roku od deset dana za čitavih 5 mm. Međutim, biljege postavljene van područja slijeganja nisu pokazivale nikakve razlike u visinama, i ako su nivelane neposredno poslije stabilizacije i u razmaku od po 10—15 dana dva i više puta.

O nivelanju kao i o svakoj drugoj operaciji izvršioći će posebno pisati o svojim zapažanjima i tačnosti koju su postigli poslije izravnjanja. Nadalje će o računskom dijelu, a posebno o analizi slijeganja i pokretima terena biti obrađena posebna radnja poslije drugih mjerenja na osnovi karte slijeganja o čemu će biti riječi u jednom od narednih brojeva lista, kada ti radovi budu izvršeni.

RÉSUMÉ. — Dans la mine de sel à Tuzla, on extrait le sel en puisant l'eau saline. Comme à cause de ce procédé de vides étendues souterraines se forment, le terrain se tasse. La ville même en est menacée. Des grandes fureures dans les batiments en ville se sont montrées. L'auteur décrit les méthodes géotopographiques appliquées dans l'examen de déplacement du terrain.