

27-28



GRADBENI VESTNIK

1954

VSEBINA:

Dr. ing. Lujo Šuklje in Anton Grimšičar: DRSLJIVOST TEKTONSKO POSKODOVANIH HRIBIN Z GLINATIMI SESTAVINAMI. 1. del — Ing. Svetko Lapajne: IZVOZNI STOLP V VELENJU — Ing. Anton Strgaršek: HE VUZENICA JE ZAČELA OBRATOVATI — Ing. Sergej Bubnov: PREJNAPETI BETON — Ing. Ivan Zupan: UDARNI DROBILCI »IZ« V GRADBENISTVU — Dr. Milo Goljevšček: ZASEDANJE MEDNARODNE ORGANIZACIJE ZA HIDRAVLICNE RAZISKAVE IAHR V MINNEAPOLISU — Ing. Valentin Kovač: PRVA REDNA SKUPSCINA ZDRUŽENJA GRADBENIH PODJETIJ IN PODJETIJ ZA PROIZVODNJO GRADBENEGA MATERIALA — Dr. ing. Lujo Šuklje: POROČILO O 5. LETNI SKUPŠČINI JUGOSLOVANSKEGA DRUŠTVA ZA MEHANIKO TAL IN FUNDIRANJE — Ing. M. K.: POROČILO O NOVI PUBLIKACIJI

Dr. ing. Lujo Šuklje in Anton Grimšičar

DK 624.131.54 : 551.24

Drsljivost tektonsko poškodovanih hribin z glinatimi sestavinami*

V tej razpravi bodo v prvem delu analizirani vzroki razpok na Ljubljanskem gradu, ki so nastale v času gradnje predora, v drugem delu pa bo tolmačen plaz, ki je nastal pri odkopih za trafoplato termocentrale v Šoštanjju. Oba primera premikanja zemeljskih gmot sta sicer različnega značaja in zemeljske plasti, ki se premikajo, pripadajo različnim geološkim formacijam. V obeh primerih pa gre za tektonsko zelo poškodovane hribine z glinatimi sestavinami. Zato bomo mogli — upoštevajoč tudi izkustva, pridobljena pri raziskavah drugih analognih pojavov — podati ob koncu razprave nekaj splošnejših zaključkov o drsljivosti pobočij, sestavljenih iz takšnih hribin.

**I. VZROKI RAZPOK
NA LJUBLJANSKEM GRADU****1. Geološki podatki**

Ljubljanski grad (slika 1) je okrog 70 m visok hrib (z absolutno višino vrha 372 m); stoji med Ljubljanico in Gruberjevim prekopom in ob njegovo zapadno vznožje je pritisnjen stari srednjeveški del mesta.

Ves hrib sestoji iz karbonskih peščenjakov, iz drobistih peščenjakov,

ki vsebujejo glinence, in iz glinastih skrilavcev, ki so jim primešane organske grafitaste luske. Plasti se pogosto menjavajo in le na redkih mestih so enotne v večji debelini. V splošnem prevladujejo na zahodni strani (nad Mestnim trgom) peščenjaki, na vzhodni strani pa skrilavci z vložki peščenjakov.

Hrbet Ljubljanskega gradu leži v področju geoloških prelomnic ob radialnem razcepu alpske in dinarske smeri. Plasti tvorijo proti vzhodu pogreznjeno zelo stisnjeno sinklinale. Približna lega njene osi v horizontu predora je označena na situaciji (slika 2) z dvojno črtkasto pikčasto črto. V severnem krilu sinklinale imajo plasti smer vpada 135° in visijo za 30 do 40° . Osnova ravnina sinklinale je nagnjena nekoliko proti severu, tako da vise plasti na južnem krilu strmeje (40 do 60°). V jugovzhodnem delu je sinklinala zasukana, tako da vpadajo plasti nad južnim portalom predora proti vzhodu.

Medtem ko so plasti precej stare, je tektonska zgradba Gradu iz mlajših dob.

Tektonski prelomi imajo različne smeri. Za razrahljanost hribin so bili

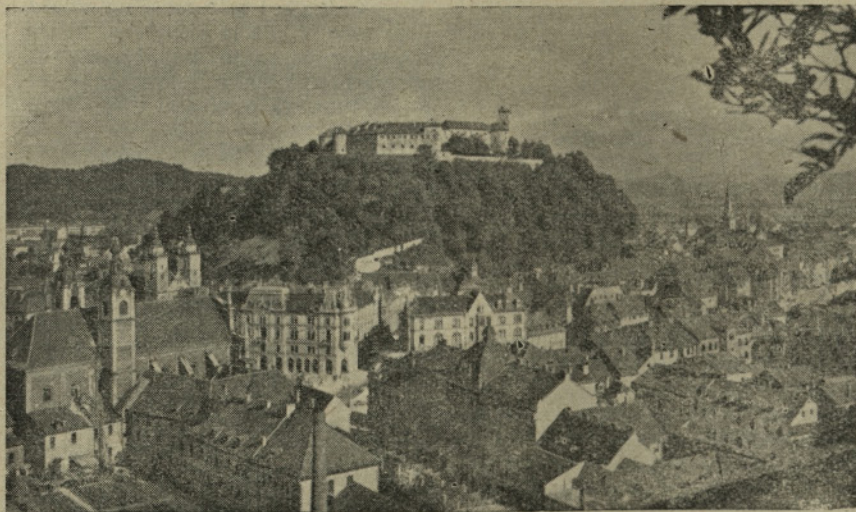
odločilni zlasti mlajši tektonski pritiski, usmerjeni od spodaj poševno navzgor. Tektonsko poškodovane hribine so blizu površine preperevale pod učinkom atmosfere, v notranjosti pa so se kemično razkrajale zlasti ob večjih tektonskih prelomnicah, kjer je bila mehanska razdrobljenost posebno velika. Čeprav prevladujejo v sestavi hriba trdne kamenine, se nahaja glinata maža tako med plastmi kot v razpokah ob tektonskih drsah in bolj ali manj zvezni pasovi razdrobljenih hribin obdajajo večja telesa kompaktnih hribine.

Plasti so posebno porušene ob že omenjeni osi sinklinale. Zmečkanost je tu povečal prelom, ki je nastal okrog 30 m južno od osi sinklinale. Na sliki 2 je označena domnevana oblika prelomnice, kakršna je verjetna glede na opazovanja v predoru in na površini. Aprila 1952 je pri odkopu smernega rova izteklo iz 80 do 100 cm širokega pasu ob tej prelomnici okrog 100 m^3 razmočene grafitaste glinice, pomešane z belim kremenastim meljem.

2. Hidrografski podatki

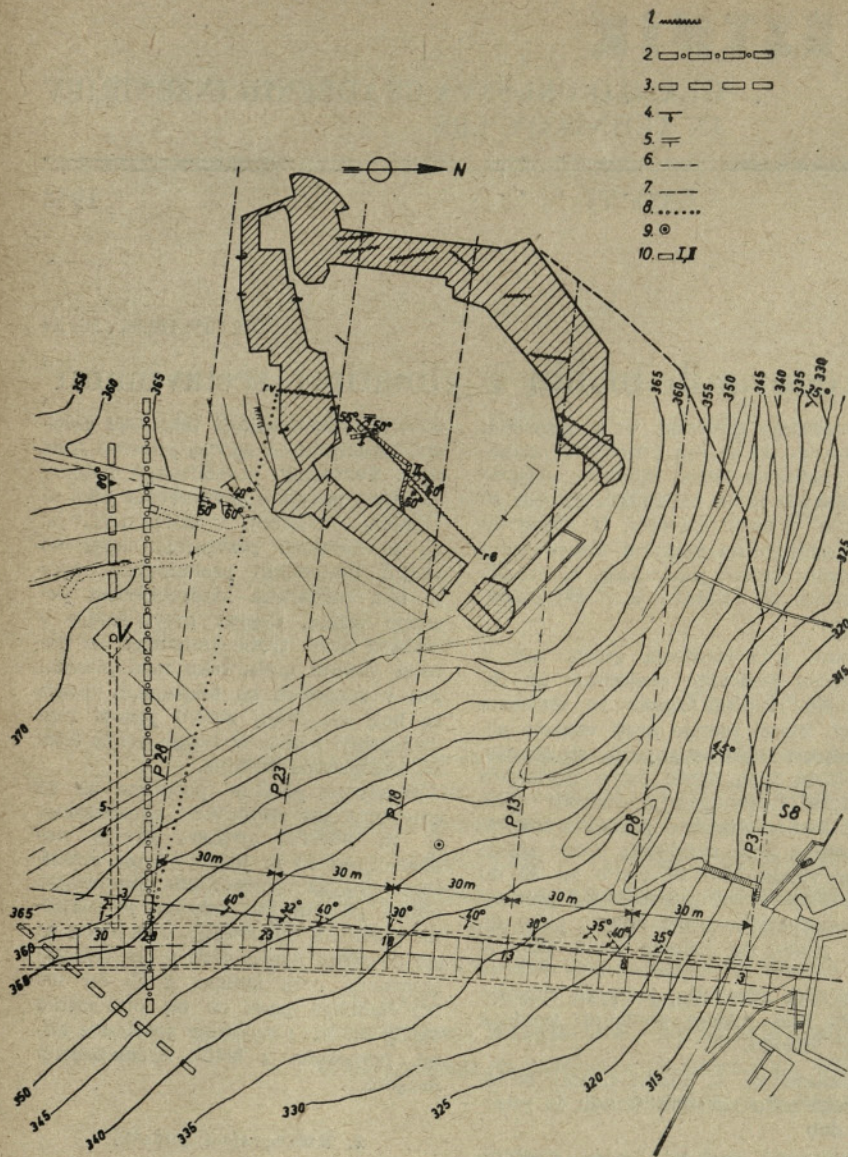
Na mestu, označenem na sliki 2 z V, je bil star vodnjak, izkopan do kote okrog 305 m. V tem vodnjaku je niha la podtalna voda okrog kote 355 m. Le nekoliko nižje je izviral na severnem pobočju studenček »V Rebric«, razen tega pa je bilo na pobočju več »solzajev«. Pred gradnjo predora je torej nedvomno obstajal v grajskem hribu rezervoar podzemne vode. O značaju in razsežnosti tega rezervoarja nimamo jasne slike. V tako heterogeni, razpokani, deloma razdrobljeni in deloma razkrojeni hribini se lahko ustvarijo lokalni nabiralniki podzemne vode s prelivni skozi propustnejše dele in z nepropustnimi barijerami, ki preprečujejo odtok v drugih smereh. Verjetno se je voda nabirala zlasti v zelo porušeni delih blizu osi sinklinale, v tem ko so bolj ali manj ohranjene nepropustne plasti na krilih sinklinale preprečevale odtok proti severu in jugu.

V kakšni smeri se je v notranjosti hriba uveljavljal vzgon podzemne vode, ni docela jasno. Vendar je verjet-



Slika 1: Fotografski posnetek Ljubljanskega gradu s severa

* Referat na 5. letni skupščini Jugoslovanskega društva za mehaniko tal in temeljenje, Ilidža, 2. — 5. junija 1954.



Slika 2: Situacija predora in gradu
Legenda:

- 1) razpoke na gradu,
 - 2) približna lega osi sinklinale v horizontu predora,
 - 3) domnevane lege glavnih prelomnic,
 - 4) smeri in vpadi plasti,
 - 5) smeri in vpadi razpok v tleh,
 - 6) smeri profilov skozi pobočje v glavni smeri plazenja,
 - 7) vznožna slednica domnevane drsne ravnine in njen presek s pobočjem,
 - 8) diagonala v osni ravnini sinklinale med glavno porušno cono v predoru in glavno razpoko na gradu,
 - 9) stalni izvir na pobočju pred gradnjo predora («V Rebrik»),
 - 10) sondažni jami na grajskem dvorišču.
- (Številke 3, 8, 13 ... ob osi predora pomenijo številke prstanov.)

no, da je obstajala globoko segajoča zvezna podtalnica z visoko gladino, nagnjeno proti vzhodu.

3. Podatki o gradnji in o razpokah

Z gradnjo cestnega predora, ki naj bi izboljšal komunikacijo med severnim in južnim koncem mesta, so pričeli avgusta 1951. Predor je dolg 480 m ter ima polkrožni profil s svetlim premerom 11,2 m. Ker so na dolžini prvih 190 m severnega smernega rova pre-

vladovale — kljub tektonski porušnosti — trdnejše hribine in ker se hribinski pritiski v smernem rovu niso pojavljali, so bili projektirani za odseke s trdnejšimi hribinami 70 cm debeli betonski oboki, v katerih se pod pritiskom »tlačne elipse« zrahljane hribine z višino, enako širini izkopa (13,40 m), ne bi pojavili tlaki večji od 37 kg/cm². Za odseke z bolj zdrobljenimi in razkrojenimi sestavinami je bila

predvidena ojačitev obokov na debelino 100 cm, ki bi ob enakih maksimalnih tlakih v betonu (37 kg/cm²) zadoščala za prevzem obremenitve s simetrično tlačno elipso, katere višina bi bila enaka 1,5 kratni širini izkopa za kaloto (t. j. 20 m). Priporočeno pa je bilo, naj se pri razširitvi izkopa za kaloto hribinski pritiski merijo in naj se glede na ugotovitve teh meritev oboki po potrebi še ojačijo.

Za izkop in za gradnjo je bila v kritičnem severnem delu predora uporabljena nova belgijska metoda. Talni oboki prvotno niso bili predvideni.

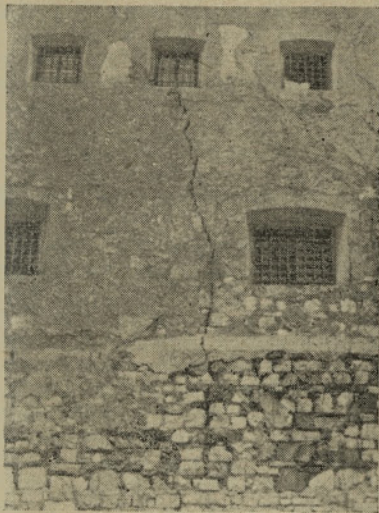
Izkop za kaloto so pričeli razširjevati v začetku aprila 1952 v 30. pristanu. (Prstani, ki so po 6 m dolgi, se štejejo — enako kot teče štacijonaža — od severnega proti južnemu portalu. Na situaciji — slika 2 — je označen s številko vsak peti prstan.) Do začetka decembra 1952 so izzidali predor v odseku med 30. in 18. pristanom, deloma vzporedno pa so v času od 15. 6. 1952 do 10. 3. 1953 izdelali odsek med 31. in 42. pristanom.

Že septembra 1952 so se pojavile v predorskih obokih v odseku med 30. in 18. pristanom razpoke in pri razširjevanju izkopa se je zlasti pri 22. pristanu (m 130) pojavil zelo močan hribinski pritisk, ki je lomil oporje. Razpoke so kazale v glavnem učinkovanje tlakov v spodnjem delu kalotnih obokov; vendar so bile nekatere razpoke tudi posledica nategov v spodnjem pasu.

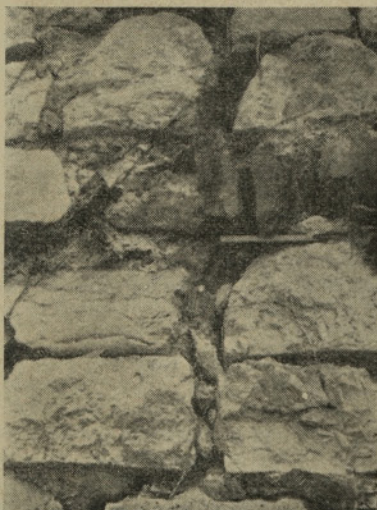
Istočasno so se pojavile prečne razpoke od osnih nategov tudi v stranskem rovu, ki se odcepi od 30. prstana proti zahodu. Ta rov je dolg 71 m. Z njim je bila ustvarjena zveza z že omenjenim grajskim vodnjakom, ki je bil uporabljen za ventilacijo. Seveda sta se s tem vodnjak in rov vključila v drenažni sistem, čigar glavni vod je predor sam. Zaradi majhne propustnosti same hribine se odtok vode omejuje v glavnem na odcejanje skozi tektonske razpoke; zato množina odtekaajoče vode ni bila in ni posebno velika. Vsekakor pa so te drenaže ustvarile nova potencialna polja podzemne vode in usmerila proti sebi njene strujnice.

Ob istem času, to je septembra 1952, so se pojavile prve razpoke na gradu, to je na razsežnem starem trdnjaskem poslopju na vrhu hriba (sliki 1 in 2). To poslopje je zidano na glinastih skrilavih, ki imajo od preprelosti zelenkasto barvo in so nekoliko peščeni; je redko se pojavljajo vmes pole razpokanih peščenjakov. Pravih temeljev ni ter je kontakt med zidom in skalno osnovo na več mestih jasno viden. Debelina zidu je po večini nad 1 m, v stolpih celo nad 2 m. O kakšnih starejših razpokah, ki bi prečkale vso steno od vrha do tal, razen v enem primeru nismo mogli izvedeti nič posebnega. Edina starejša razpoka na južni strani gradu je nastala najbrže ob potresu l. 1895.

Prve razpoke so se pojavljale v jugovzhodnem krilu grajskega poslopja, čigar vzhodni konec je bil pred leti izpremenjen v grajsko restavracijo, dalje v opornem zidu pri vhodu na grajsko dvorišče (mesto r6) ter v zidu pri cisterni na grajskem dvorišču. Te prve razpoke, ki so segale približno do srede poslopja (skrajna razpoka rv, slika 3), so imele deloma smer predora, pretežno pa smer plasti. Ko sta bili v januarju 1953 izkopani na dvorišču na obeh straneh cisterne dve sondažni jami (na situaciji označeni z I in II, slika 2), so se pokazale tudi v peščenih glinastih skrilačih s potami peščenjakov v dvoriščnih tleh 5 do 10 mm široke razpoke; tudi te so imele deloma smer plasti (225°—45°/60°), deloma so bile navpične v smeri plasti (210°—30°/90°), deloma pa so imele smer N—S, to je smer predora, s vpadom poševno proti vzhodu (90°/50°).



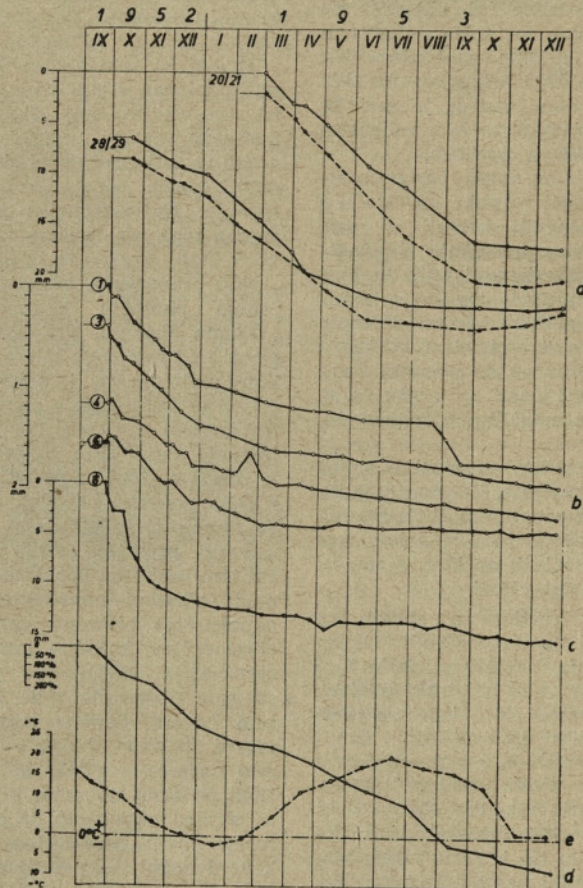
Slika 3a: Glavna razpoka na južni strani gradu (mesto r v). Smer razpoke S—N.



Slika 3b: Detajl te razpoke

Ko so pozneje razširjali iz smernega rova izkop v novih prstanih v smeri proti severnemu portalu (od 25. 1. do 26. 4. 1953 so izvršili odsek od 17. do 13. prstana, od 25. 8. do 15. 12. 1953 pa odsek od 13. do 6. prstana; v februarju 1954 so delali v 5. prstanu), so se pojavljale nove razpoke, večinoma vzporedne osi predora, še bolj proti zapadu. Vse večje razpoke so označene v situaciji na sliki 2. Ako položimo od tangente na zapadni portalni zid predora kot slednice (črtkana črta v si-

izpremembo svetlobe predora; merili so v dveh višinah (100 in 310 cm nad dnom) z merskim trakom ob natančnosti $\pm 0,3$ mm z možnimi zimskimi temperaturnimi vplivi do 1,0 mm za spodnje in do 0,6 mm za zgornje točke meritve. Kot primer rezultatov takšnih meritev podajamo na sliki 4 pod a) časovni sovisnici deformacij svetlega razpona obokov v prstanih 20/21 in 28/29. Iz diagramov je razvidno, da so se v času meritve predorski oboki približali največ za 18 mm. Po dograditvi



Slika 4: Časovne sovisnice

- a) izpremembe svetlega razpona predora v prstanih 20/21 in 28/29,
- b) premikov razpok v stranskem rovu na mestih 1, 3, 4 in 5,
- c) večanja razpoke r6 na grajskem dvorišču,
- d) padavin, izraženih v % večletnega povprečja,
- e) srednje mesečne temperature.

Pripombe k sovisnicama a):

Talni obok je bil dograjen v prstanu 28/29 20. 5. 1953. v prstanu 20/21 pa 20. 8. 1954.

tuaciji) ravnino, ki tangira krajno razpoko v zapadnem krilu gradu, je ta ravnina nagnjena proti predoru za 24°. Zanimivo je, da seče ta ravnina severno pobočje približno v črti, do katere so zrahljane škarpe ob poti na Grad, in da seče tudi zapadno od severnega portala stoječo hišo S8 (slika 2), ki je prav tako razpokala.

Kmalu potem, ko so opazili prve razpoke, so pričeli v več prstanih meriti premike predorskih bokov, to je

talnih obokov, ki je označena v legendi slike 4, se je intenzivnost premikov bistveno zmanjšala, dasi večinoma z neko retenzijo; (deloma verjetno vpliv plastičnosti in krčenja svežega betona talnih obokov). Izgradnja teh talnih obokov je bila priporočena takoj po pojavu razpok, a se je žal zavlačevala.

Ze koncem decembra 1952 so pričeli registrirati s točnejšimi merilci (tenzometri z natančnostjo 0,01 mm) tudi večanje razpok v stranskem rovu; me-

riji so na mestih 1, 3, 4 in 5, ki so od začetka rova oddaljena za 2,85 m (mesto 1), 7,90 m, 24,75 m oz. 29,60 m (mesto 5). Rezultati teh meritev so prikazani na sliki 4 pod b) (diagrami 1, 3, 4 in 5). Integralni premiki vseh štirih razpok so znašali od septembra 1952 do konca l. 1953 5,40 mm, to je približno trikrat manj od premikov v predoru; v tej vsoti pa so zajete seveda samo merjene razpoke.

Na enak način so merili tudi eno izmed razpok na Gradu in sicer razpoko r 6 na podpornem zidu ob vходу na grajsko dvorišče (gl. situacijo na sliki 2). Časovna sovisnica deformacij je za obdobje od konca septembra 1952 do konca leta 1953 prikazana na sliki 4 pod c). V tem času se je razpoka razširila za 15,4 mm, to je v velikostni stopnji premikov v predoru.

Ako primerjamo obliko časovnih sovisnic deformacij razpoke na Gradu z oblikami analognih krivulj v rovu, lahko ugotovimo precejšnjo skladnost v relativni intenzivnosti enih in drugih deformacij. Sovisnice imajo izrazito konkavno obliko; hitrost deformiranja je v prvem obdobju postopno upadala. Vendar so se premiki proti koncu leta 1953 zlasti na gradu nadaljevali celo z nekoliko oživiljeno intenzivnostjo.

Krivulje premikov predorskih bokov so nekoliko drugačne. Vse do dograditve talnih obokov so premiki skoro enakomerno naraščali in šele nekaj časa po dograditvi talnih obokov so se premiki bistveno zmanjšali.

Razpoke v predorskih obokih so mogle nastati ne samo zaradi šibkega dimenzioniranja kritičnega odseka kjer so se pojavili večji hribinski pritiski, temveč zlasti zaradi slabe izdelave (slab beton, nepravilni delovni stiki in smeri velikih tangencialnih napetosti, manjša debelina oboka od projektirane na nekaterih mestih). Ko so slabi beton ob razpokah izklesali in nadomestili z novim ter kritični odsek ojačili z močnejšimi pasovi, nadaljne prstane pa močneje dimenzionirali in solidno gradili, se kljub premikom bokov razpoke niso več pojavljale. Kolikor je bilo mogoče sklepati po preiskavi nosilnosti longarin, ki so počile, pritiski na oporje niso mogli bistveno presežati računskih pritiskov.

Podatke o razpokah na Gradu naj dopolnimo še z naslednjimi značilnimi podatki:

Stanovanci Gradu so že v začetku maja 1952 v dnevih, ko v predoru niso delali (1.—2. 5.), slišali večkratno odsekano pokanje. Meseca maja 1953 je počila cisterna na grajskem dvorišču (z vsebino okrog 100 m³) tako, da je izginila iz nje skoro vsa voda. Septembra in oktobra, ko so se širile stare razpoke in s₀ se pojavljaje nove, je bilo slišno pokaknje tudi podnevi in je vzbudilo pri stanovalcih preplah. V novembru in decembru je ponovno počila cev na grajskem dvorišču ob zapadnem krilu poslopja. Vsakokrat se je ob stiku cev premaknila za 1/2 cm.

Največja razpoka na južni fasadi je 35 mm široka (slika 3b). Vzhodni del zidu je ob razpokah do 2 mm nižji.

4. Geomehanska analiza premikov

Zveza med razpokami na Gradu in gradnjo predora v prvem času ni bila jasna. Vse grajsko poslopje je izven tistega »podornega kotla«, ki nastane po navedbah slovstva v hribinah te vrste. Razen tega so se pojavile razpoke že tedaj, ko je bil izkop razširjen v polnem profilu v razmeroma kratkem notranjem odseku predora z dolžino kakih 80 m. Tudi smer plasti ni osi predora vzporedna, temveč tvori z njo kot približno 40°.

Značaj in razvoj razpok, kakor sta bila opisana v predhodnem poglavju, pa sta vedno bolj potrjevala našo domnevo, da so nastale razpoke na gradu zaradi gradnje predora. Težje je dobiti docela jasno sliko o mehanizmu drsenja. Najverjetnejša je naslednja shema tega mehanizma (glej tudi sliko 5, P 18, črte A, B in C):

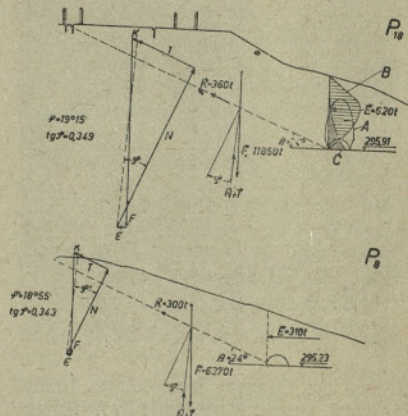
Nad predorskim izkopom se v določenem območju hribina razrahlja (»tlačna elipsa«). Pri manjši debelini plasti nad temenom lahko seže razrahljano področje vse do površine pobočja. S tem se zmanjšajo v navpičnicah nad predorskim obokom vodoravne komponente zemeljskih pritiskov. Hribina v pobočju dobi možnost, da se premakne poševno navzdol, če pač strižne napetosti vzdolž drsin ali v drsni pasovih presežejo strižno odpornost. Pri tem lahko na poslabšanje razmerja med strižnimi napetostmi in strižno odpornostjo bistveno vpliva dodatna obremenitev, kakršno more povzročiti eliminacija vzgona in preusmeritev strujnic podzemne vode proti drenažnim vodom. Strižne napetosti lahko zaradi takšne dodatne obremenitve zelo narastejo, v tem ko se normalni tlaki od zrna do zrna, ki so odločilni za strižno odpornost, le počasi približujejo novim vrednostim celotnih tlakov; dodatni tlaki se namreč v prvem obdobju uveljavijo pretežno v povečanih tlakih porne vode.

V laboratoriju smo za razkrojeni material prelomnih con preizkusili možnost zmanjšanja relativne strižne odpornosti pri relativno hitrem povečanju obremenitve s strižno preiskavo vzorca B, ki je bil vzet iz odkopa blizu prelomnice pri prstanu 32/33. Po AC klasifikaciji spada ta vzorec v skupino malo plastične gline CL ($\omega_1 = 32\%$, $I_p = 18\%$). Pri počasnem striženju ($\Delta\tau = \frac{\sigma}{40}$ na 30 minut) predhodno pri normalnih obremenitvah ($\sigma = 1,2, 3 \text{ kg/cm}^2$) konsolidiranega neintaktnega ($\omega_0 = 20,6\%$) vzorca smo ugotovili v rotacijskih strižnih aparatih 80/140 mm kot strižnega odpora $\varphi = 22^\circ 20'$ pri koheziji $0,2 \text{ kg/cm}^2$. Če pa smo po predhodni konsolidaciji obremenitev naglo povečali na dvakratno vrednost (od 1, 2, 3 na 2, 4, 6 kg/cm^2) in vzorec hitro prestigili (čas

striženja 2 do 5 minut), se je absolutna strižna odpornost le malo povečala, navidezni kot strižnega odpora pa se je zmanjšal na $9^\circ 30'$ pri neznatni koheziji.

Da bomo dovolj nazorno prikazali veliko verjetnost, da je treba upoštevati dodatno obtežbo s strujnim pritiskom, ako hočemo prepričljivo tolmačiti drsenje pobočnih gnot proti predoru, bomo podali najprej pregled stabilnostne analize v primeru, da strujnega pritiska ne upoštevamo.

Ker je hribina anizotropna in v različnih delih pobočja v različni stopnji razdrobljena in razkrojena, narekuje oblikovanje kritičnih drsin v veliki smeri tektonska predispozicija. Že v 3 poglavju smo ugotovili, da je doseglo drsno področje najmanj ravnino, ki ima svojo vzhodno slednico približno v tangenti zahodnega boka predora pri severnem portalu in je nagnjena proti vzhodu za 24° . Omenjena slednica je začrtana na situaciji (slika 2), ravnina sama pa je proicirana na prečnih profilih, prikazanih na slikah 5 do 7; ti profili so označeni po številkah predorskih prstanov, ki jih sečejo (gl. sliko 2).



Slika 5: Stabilnostna analiza profilov P 18 in P 8 za primer, da sponiramo drsenje po ravnini $\beta = 24^\circ$ ter da vzgona in strujnega pritiska ne upoštevamo. Shema: A = mejnica razrahljanega območja (»tlačna elipsa«), B = verjetni približni diagram vodoravnih zemeljskih tlakov, C = integralna črta možnih premikov zaradi razrahljanja.

To mejno ravnino smo privzeli kot drsino in poiskali za vrsto profilov, razmaknjenih po 30 m, pogojni kot zdrsnitve ob naslednjih nadaljnjih su pozicijah:

- Protiv predoru drsi kot togo telo zemeljni klin, ki ga omejujejo omenjena drsna ravnina, pobočna površina in navpična ravnina nad vzhodno slednico drsine.
- Hribina nad temenom oboka se toliko razrahlja, da upade zemeljni pritisk E ob tej mejni navpični ravnini na vrednost $0,125 \gamma h^2$, če

je γ prostorninska teža hribine (vzamemo $\gamma = 2,35 \text{ t/m}^3$) in h višina ob navpičnici od dna predora do površine pobočja.

c) Ob drsini ima tangencialna komponenta reakcije kohezijsko komponento v jakosti $c = 2 \text{ t/m}^2$.

Primer takšne analize predstavlja za profila P 18 in P 8 slika 5. Ravnovesni poligon sil sestoji iz težnostne sile F , iz sile zemeljskega pritiska E , iz kohezijske sile $K = c \cdot l$, iz normalne komponente N reakcije ob drsini in iz tistega dela $T = N \cdot \text{tg} \varphi$ tangencialne komponente reakcije ob drsini, ki ustreza kotu strižnega odpora φ .

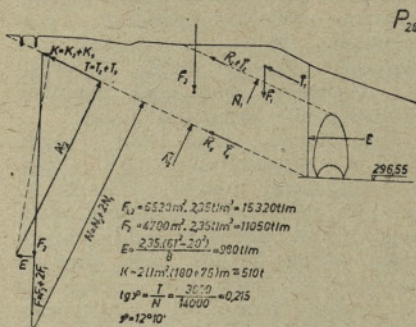
Takšna stabilnostna analiza narekuje naslednje pogoje kote strižnega odpora v posameznih profilih in naslednjo njegovo povprečno vrednost:

Profil	$\text{tg} \varphi$	φ
P ₃	0,248	13° 55'
P ₉	0,343	18° 55'
P ₁₃	0,363	20° 00'
P ₁₈	0,349	19° 15'
P ₂₃	0,340	18° 50'
P ₂₈	0,328	18° 10'
Povprečno	0,3285	18° 15'

Ker smo tako kohezijsko trdnost ob drsini kakor tudi reakcijski pritisk ob navpičnem čelu drsečega hribinskega klina dokaj nizko ocenili in ker smo zanemarili trenje na južnem boku drsečega klina, predstavlja kot okrog 18° zgornjo mejo za zdrsnitev potrebnega kota strižnega odpora zemljine, ako upoštevamo kot aktivne sile samo celotne težnostne sile in ako enačimo efektivne tlake od zrna do zrna s celotnimi tlaki. Sicer se odmika drseči klin na južnem boku od prelomnice, ki je verjetno skoro navpična in usmerjena proti severozapadu, zapolnjena pa z izredno drsljivo in na nateg skoro neodporno zemljino; vzorec iz te prelomnice spada sicer po svoji plastičnosti ($w_1 = 30,20\%$, $I_p = 11,80\%$) prav tako v skupino malo plastičnih glin CL, ima pa zaradi bogate vsebnosti grafitnih lusk zelo majhno strižno odpornost; s počasnim striženjem ($\dot{\tau} = \sigma/35$ na 30 minut) smo ugotovili v rotacijskem strižnem aparatu za predhodno konsolidirane težko gnetne vzorce kot strižnega odpora $\varphi = 13^\circ$ pri koheziji 0,12 kg/cm², v triaksialnih aparatih pa za predhodno do $w = 16\%$ v Proctorjevem aparatu komprimirane in nato pri $\sigma = 0,44$ do 1,03 kg/cm² konsolidirane vzorce s srednje hitrim stopnjevanjem strižne obremenitve strižni kot 13° (12° 40') pri koheziji 0,21 kg/cm². Vendar predstavlja preje opisani vzorec s strižnim kotom okrog 22° (pri $c = 2 \text{ t/m}^2$) bolj neko povprečno razkrojino med trdnejšimi skladi skrilavcev in peščenjakov. In tega bi sledilo, da so morale vplivati na zdrsnitev še druge sile ali da so bili efektivni tlaki ob drsini manjši od celotnih tlakov.

V prvi fazi pojavljanja razpok je bil polni profil predora izkopen komaj na dolžini kakih 80 m med 31. in 18. prstanom. Tako se je v tej fazi premikov uveljavljalo tudi trenje ob severnem boku drsnega klina. Po drugi strani pa se tedaj razpoke še niso razširile tako daleč proti zahodu in drsine ali spodnja meja drsnega pasu so bile strmeiše. Praznine, ki so nastale po iztoku večjih količin materiala iz velike prelomnice, dalje velika porušenosť v razsežnem prelomnem pasu tega odseka in manjša strižna in natezna odpornost hribin v smeri vpada, vse to je omogočilo, da se je v tej prvi fazi drsenja pobočje premikalo ne le v pravokotni smeri proti predoru, temveč tudi v smeri vpada plasti. Takšne premike je mogla pospeševati v zgornjih delih tudi teža grajskih zidov, čeprav v razmerju s celotno maso drsečih hribin ne pomeni dosti; pritiskala je namreč na zgornje sloje, da so se v smeri najmanjšega odpora pomaknili proti prazninam, nastalim v notranjosti.

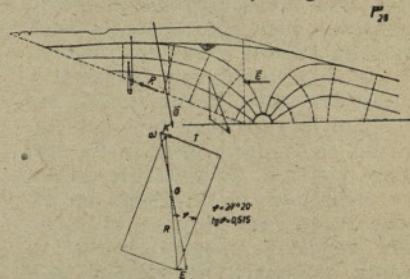
Shema drsenja, kot smo jo prikazali na sliki 5, postane manj prepričljiva v notranjih profilih P 23 do P 28, kjer doseže višina med temenom predora in površino pobočja — merjeno po navpičnici — v profilu P 28 že skoro 50 m. Sicer je res ravno v tem predelu tektonska porušenosť posebno izrazita; vendar smo preiskali v teh dveh profilih pogoje drsenja še po drugi shemi, ki je prikazana za profil P 28 na sliki 6. Po tej shemi suponiramo, da drs:



Slika 6: Stabilnostna analiza profila P 28 za primer, da drse gmote ob dveh strižnih ploskvah; brez upoštevanja vzgona in strunega pritiska.

razpokane ter deloma razdrobljene in razkrojene plasti proti razrahljani coni tlakne elipse med dvema vzporednima drsnima ploskvama; zgornja tangira suponirano tlačno elipso z višino 30 m. Ob sicer enakih nadaljnjih supozicijah kot preje smo po takšni shemi ugotovili za profil P 28 pogojni kot zdrsnitve 12° 10', za profil P 13 pa 14° 25'; povprečje za vse profile se v tem primeru zniža na 14° 45'. Takšno tolmachenje bi torej še bolj terjalo pritegnitev novih dodatnih strižnih sil v račun stabilnosti.

Ugotovili smo že, da so lahko takšno dodatno obremenitev povzročile sile strunega pritiska, ki so nadomestile sile vzgona, ko so se zaradi drenažnega učinka predora, rova in vodnjaka ustvarila med nekdanjo gladino podtalnice in drenažni nova hidravlična potencialna polja. Možno pa je tudi, da je podzemna voda odtekla v začetku samo iz propustnejših razpok in praznin med zdrobljenimi hribinami ter da je nastala dodatna obtežba samo zaradi eliminacije vzgona.



Slika 7: Stabilnostna analiza profila P 28 za primer, da drse gmote po eni sami strižni ploskvi, ob upoštevanju strunega pritiska. (Vrtana je približna mreža možnih strujnic in nivojnic).

Na sliki 7 je prikazana približna mreža strujnic in nivojnic v profilu 28 ob supoziciji, da se drenira voda samo proti predoru. Na osnovi te mreže so določene strižne sile ob drsini, upoštevajoč dodatno obremenitev s strunim pritiskom, medtem ko so določene normalne komponente reakcije ob drsini po stanju pred drenažo, upoštevajoč učinek vzgona. Če vzamemo ostale supozicije enake kot pri predhodnih analizah, je za ta primer pogojni kot zdrsnitve 27° 20' — nasproti 13° 10' brez upoštevanja vzgona in strunega pritiska. (Pripominjamo, da smo pri takšni analizi vzeli kot prostorninsko težo hribine nad vodno gladino 2,35 t/m³, pod vodno gladino pa 1,35 t/m³).

Če ne suponiramo ostvaritve novega zveznega potencialnega polja po drenaži, temveč suponiramo le eliminacijo prvotnega vzgona, dobimo za isti profil P 28 pogojni kot zdrsnitve 26° 40'.

Ker imamo malo zanesljivih osnov za rekonstrukcijo prvotnega in za konstrukcijo eventualnega novega zveznega potencialnega polja, je treba seveda smatrati stabilnostni račun, prikazan na sliki 7, samo kot zelo približen informativni poizkus, prikazati velikost vpliva, ki ga je mogel imeti drenažni učinek na drsenje proti predoru. Glede na to tudi ne podajamo analognih računov za druge profile.

Pri vseh prikazanih poizkusih stabilnostnih analiz smo — kot običajno pri takšnih analizah — suponirali, da drsi hribinski klin kot togo telo po eni sami ali ob dveh drsnih ravninah. V resnici pa je telo, ki drsi, plastično in zelo heterogeno. Zelo verjetno je, da drse velike mase trdne, kompaktne hribine po kašnati spolzki oblogi, ki

lahko v volumenskem razmerju predstavlja mnogo manjši del celotne gmote. Takšno drsenje se vrši najbrže v razsežnejšem drsnem pasu. Ker je razrahljanost hribine bliže predorske-mu svodu večja, je zelo verjetno, da so premiki ob spodnji meji drsnega pasu večji in proti površini pobočja manjši.

5. Sekundarni vplivi in ocenitev nadaljnega razvoja

Ker smo domnevali, da je moglo zmanjšanje vlage pri odcejanju vode povzročati krčenje hribin in prispevati k večanju razpok, smo raziskali v laboratoriju vpliv odcejanja vode na zdrobljeni in razkrojeni material, kakor tudi vpliv delne usušitve na razmočeni material. Te preiskave, ki jih tu v podrobnem ne navajamo, so pokazale, da ta vpliv ni mogel biti odločilen; vendar je mogel prispevati k večanju deformacij na površini in s tem k večanju razpok v grajskem poslopju.

Izdatnejši je mogel biti posredni vpliv odceditve, to je povečanje obtežbe od zrna do zrna zaradi eliminacije vzgona. Razkrojina skrilavcev in drobastih peščenjakov je precej stisljiva. Tako smo za vzorec B, čigar strižna preiskava je bila navedena v 4. odstavku 4. poglavja, ugotovili za tlake med 1 in 8 kg/cm² module med 30 in 100 kg/cm²; propustnost preiskane-ga vzorca pa je bila majhna (blizu 3.10⁻⁹ cm/sec), konsolidacija zato počasna in sekundarno usedanje občutno.

Da omenjena dva vpliva nista bila za premike odločilna, temveč sta jih mogla le večati, sledi že iz dejstva, da so se premiki pojavljali in širili s širjenjem izkopov; drenažo samo je ustvarjal že smerni rov.

Da se temeljna tla grajskega poslopja premikajo (marca 1954) še vedno in sicer pretežno v jasno izraženi smeri proti predoru, deloma pa — verjetno sekundarno — tudi v smeri vpada plasti, je nedvomno. Postavlja pa se vprašanje, ali je pričakovati, da se bodo ti vplivi nevarno stopnjevali.

Ako je pravilna naša hipoteza, da se premika pobočje

- a) zato, ker so se zrahljale hribine nad predorom in se je s tem omogočil premik tektonsko zdroblje-

nih mas s spolzkimi vložki grafitaste razkrojine, pa tudi

- b) zato, ker se je zaradi eliminacije vzgona in preusmeritve strujnega pritiska proti drenažam povečala obremenitev malo propustnih tal in so se pojavili v porni vodi dodatni tlaki,

tedaj moramo pričakovati:

- a) Čim bolj se zaradi premikov za-pirajo presledki v zrahljani hribini nad predorskimi oboki, tem bolj se zemeljski pritiski nad oboki stopnjujejo in s tem zmanjšujejo tangencialne komponente ob drsinah, drsenje pa ustavlja.
- b) S časom se porni tlaki v drenirani hribini vedno bolj zmanjšujejo, učinkoviti tlaki pa večajo; z njimi pa se večja tudi strižna od-pornost.

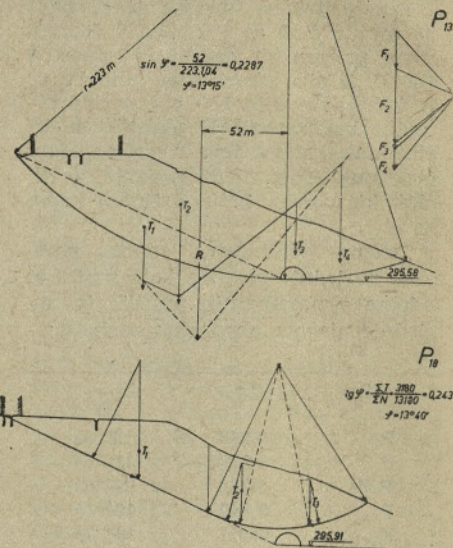
Zato smemo pričakovati, da se bo plazenje samo stabiliziralo, ne da bi preje premiki in razpoke preveč narasle.

Seveda v hribini s tako drsljivimi vložki ne bi bilo izključeno, da bi prišlo do drsenja vsega pobočja po zvezni drsini ali v nepretrganem pasu pod predorom, nad predorom ali skozi predor in z njim zvezani vpliv na režim podtalne vode. Zato smo napravili nekaj stabilnostnih preiskav s takšnimi drsinami.

Na sliki 8 sta reproducirani dve analizi stabilnosti te vrste in sicer analiza z neprekinjeno krožno drsino, ki tangira dno predora v profilu P₁₃, in z ravninsko drsino, prehajajočo nad obokom v valjasto drsino, za profil P₁₈. Upoštevali smo samo navpične težnostne sile homogene gmote.

Rezultirajoči drsni koti (okrog 13,5° v reproduciranih dveh primerih) so precej manjši od tistih, ki smo jih dobili — ob sličnem zane-marjenju sil vzgona in strujnega pritiska — za drsenje proti predoru po ravninski drsini. Ker vznožni deli teh krožnih drsin prečijo plasti vznožja pod večjim kotom, so takšne zdr-snitve malo verjetne. Ob vznožju po-bočja in pri opazovanju stalnosti osi predora nismo doslej opazili nobenih znakov, da gre za premike te vrste.

Tudi način širjenja razpok z napredujočim širjenjem kalote v kritičnem odseku ne daje osnove za takšno tolmačenje drsenja.



Slika 8: Stabilnostna analiza z zaključeni drsinami za profila P₁₃ in P₁₈; brez upoštevanja sil vzgona in strujnega pritiska.

Prav tako ni treba pričakovati, da bodo pritiski nad oboki, ki se z napredujočim drsenjem zgornjih mas večajo, toliko narasli, da bi presegli zdrdni odpor vznožnih mas. Saj se je ta odpor zaradi drenaže kvečjemu povečal, vodoravni pritisk nad oboki pa tudi ne more narasti preko prvotnih vrednosti.

Ako bi se torej drsenje razširilo preko vznožnega dela pobočja na vzhodni strani predora, bi bil to proces, ki ne bi bil odvisen od gradnje predora, temveč se je že dolgo pripravljaval. Po predhodnih podatkih ta proces ni posebno verjeten. Vendar so bila za vsak primer predlagana kontrolna opazovanja, da bi se takšni eventualni pomiki mogli ugotoviti.

(Nadaljevanje)

Ing. Svetko Lapajne:

DK 622.673.2 (Velenje)

Izvozni stolp v Velenju

Normalni tipi izvoznih rudniških stolpov so konstruirani v jeklu ali lesu tako, da tvorijo sam stolp lahko vertikalno ogrodje, ki je od strani oprto s posebnimi, značilnimi oporami, ki preprečujejo, da se stolp zaradi delovanja nateznih sil vlečnih vrvi ne prevrne. Tako zgrajenih stolpov je nešteto pri nas in drugje po svetu. Zaradi štednje — jekleno gradivo je drago —

so začeli graditi stolpe iz ojačenega betona. Taka izvedba ima tudi bistvene prednosti zaradi cenene vzdrževanja. Prvi železobetonski stolp je bil pri nas zgrajen l. 1940. v Zakovu pri Senovem — po zgledu klasičnih stolpov z oporami. Kar se tiče stolpa v Velenju, so bile zahteve večje: Dvojni dvigali z dvema pogonskima strojema, nameščenima v dveh pravokotnih

smereh, bi zahtevali napravo poševnih opor v dveh pravokotnih smereh. Taka rešitev bi bila vsekakor precej nepravilna, posebno pa nevarna za primer posedanja temeljnih tal.

Podrobna analiza železobetonske konstrukcije je nudila vse pogoje za izkoriščanje specifičnih lastnosti ojačenega betona: velike lastne teže gradiva ter monolitnosti z najširšimi

možnostmi oblikovanja. Namesto normalnega ogrodja z diagonalnim ali togim zavetrovanjem je prevladala takomenovana »stenasta« konstrukcija stolpa. Tako vrši isti element sten dve funkciji hkrati: funkcijo nosilnega ogrodja in funkcijo polnila. Račun lastne teže je izkazal dejstvo, da je stolp sam tako težak, da mu posebne poševne opore niso potrebne, ter zado- stuje že primerna razširitev spodnje konstrukcije ter temeljev za doseg stabilnosti. Delovanje vrvi v glavi stolpa vpliva le v tem smislu, da se rezultanta vseh tež giblje z večjimi ali manjšimi ekscentričnostmi v območju temeljnega obroča. Posebne poševne opore so odpadle, stolp kot celota pa je dobil sorazmerno preprosto, v obeh smereh približno simetrično obliko. Podnožje je močno razširjeno, vendar tako, da ne nastopajo ovire za fundiranje objektov, ki bodo priključeni na objekt stolpa. V pritličnem delu, od kote 0 do kote 9,0 je stenasta konstrukcija stolpa nadomeščena z 8 stebri, ki so odmaknjeni od samega jaška. Na ta način je ostalo dovolj manipulacijskega prostora za dohode, odhode, dovoze in odvoze od stolpa.

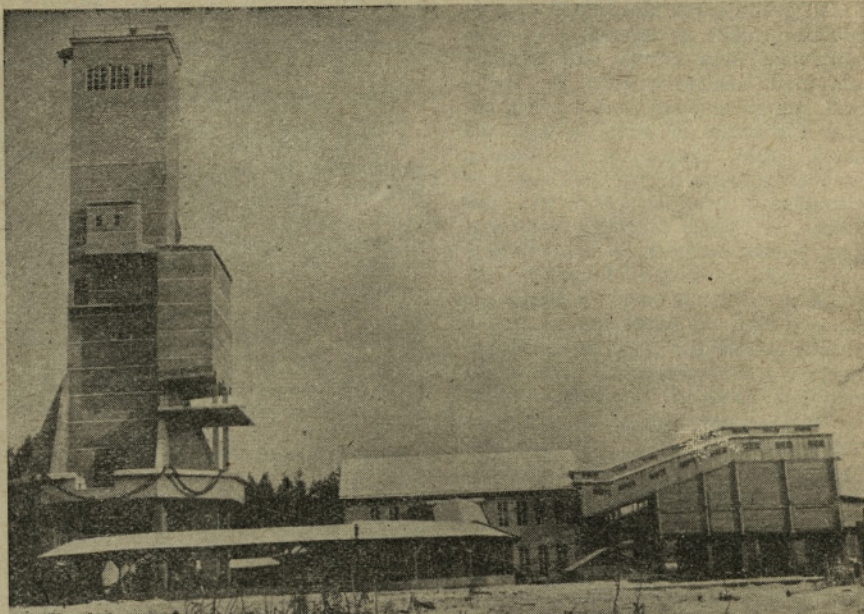
Statična preiskava mora podati dokaz varnosti stolpa za primer, da se kletka zatakne in se vlečna vrv utrga. Vendar se pri tem pogoju morejo upoštevati iste olajšave, kakršne veljajo za izredne obtežbe na mostovih, izredne obtežbe vetrov ali izredne kombinacije neugodnih učinkov. Pri takem dimenzioniranju seveda dosežemo za normalni obrat sevedno veliko varnost, ker so žice normalno obremenjene komaj z 1/8 sile rušenja. Pri statičnem preračunavanju stolpa je bilo treba upoštevati poleg normalnih in rušilnih sil vrvi v dveh pravokotnih smereh še obremenitve vetra v obeh smereh ter vso stalno in eventualno koristno obtežbo. Vse te obremenitve so končno dale nešteto raznih kombinacij, od katerih so bile le nekatere važne in merodajne za dimenzioniranje. Stolp je obremenjen poleg osnih sil na močne upogibne momente ter tudi torzijo. Podnožni stebri so tako oblikovani (glej sliko), da tvorijo ugoden prehod iz više ležečih radialnih sten v temeljni obroč. Ista oblika stebra nudi v glavi močen odpor proti upogibnim momentom ter v nogi proti torzijskim

momentom. Celotna slika nam kaže tendenco, da so višje konstrukcije lahko oblikovane, srednje močnejše, temelji pa masivno. Ta princip je posebno važen za primer potresa.

Fundiranje stolpa, izvršeno na kompaktni trdi ilovici v globini 4,0 m pod tlemi, je izvedeno v obliki togega obroča, ki povezuje vseh osem nog med

je montiran za skipe, začasno za dviganje kletk, je bilo potrebno predvideti deviacijo vrvenic iz položajev za skipe v položaje kletk. Čim bo pa dograjen tudi drugi pogonski stroj in uvedena uporaba skipov, potem ta provizorna rešitev odpade.

Stolp je visok 42,0 m. Oblika je zasnovana čisto »utilitarno« po potrebah



seboj. Prednosti takega fundiranja pred fundiranjem na ločenih temeljih za poševne opore in ločenih za sam stolp so znatne v primeru posejdanja temeljnih tal ali v primeru potresa.

Pri podrobnih izvedbi konstrukcije so zanimive sledeče rešitve: Izpeljava stopnišča omogoča dostop na posamezne etažne višine. Pretočni lijak za pre-mog, nalepljen na južno stran stolpa, nadvse ugodno učinkuje v statičnem pogledu zaradi velike lastne teže. Najbolj rafinirana pa je izvedba gladkih plošč za dostopne podeste na kotah 3,0 in 5,0 ter ureditev stopnišč, kajti na razpolago je bila le ista etažna višina, kot jo ima kletka dvigala namreč 2,0 m od poda do poda! Med gradnjo stolpa je bilo potrebno še improvizirati dodatne podeste v višjih etažah za namestitev deviacijskih vrvenic. Ker se uporablja izvozni stroj, ki

obratovanja ter sugestijah statika. Pri končnem oblikovanju je sodeloval arhitekt, ki ni samo pokazal estetsko dane forme, temveč ji je dal še poudarek z okusno prilagodjenimi podrobnostmi, kot so: oblike oken, konzole za dviganje vrvenic, itd. Ni naključje, da je tudi inozemcem (Avstrijcem) objekt zbudil pozornost ter so ga s sliko objavili v listu »Montan-Rundschau«. Ob novoletni slavnostni otvoritvi smo videli veliko veselje in ginjenost domačega prebivalstva, ki vidi v njem simbol napredka svoje ožje in širše domovine.

Projektant-statik stolpa je prof. ing. Lapajne Svetko (v okviru Slovenija-projekta). Arhitektno sodelovanje je nudil prof. ing. arh. Kobe Boris. Tehnično delo na projektu je izvršil ing. Stepišnik Miroslav. Operativno izvršitev je vodil — v režiji rudnika Velenje, stavbenik Kariž Velislav pod nadzorstvom ing. Čuka Rada.

Ing. Anton Stergaršek

DK 621.311:627.82 (Vuzenica)

HE Vuzenica je začela obratovati

Reka Drava ima znatne vodne količine. Tako znaša v Vuzenici povprečna letna voda 319, povprečna nizka voda 114 in povprečna visoka voda 1050 m³/s. Pretoki so časovno ugodno razdeljeni; tromesečna voda znaša 409, šestmesečna 293 in devetmesečna 193 m³/s. Posebnost Drave je, da ima nizko vodo samo v zimski periodi decem-ber — marec, dočim ima višje vode

ne samo spomladi temveč tudi poleti, ker dobiva v tem času vodo iz alpskih ledenikov, kjer se topita sneg in led. Vsem drugim jugoslovanskim rekam manjka vode tudi v poletni periodi. Navedene prednosti vodnega režima kakor tudi padec nad 1% usposablja Dravo prav posebno za pridobivanje električne energije. Razumljivo je torej, da Dravo že od leta 1918 (elek-

trarna Fala) izkoriščamo v energetske namene in da so tudi Nemci takoj po okupaciji Jugoslavije začeli z gradnjo elektrarn na Dravi in dogradili na jugoslovanskem ozemlju elektrarno Dravograd ter precejšen del elektrarne Mariborski otok.

Socialistična Jugoslavija je takoj po osvoboditvi vnesla v načrt svoje kapitalne izgradnje tudi dravske elek-

trarne. Tako so se že prve mesece po končani vojni začele priprave za nadaljevanje gradbenih del na elektrarni Mariborski otok, ki je začela obravnavati s prvim agregatom 8. septembra 1948.

OSNOVNI PROJEKT DRAVE MED DRAVOGRADOM IN FALO

Med gradnjo HE Mariborski otok so izdelali projekt za izgradnjo še neizrabljenega dela Drave nad Mariborom med elektrarno Fala in Dravograd. Nemci so predvidevali v tem odseku 4 stopnje, in sicer Vuzenico na mestu, kjer danes stoji, Vuhred, vzvodno cestnega mostu čez Dravo nad železniško postajo Vuhred ter Brezno in Ožbalt nizvodno vasi enakega imena. Slabost te razdelitve je bila v tem, da so predvidevali 4 elektrarne z manjšimi padci, prednost pa, da so s tem na minimum zmanjšali potrebo gradbenih del v zajeznem območju v zvezi s preložitvijo cest, zavarovanjem železnice in gradnjo nadomestnih stanovanjskih in gospodarskih poslopij.

Pri izdelavi našega osnovnega projekta za izgradnjo Drave med Falo in Dravogradom se je pokazalo, da je gospodarsko ugodnejše, zgraditi 3 elektrarne z večjimi padci kakor 4 z manjšimi, predvsem zaradi tega, ker se z izločitvijo ene stopnje zmanjša čas gradnje, ker je gradnja 3 elektrarn cenejša kakor gradnja 4 elektrarn z istim skupnim padcem, saj že sam prihranek stroškov za ureditev enega gradbišča prekorači 500 milijonov dinarjev, in ker je tudi obratovanje s 3 elektrarnami cenejše kakor s 4. Ti prihranki so izrazito odtehtali večje izdatke za preložitve ceste, zavarovanje železnice in za gradnjo nekaj več nadomestnih hiš in gospodarskih poslopij, tembolj, ker se potaplja večina stare zgradbe. Tako je jugoslovanski projekt za izrabo Drave med Falo in Dravogradom predvidel HE Vuzenico padcem 13.73 ter HE Vuhred in Ožbalt s padcem za vsako po 17.42 m.

VRSTNI RED GRADNJE

Pri izbiri, katero od 3 navedenih elektrarn naj bi začeli graditi prvo, je padla odločitev na Vuzenico, ker so bile tu geološke razmere najbolj preproste in preiskane in ker je pri zaporedju več elektrarn, katerih zajetve se presegajo, priporočljivo graditi od zgoraj navzdol, da gradnje ne ovira spodnja voda že zgrajene elektrarne, ki bi zahtevala pri isti varnosti pred poplavo precej višje pregrade za omejitev stavbnih jam. Na drugi strani je manjkalo za lokacijo HE Vuhred in Ožbalt še precej geodetskih del in vse geološke preiskave. Za izbiro Vuzenice kot prve nove elektrarne je bilo odločilno tudi dejstvo, da ima Vuzenica le 1 m manjši padec kakor Mariborski otok in približno enako širok rečni profil; to je omo-

gčilo uporabo enakih zapornic za jez, kakor jih ima Mariborski otok, in to tembolj, ker so eno, za Mariborski otok že dobavljeno glavno zapornico prihranili za Vuzenico s tem, da so na Mariborskem otoku vgradiličasne zapornice v obliki ločne pregrade, katerih zgornje odprtine so zaprte z lesnimi iglami, spodnje pa zazidane s tankimi oboki, ki bi jih razstrelili, da bi pri skrajno visoki vodi pridobili potrebno odprtino jez.

IZBIRA SISTEMA HE VUZENICA

Za HE Vuzenica so izdelali osnutek za klasični sistem elektrarne s strojnico na desnem bregu, ločeno od jez, in za razčlenjeni sistem, pri katerem so stroji nameščeni v razširjenih jezovnih stebrih v rečni strugi sami. Odločitev je padla v korist razčlenjenega sistema, ker je bil ta nekoliko cenejši od klasičnega, ker je pri njem bilo mogoče izvesti gradnjo samo v dveh gradbenih jamah, dočim bi bile pri klasičnem sistemu potrebne najmanj tri, ker je pri razčlenjenem sistemu mogoče obratovati z eno turbino, medtem ko objekte v drugi fazi še gradijo, in ker na mestu, določenem za elektrarno, ni bilo primerne-

zaliya za namestitev strojnice, zaradi česar bi morali tega z nesorazmerno velikim izkopom šele pridobiti.

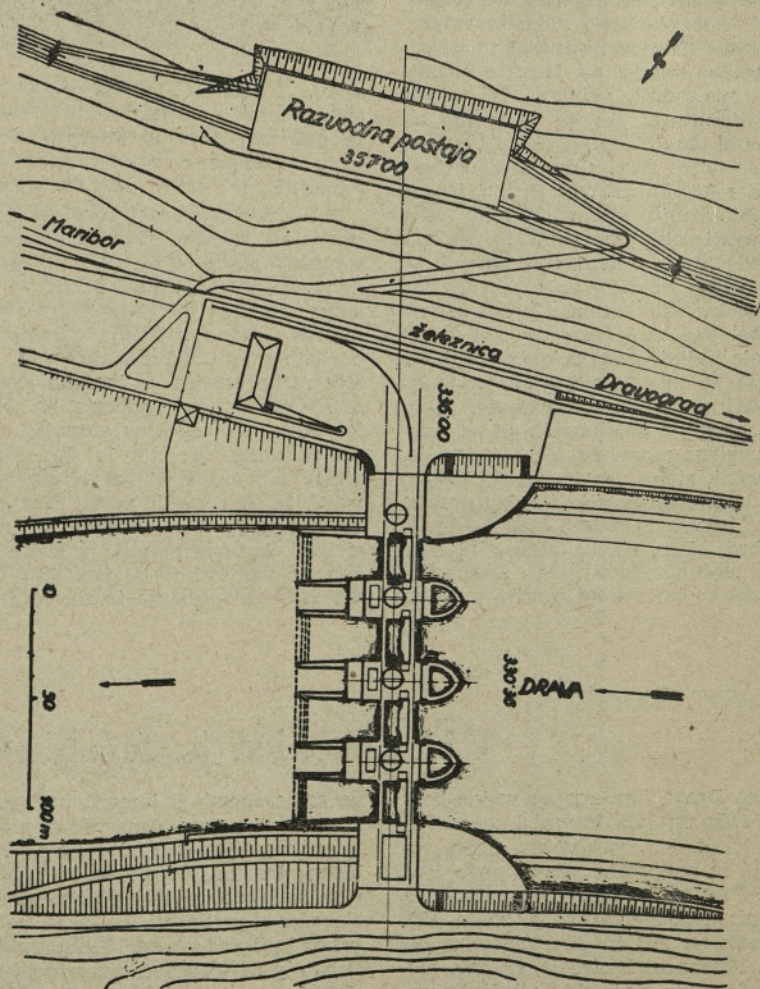
DISPOZICIJA ELEKTRARNE

Kakor je razvidno iz situacije, obstoji elektrarna iz treh enakih turbinskih stebrov, stoječih v rečni strugi, na katere se opirajo premične zapornice pretočnih polj. Na bregovih je elektrarniški objekt zaključen z obrežnimi zgradbami in visokimi vzvodnimi krilnimi zidovi, ki tesnijo jez.

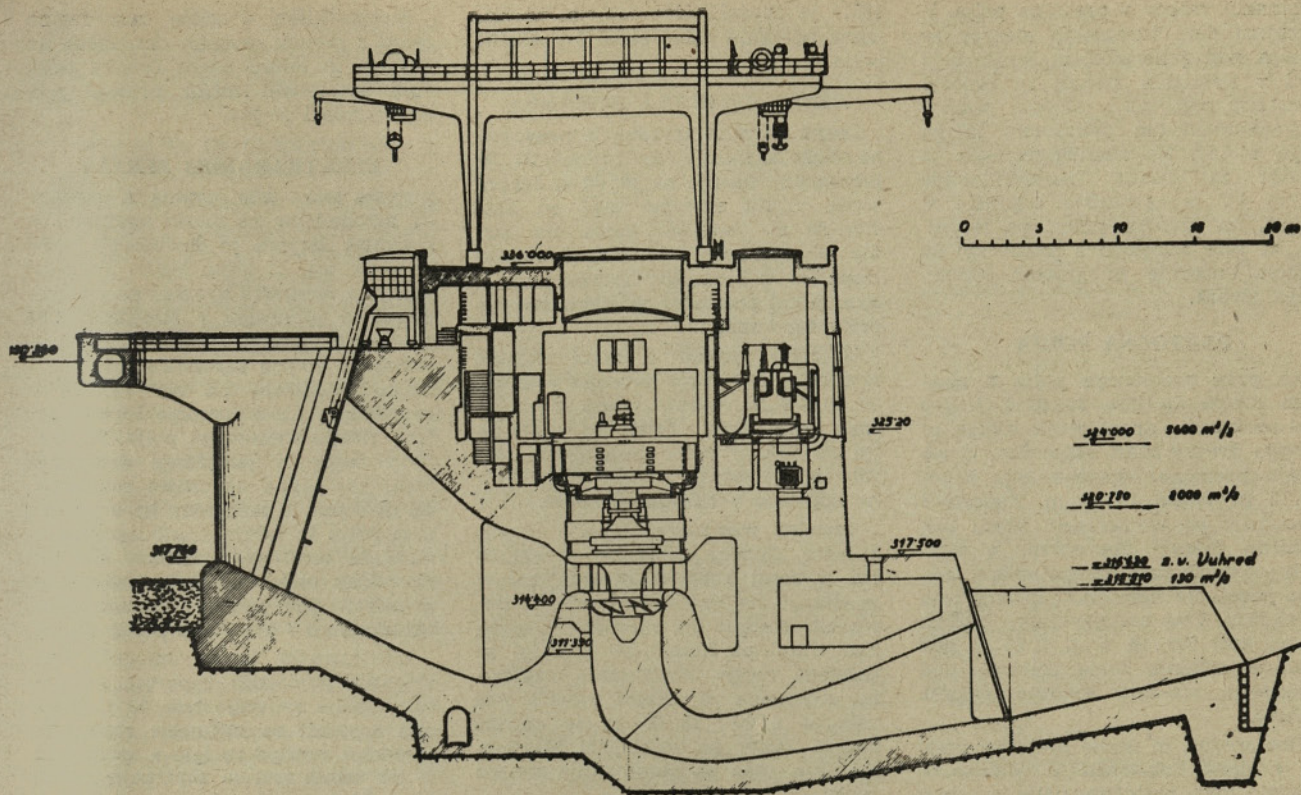
Turbinski stebri, obrežne zgradbe in elektrarniško dvorišče na desnem bregu so medseboj povezani z jezovnimi mostovi, vzvodnimi in nizvodnimi, po katerih teče proga elektrarniškega žerjava. Krovi vseh objektov, mostovi in elektrarniško dvorišče ležijo v Vuzenici na eni in isti koti 336.00.

TURBINSKI STEBRI

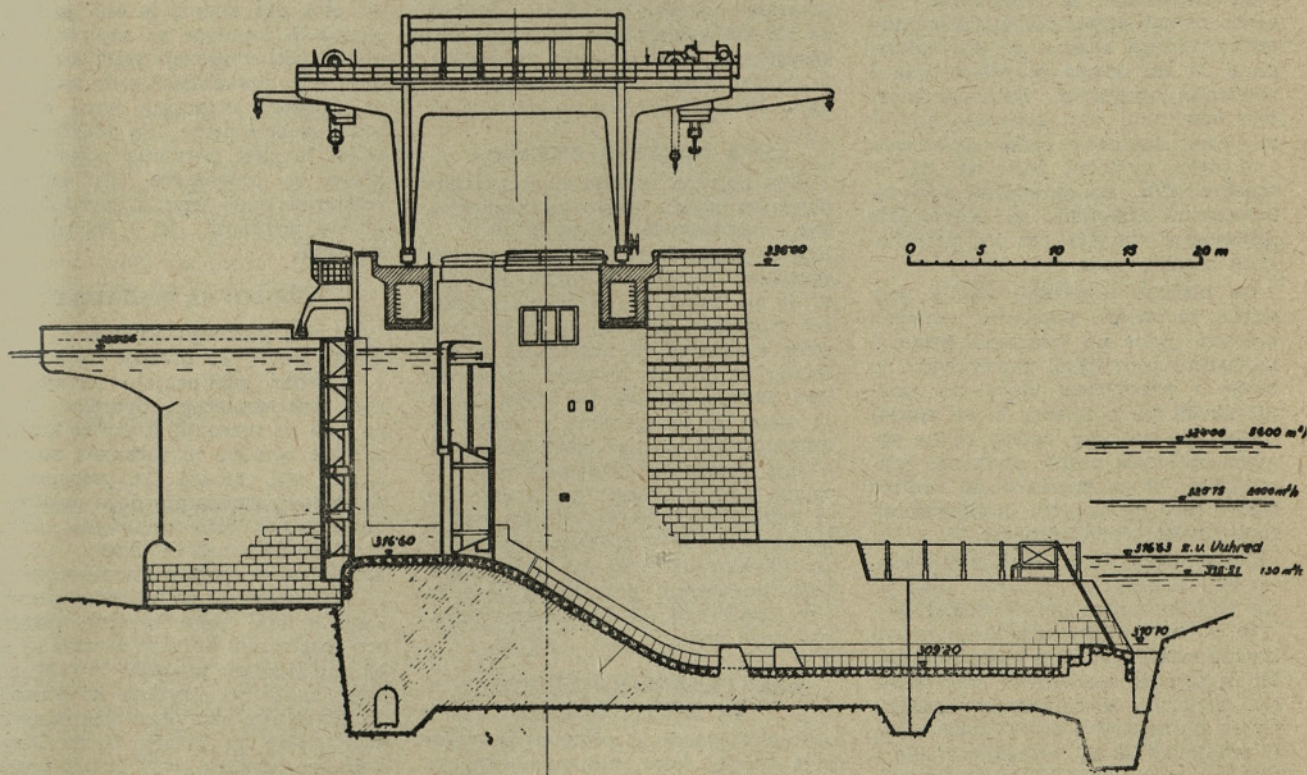
Turbinski stebri (glej podolžni preiz na sliki) so 42 m doolge, 34 m visoke in 19 m široke železobetonske zgradbe, ki imajo v spodnjem delu na vzvodni strani vtočno komoro, v srednjem delu betonsko špiralo, ki dovaja vodo k tekaču turbine, na nizvodnem delu pa sesalno cev ali sifon za odvod



Slika 1: Situacija HE Vuzenica



Slika 2: Podolžni prerez turbinskega stebra



Slika 3: Prerez skozi pretočno polje

vode izpod turb. ne. Nizvodno samih turbinskih stebrov imamo še vodilne zidove, ki ločijo iztoke iz sifonov od pretočnih polj, usmerjajo vodo in preprečujejo zanašanje proda pred sifonske iztoke. Če hočemo pregledati sta-

nje vtočne komore, špirale in sifona, zapremo turbinski steber na vzvodni strani s tablastimi zapornicami, na nizvodni strani pa z iglastimi zapornicami na iztoku sifona. Za izčrpanje

vode je predvidena črpalka v vsakem turbinskem stebru.

Na vtoku imamo na višini zaježitve podaljšek stebra v obliki konzole, tako imenovan branik, ki služi za usmerjanje plavajočih predmetov mimo

turbinskih vtokov v pretočna polja. V zgornjem delu turbinskih stebrov se nahaja nad generatorjem strojnica z okni v stranskih stenah in okroglo montažno odprtino v stropu, pokrito z železobetonskim pokrovom, ki ga dviga žerjav. Na nizvodnem delu je prostor za glavne transformatorje 10/110 kV z montažno odprtino v stropu, na vzvodni strani pa stopnišče, ki veže strojnico s prostorom za dvigala zapornic in krovom turbinskega stebra.

PRETOČNA POLJA

Na prag pretočnega polja z zgornjim robom na koti 316.60 t. j. 2 m nad obstoječim dnom rečne struge, se opirajo dvojne MAN zapornice, ki zapirajo pretočne odprtine jezu širine 18.75 in višine 13.76 m. Zapornice premikajo po vertikalnem utoru mehanična dvigala, nameščena v zgornjih prostorih turbinskega stebra. Dolžina podslapja nizvodno zapornic znaša 46.50 m. Dno umirjevalnega bazena je na koti 309.10, t. j. 7.53 m pod gladino spodnje vode oziroma pod zajezitvijo sosedne spodnje stopnje Vuhred.

Obe srednji in desno pretočno polje so v celoti obložena z granitnimi kvadri, levo pretočno polje pa ima granitno oblogo na vzvodnem pragu, kjer nasedajo zapornice, in na nizvodnem pragu, kjer je obremenitev posebno močna. Hrbet podslapja ter dno umirjevalnega bazena pa sta obložena z 20 cm debelo plastjo betona s porfirnim agregatom. Betonska plast je s številnimi sidri povezana z 1.90 m debelo betonsko ploščo podslapja. Obe desni pretočni polji sta tik ob vznožju hrba jezu opremljeni z železobetonskimi šikanami, ki pospešujejo uničevanje energije čez jez prepadajočih visokih voda.

Ce hočemo pregledati stanje podslapja in izvršiti popravila, zapremo pretočno polje na vzvodnem koncu s tablastimi pomožnimi zapornicami, ki tečejo v pokončnem utoru, na spodnji strani pa z iglami, ki se spodaj naslanjajo na prag, zgoraj pa na poseben naslonski nosilec predalčne konstrukcije, ki ga položimo na vodilne zidove med podslapjem in iztokom sifonov, nakar vodo izčrpamo.

Čez pretočna polja vodita 2 mostova, vzvodni in nizvodni, ki nosita vsak po eno tračnico proge elektrarniškega žerjava. V notranjosti vzvodnega mostu imamo zvezni hodnik s signalnimi kablji in osjo za mehanično sinhronizacijo zapornic, v nizvodnem hodniku pa so nameščeni 110 kV oljni kablji, ki vežejo 10/110 kV transformatorje v turbinskih stebrih z razvodno postajo na desnem bregu Drave.

Pretočna kapaciteta jezu znaša pri normalni zajezitvi na koti 330.36 in 4 popolnoma odprtih zapornicah 6560 m³/s, pri 3 popolnoma odprtih zapornicah in enem zaprtem polju pa 5200 m³/s. Največja opazovana voda (3. 11.

1851) je znašala 5100 m³/s in bi bila lahko odtekala samo skozi 3 pretočna polja.

DESNA OBREŽNA ZGRADBA

Desna obrežna zgradba je pravokotne oblike in meri v smeri Drave 26.50, pravokotno na njo pa 30.00 m. Izkoriščena višina zgradbe sega od kote 325.20 do ravnega krova na koti 336.00, pod koto 325.20 m pa imamo stopnišče v kontrolni hodnik pod jezum, nekaj prostorov za električne naprave ter temelje.

Največji prostor v desni obrežni zgradbi je montažna dvorana velikosti 20.70 × 9.90, svetle višine 8 m, ki služi za montažo strojev. Tu se sestavlja na primer rotor generatorja teže 140 t in z žerjavom prenese skozi stopnjo odprtino v turbinske stebre.

Vzvodno montažne dvorane imamo 3 etaže. Spodaj delavnice in skladišča, v sredi kabejski prostor, kamor se stekajo številni merski kablji iz turbinskih stebrov in razvodne postaje, nad njimi pa komandni prostor, iz katerega vodijo obratovanje elektrarne. Komanda in relejni prostor ima velikost 6.40 × 18.50 in je znatno manjši kakor na elektrarni Mariborski otok, toda za obratovanje zadosti velik.

Nizvodno montažne dvorane imamo spodaj delavnice, zgoraj pa sanitarne prostore, pomožne pisarne in hodnik za 110 kV kable, ki se nadaljuje pod zemljo pod elektrarniškim dvoriščem, železniško progo in pod pobočjem hriba do razvodne postaje na koti 357.00.

LEVA OBREŽNA ZGRADBA

Leva obrežna zgradba nudi s svojim obrežnim zidom oporo za zapornice, ima v obvodnem traktu prostor za dvigala zapornic in spodaj prostor za vgraditev turbine za hišni agregat, ki je pa zaenkrat ne bodo vgradili, ter stopnišče, ki veže navedene prostore s krovom. V nizvodnem traktu imamo skladiščne prostore, ostali del leve obrežne zgradbe pa zavzema ribja steza, ki je zgrajena v obliki železobetonskih korit velikosti 2.50 × 1.50. Vodna gladina v ribji stezi pada na mejah sosednih korit za 25 cm; ker je dolžina korit 2.50 m, ima torej ribja steza padeč 10%. Približno na vsake tri višinske metre imamo večji bazen, tako imenovano počivališče, kjer se ribe odpočijejo od napornega plavanja proti vodi.

ELEKTRARNIŠKO DVORIŠČE IN KOMUNIKACIJE

Na elektrarnah so potrebne za transport težkih delov hidromehanske in elektrostrojne opreme posebne naprave. V Vuzenico prihajajo ti predmeti po železnici. Iz železniške postaje Vuzenica, ki se nahaja v neposredni bližini elektrarne, vodi na elektrarniško dvorišče industrijski tir, ki zavije z $r = 40$ m (navozna tračnica) v območje elektrarniškega žerjava.

Elektrarniško dvorišče ima cestno zvezo z javnim cestnim omrežjem na desnem in levem bregu Drave; torej tudi avtomobili lahko pridejo pod elektrarniški žerjav.

ELEKTRARNIŠKI ŽERJAV

prenaša težke dele opreme iz vagonov ali avtomobilov na mesto uporabe. Za nosilnost žerjava je merodajen rotor generatorjev, ki tehta 140 t. Tega sestavijo v montažni dvorani na desnem bregu in prenesejo v strojnico. Kot prednosti Vuzeniške elektrarne navajamo, da glavne zapornice teže 140 t lahko montirajo na elektrarniškem dvorišču in jih s pomočjo žerjava gotovo vložijo v pretočna polja. Ta ureditev omogoča skrajšanje delovnega časa, ker lahko zapornice montirajo na dvorišču že med tem, ko v pretočnem polju še tečejo gradbena dela in montaža vodil za zapornice. Na Mariborskem otoku so glavne zapornice montirali pod znatno neugodnejšimi okoliščinami v pretočnih poljih samih.

Elektrarniški žerjav omogoča tudi vlaganje pomožnih zapornic za pretočna polja največje teže 50 t, tablastih zapornic za turbinske vtoke, naslonskega nosilca za igle v spodnji vodi ter samih igel za zapiranje pretočnih polj in iztoka sifona.

Kot posebnost je treba omeniti tudi, da imata HE Vuzenica in Mariborski otok obe skupaj le eno garnituro pomožnih zapornic za zapiranje pretočnih polj v zgornji vodi. Te zapornice redko uporabljajo, njih souporabo pa omogoča železniška zveza med obema elektrarnama. Na Mariborskem otoku je sicer potrebna posebna naprava za prevažanje teh zapornic, vendar so kljub temu z navedeno ureditvijo prihranili 150 t železne konstrukcije.

POSLOVNA ZGRADBA

Vsi deli glavnega objekta, t. j. turbinski stebri ter obrežne zgradbe, se v Vuzenici zaključujejo navzgor na koti elektrarniškega dvorišča 336.00, pa tudi na nizvodni strani se končajo obrežne zgradbe in turbinski stebri v eni in isti ravnini. Ta preprosta in pregledna zasnova glavnega objekta je imela za posledico razmeroma majhne obrežne zgradbe, ki nudijo prostor komaj za vse obratne naprave, ni pa v njih prostora za obratne pisarne. Zato je bilo treba zgraditi posebno poslovno zgradbo. Ta dvoetažna zgradba ima zazidano površino 14 × 33 m in stoji, kakor je razvidno iz situacije, ob nizvodnem zaključku elektrarniškega dvorišča na desnem bregu Drave. Poslovna zgradba tvori hkrati prehod med elektrarniškim dvoriščem s koto 336.00 in podaljšanim planumom vuzeniškega kolodvora na koti 333.30. Na tej imamo skladišča, garaže in centralno kurjavo na premog, ki je speljana tudi v desno obrežno zgradbo, na višini elektrarniškega dvorišča pa pisarniške prostore. Od garažnega dvo-

rišča na nizvodni strani zgradbe vodi na 3 m višje ležeče dvorišče elektrarne cestna rampa kot podaljšek dovozne ceste k elektrarni.

STROJNA IN ELEKTRICNA OPREMA

Elektrarna Vuzenica je opremljena s 3 enakimi Kaplanovimi turbinami s pokončno osjo in avtomatično regulacijo. Moč vsake turbine znaša 22.600 KM (konjskih moči), torej skupaj 67800 KM izrabna voda za vsako turbino je 137, skupaj 411 m³/s.

Vsaka turbina ima generator učinkava 24000 kVA oziroma 16800 kW pri $\cos \varnothing = 0,7$, ki je priključen neposredno na turbinsko os. Generatorska napetost znaša 10,5 kV. Ta napetost se spreminja na 110 kV v transformatorjih, ki so povezani z generatorji v tako imenovanem blok stiklu in ki so postavljeni v neposredni bližini posameznih generatorjev v zaprtih prostorih na nizvodni strani turbinskih stebrov.

Za zvezo med transformatorji 10/110 kV v turbinskih stebrih in razvodno postajo na desnem bregu, ki leži 32 m nad koto strojnice v trasi obstoječega daljnovoda 110 kV, služijo 110 kV oljni kabli. Te kable so v Vuzenici drugič uporabili v Jugoslaviji: poleg Vuzenice jih imamo samo še na HE Vinodol.

PRODUKCIJA ELEKTRICNE ENERGIJE

Navajamo produkcijo električne energije za srednje hidrološko leto 1948 in za stanje po zgraditvi spornie stopnje Vuhred, ko bo padec zaradi zajezitve spodnje vode nekoliko manjši. V tem letu bi bila produkcija (v milijonih kWh na pragu elektrarne) v posameznih mesecih sledeča:

januar	12,96
februar	11,98
marec	14,38
april	18,32
maj	28,45
junij	29,74
julij	28,72
avgust	30,11
september	23,53
oktober	19,16
november	18,68
december	12,20

Celotna letna produkcija bi znašala 248,23 milijonov kWh. Na zimsko periodo oktober—marec odpade 89,36 ali 36 %, na letno periodo pa 158,87 milijonov kWh ali 64 %.

V suhem letu 1949 bi znašala produkcija 195,36, v mokrem letu 1951 pa 282,40 milijonov kWh.

IZVEDBA DEL

Verjetno bodo o izvedbi tega velikega objekta poročali izvajalci del sami; zato se omejimo samo na bežen opis.

Elektrarno so zgradili v 2 odprtih gradbenih jamah, katerih pregradne stene so bile izvršene kot razčlenjene betonske konstrukcije. Prva (desna) gradbena jama je obsegala desno obrežno zgradbo, desni in srednji turbinski steber ter obe desni pretočni polji druga jama pa levi turbinski steber obe levi pretočni polji in levo obrežno zgradbo. Med gradnjo je bila Drava utesnjena za več kot polovico svoje normalne širine. Pregradne stene so bile dimenzionirane za 2000 m³/s.

Pesek in prod so jemali na levem bregu Drave, nizvodno, blizu elektrarne in ju z žičnico dovažali v silose betonarne, ki je stala na vzvodnem koncu prve oz. druge gradbene jame sredi dravske struge. Cement je prihajal v razsutem stanju in so ga pnevmatično transportirali v silos beto-

narne. Gradivo so na mesto uporabe prenašali v glavnem s kabelskim žerjavom, ki je imel na obeh bregovih Drave premične stolpe; pomagali pa so tudi stolpni žerjavi. Na vzvodni in deloma na nizvodni strani so zgradili tudi transportni most za potrebe gradnje.

Mesto za odlaganje granitnih kvadrov, delovni prostori za železokrivce in tesarje ter prostor za druge naprave gradbišča je bil nizvodno elektrarne na desnem bregu med železnico in Dravo.

Za odlaganje strojnih delov in hidromehanske opreme je služilo elektraršiško dvorišče ter prostor ob železnici vzvodno elektrarne.

GRADBENE KOLIČINE

Obseg gradbenih del je najbolj razviden iz glavnih gradbenih količin, ki so sledeče:

izkop v mehkem terenu	20.000 m ³
izkop v skali	90.000 m ³
beton raznih vrst	100.000 m ³
betonsko železo	2.500 t
granit za oblaganje pretočnih polj itd.	3.000 m ³
les, okrogel in rezan	6.000 m ³

INVESTICIJSKI STROŠKI

Navajamo zaokrožene zneske v milijonih din, ki dajejo vpogled v velikostni red sredstev, ki so bila potrebna za gradnjo HE Vuzenica.

Ureditev stavbišča, pripravljalna dela	550
glavni objekt, gradbeni del elektrostrojna in hidromehanska oprema	2.000
glavni objekt skupaj	3.850
glavni objekt skupaj	6.400

Dela v zajeznem območju: preložitev ceste, zavarovanje železnice in nadomestne zgradbe

Stroški celotne naprave	600
	700

Ing. Sergej Bubnov:

DK 666.982.3:539.4.014.12

Prejnapeti beton

RAZVOJ PREJNAPETEGA BETONA

Ideja preinapetega betona ni nova. Ze leta 1888 je Doebling iznesel idejo o prejnapienjanju konstrukcij. Toda poizkusi niso upravičili tega načela, predvsem zaradi pomanjkanja kvalitetnih materialov: dobrega betona in kvalitetnega jekla za prejnapienjanje. Šele po prvi svetovni vojni, ko je metalurgija znatno napredovala in smo dobili jeklo visoke kvalitete, je Freyssinet začel izvajati konstrukcije iz prejnapietega betona (v letu 1928). Sedaj lahko rečemo, da v svetu skoraj ni več pomembnejše konstrukcije, ki ne bi bila izdelana v prejnapietem betonu. Vsi strokovni časopisi, posebno francoski, angleški, nemški, so polni problemov in primerov iz področja prejnapietega betona.

Tudi v naši državi je prejnapieti beton zadnja leta dosegel pomembne uspehe. Leta 1950 so bili začeti prvi poizkusi v Zveznem zavodu za preiskavo materiala v Beogradu. Začeli so s poskusi za izdelavo rezervoariev iz prejnapietega betona. Naloga je bila v kratkem času rešena. Istega leta je začel Sisku so zgrajene tri velike hale iz prejnapietega betona. Naloga je bila v kratkem času rešena. Istega leta je začel Sisku so zgrajene tri velike hale iz prejnapietega betona v ploški 16.000 m². Hale imajo razpetine 22,0 oz. 28,0 m. Ta prva velika dela so izvršena z uspehom še v letu 1951. Gradnja je bila izvršena pod stalinim nadzorstvom Zveznega instituta za gradbeništvo, ter je bilo ob tej priliki

pridobljeno veliko dragocenih izkušenj, ki so pozneje zelo koristile pri nadaljnjem razvoju prejnapietega betona pri nas. Koncem leta 1951 je bila v Stalaču zgrajena tovarna prejnapietih konstrukcij, ki jo je zgradilo beograjsko gradbeno podjetje »Trudbenik«. Začetkom leta 1952 se je pričela nova velika gradnja v prejnapietem betonu: tovarna kablov v Svetozarevem: — 14 hal z 26.000 m² florisne ploskve. Do konca leta so bili izdelani skoro vsi objekti. Razpetine znašajo 13,5 do 25,5 m. Vsi elementi, vključno tudi stebri, so v celoti montažni, izdelani na kraju samem, ali pa v tovarni v Stalaču. Istega leta je bil izdelan tudi prvi most iz prejnapietega betona v bližini Rankovičeva. Konstrukcija je prostoležeči nosilec razpe-

tine 31,0 m. V 1953 letu se je začela cela vrsta gradenj iz prejnatega betona. V Železniku, v tovarni strojev »Ivo-Lola Ribar«, se gradi pet hal skupne ploskve 11.300 m². Srednja ima razpetino 27,5 m, stranska pa 19,05 in 20,28 m. Vsi konstruktivni elementi, celo stebri višine 18,4 m, so izdelani kot montažni nosilci. Sekundarni nosilci so izdelani v Stalaču. Dela so se začela spomladi 1. 1953 in se sedaj že končujejo.

V Splitu se gradi za ladjedelnico Vicko Krstulović hala z izjemno težko in občutljivo konstrukcijo. Razpetina hale je 32,20 m, razdalja stebrov 20,0 m. Vse konstrukcije so montažne. Dela so se začela v maju 1953 leta in jih sedaj zaključujejo.

V Bijeloh v Kotarskem zalivu se gradi večje število hal razpetine 12,50 m za ladjedelnico.

V Beogradu je dokončan prvi rezervoar iz prejnatega betona. Izdelan je prototip montažnega stebra iz prejnatega betona za daljnovode 110 KV.

V teku je gradnja cevovoda iz prejnatega betona. V preizkusni postaji v Beogradu je že izdelana prva serija železniških pragov iz prejnatega betona. V teku so razna druga dela za stropne in druge konstrukcije.

V tem času je tudi že izdelano veliko število projektov za rezervoarje, mostove in druge konstrukcije v prejnategem betonu.

V Zagrebu že več let deluje tovarna montažnih elementov iz prejnatega betona »JUGOBETON«.

Ves ta napredek v naši državi je tesno povezan z imenom našega priznanega strokovnjaka Ing. Branka Žežlja.

Pojem prejnategosti

Kot že sama beseda pove je prejnategi beton — beton, ki je navet še preden prevzame obremenitev. V tem smislu je treba razumeti besedo »prejnategi«. V dosedani inženirski praksi smo namreč vedno imeli obravka z nosilnimi materiali, ki nimajo notranjih napetosti, če niso obremenjeni. Manjše napetosti v teh materialih je povzročala seveda lastna teža, toda delujoča ravno tako kot obremenitev. Sedaj imamo opravka z materialom, ki ima, čeprav neobremenjen, notranje napetosti in celo zelo velike notranje napetosti. Te napetosti se ostvarjajo na umeten način. Pri tem je možno ostvariti te prejnategosti v betonu, jeklu, lesu ali drugem materialu. V danem primeru bomo govorili samo o prejnategem betonu, ker je v tem materialu prejnategost posebno koristna, glede na popolnoma različne nosilnosti betona v pritisku in v nategu.

Momenti zunanjih sil povzročajo v prerezu nosilnega elementa robne napetosti nasprotnih smeri in predznakov. Na enem robu je pritisk, na drugem pa nateg. Pri železobetonu prevzame pritisk beton, nateg pa armatura, ki začne delovati šele ko beton na tem mestu razpoka, ker sam ne more prevzeti nateznih napetosti. Če se nosilec predhodno napne, tako da se v

tem delu prereza že pred obremenitvijo ustvarijo pritiski, se ti pri obremenitvi zmanjšujejo in se lahko tako izvedejo, da nikoli ne preidejo v nateg.

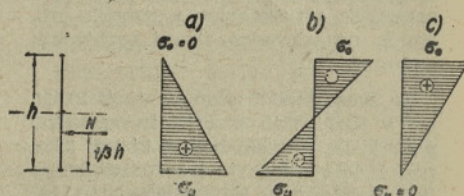
Ze iz tega grobega prikaza je videti, da prejnategi beton nima nič skupnega s železobetonom, čeprav se pri obeh konstrukcijah uporabljajo isti materiali: beton in jeklo. Toda pri železobetonu sta oba ta materiala nosilna elementa, pri prejnategem betonu pa je nosilni element samo beton, jeklo pa samo pomožno sredstvo, s katerim se ostvarja prejnategost t. j. notranji pritisk. Načelno bi bil to lahko tudi kak drug material. Zelo je verjetno, da bomo v kratkem lahko uporabljali tudi druge materiale za prejnateganje, ker imamo že sedaj plastične materiale, ki glede nosilnosti in elastičnosti znatno presegajo možnosti jekla. Toda za sedaj izvajajo prejnateganje le z jeklom.

S prejnateganjem lahko povzročamo v prerezu nosilca različne napetosti. To je odvisno od položaja sile, ki izvršuje notranje napetosti, nasproti težišču oziroma jedru prereza. Pri betonu, kot je že rečeno, je smer prejnategosti vedno pritisk. Če sila deluje v težišču prereza, je ves prerez enakomerno stisnjen. Če je sila v mejah jedra, je prerez stisnjen, toda neenakomerno. Če je pa sila izven jedra je na enem robu prereza pritisk, na drugem pa nateg. Če sedaj obremenimo take prereze z momentom, ki povzroča v prerezu na robovih napetosti različnih predznakov, in s superpozicijo t. j. s sumiranjem napetosti določimo končne napetosti, vidimo da je diagram končnih napetosti bistveno drugačen, kot pa bi bil diagram napetosti v prerezu navadnega t. j. nenapatega nosilca. Na sliki 1 vidimo razčlenjene diagrame napetosti v prerezu nosilca. Diagram a) prikazuje stanje napetosti v prerezu zaradi sile prejnateganja. σ_c je napetost v zgornjem robnem vlaknu. σ_t napetost v spodnjem robnem vlaknu. Napetost na pritisk je označena s +, napetost na nateg pa z -. Diagram b) prikazuje stanje napetosti v prerezu zaradi koristne obremenitve, diagram c) pa stanje končnih napetosti, ki se dobi s superpozicijo diagramov napetosti a) in b).

Iz tega vidimo, da je možno s primernim položajem sile prejnateganja v prerezu in z določeno velikostjo te sile, ustvariti takšno stanje prejnategosti, da nastopajo pri obremenitvi določenim max. momentom zunanjih sil v prerezu samo pritiski. To se posebno ugodno lahko izkoristi pri konstruktivnih elementih, ki so obremenjeni stalno in enakomerno, kot recimo pri strešnih konstrukcijah. Tam se lahko prerez tako prejnateg, da pri maksimalni obremenitvi nastopajo v celem prerezu samo pritiski. Pri konstrukcijah, ki imajo prečno obremenitev, kot na primer pri mostovih, se lahko tolerirajo tudi manjši robni nategi, vendar samo takšni, ki jih beton brez armature lahko s potrebno varnostjo prenese. Lahko se pa prerez ar-

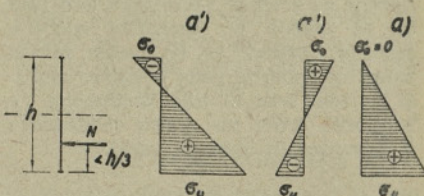
mira tudi z navadno armaturo za prevzem manjših nategov.

Pri tem izvajanju je bil zaradi jasnosti izpuščen vpliv lastne teže. Lastna teža dejansko vpliva na stanje napetosti takoj ko se pričinja s prejnateganjem. Ker sila prejnateganja deluje v spodnjem delu prereza, teži po upogitvi osi nosilca navzgor, privzdigujoč ga v srednjem delu. Istočasno se objavlja vpliv lastne teže, ki teži po upogitvi osi nosilca navzdol. Ta dva vpliva se ne moreta ločiti, ker se pojavljata zmeraj istočasno. Vpliv lastne teže se lahko nevtralizira s tem, da se rezultanta prejnateganja premakne nekoliko niže izven jedra prereza. Pri tem se pojavljajo na zgornjem robu delni nategi, ki pa se istočasno uničujejo pod vplivom lastne teže. Diagram a) stanja napetosti zaradi prejnateganja (sl. 1) se lahko



Slika 1

razčleni na dva diagrame: a) — diagram napetosti zaradi čistega prejnateganja in a1) — diagram napetosti zaradi vpliva lastne teže (sl. 2). Veli-



Slika 2

kost same sile prejnateganja N ostane pri tem dejansko neizpremenjena. Ena izmed prednosti prejnatega betona je v tem, da se vpliv lastne teže izključuje že s samim načinom prejnateganja (premaknitvijo rezultante prejnategosti navzdol). Vsekakor velja to le do določene meje, ki se postavlja v razmerju lastne teže in koristne obremenitve in sicer za razmerje $g = 0,7 p$. Če upoštevamo, da je pri navadnem železobetonu beton izkoriščen samo 1/5 do 1/3 višine prereza t. j. samo nad nevtrajno osjo, in da je ves ostali del prereza betona celo škodljiv za konstrukcijo, ki zvišuje lastno težo konstrukcije, potem lahko takoj vidimo da nudi prejnategi beton znatno boljše možnosti za izkoriščenje prereza in s tem dopušča seveda izvedbe znatno lažjih konstrukcij. Podrobneje o prednostih prejnatega betona bomo govorili še kasneje.

Najprej bi se zadržal nekoliko pri načinih, kako se praktično ostvarjajo te prejnabetosti v nosilcih, ki so, kot smo videli, tako koristne za statično funkcijo nosilca.

Načini prejnabetovanja.

V glavnem imamo dva glavna načina za prejnabetovanje nosilnih konstrukcij:

Prvi je tako imenovani Hoyerjev način, kjer se notranji pritiski v betonu ostvarjajo z adhezijo jeklenih žic, ki so v betonu zabetonirane potem, ko so bile predhodno napete.

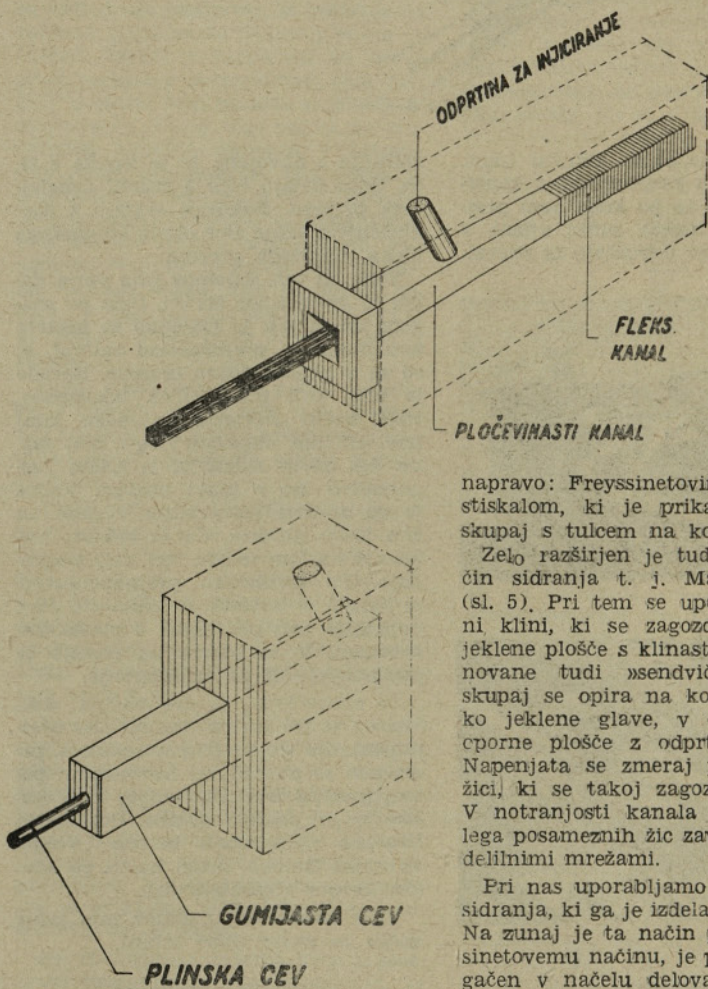
Druga pa lahko imenujemo Freyssinetov način, kjer se prejnabetost ostvarja s sidranjem prejnabetovanih žic na koncih nosilcev. Oglejmo si ta dva načina prejnabetovanja bolj natančno.

Hoyerjev beton je nekdo duhovito imenoval beton armiran s klavirskimi žicami. Ta asociacija je dejansko zelo umestna. Vemo da se v klavirju žice najprej na enem koncu fiksno pritrdijo, potem pa na drugem koncu s ključi zategnejo — napnejo. Ravno tako se vrši prvi del postopka pri Hoyerjevem prejnabetovanju betonu. Sprva se v določenih medsebojnih razdaljah v horizontalni smeri nategnejo žice. Razdalja žic in njihov prečni premer je določen s predhodnim statičnim računom. Žice so precej tanke navadno 2,5 mm premera, ker imajo tanke žice večjo nosilnost in se prejnabetovanje lahko izvrši z relativno manjšo silo, kot bi bila sicer potrebna za večje prezeze. Velikost prejnabetovanih žic se mora natanko kontrolirati in paziti da ta napetost ne preseže meje elastičnosti. Upoštevati se mora znani deformacijski diagram jekla, ki pa mora ustrezati lastnostim zadevnega materiala. Samo napetosti, ki ne segajo preko meje elastičnosti, povzročajo take deformacije, ki po prenehanju obremenitve praktično popolnoma izginejo. To pomeni, da se jeklo, napeto do meje elastičnosti sicer deformira (raztegne), toda po povstitvi napetosti se ponovno skrči na prvotno dolžino. (Dejansko ostanejo trajne deformacije v višini 0,2%). Ravno ta lastnost jekla je sredstvo s katerim se ostvarja prejnabetost. Ko so žice namreč napete do potrebne meje, se te žice zabetonirajo v opažu, ki daje nosilcu določen premer, pri strditvi se beton prima teh še vedno napetih žic, na njih periferiji. Če sedaj te žice na koncih sprostim (prerežemo), teži jeklo, ki je napeto samo do meje elastičnosti, za tem, da se takoj skrči do svoje prvotne dolžine. To mu onemogoča beton, ki se je že strdil na celi dolžini žic. Pri tem nastopajo v betonu pritiski, ki jih te žice z adhezijo prenašajo na betonsko maso, ker jim ta ne dovoljuje, da bi se skrčile nazaj v svoje prvotno stanje. Tako se ostvarja prejnabetost. Pri tem je važno, kot je že rečeno, da se žice ne napnejo preko meje elastičnosti. Če jih namreč napnemo preko te meje, nastopajo v jeklu trajne deformacije, ki ostanejo tudi potem,

ko se obremenitev odstrani. Tako deformirane žice seveda ne morejo več povzročiti prejnabetovanja.

Drugi način prejnabetovanja ki ga lahko imenujemo Freyssinet-ov način, po znanem francoskem inženirju, ki ga smatrajo za dejanskega izumitelja prejnabetega betona, je povsem drugačen. Pri tem načinu se nosilec najprej zabetonira, žice s katerimi se bo kasneje izvršilo prejnabetovanje, so pa položene v kanalu, ki je izoliran od betonske mase. To je lahko gumijasti kabel, ki se pozneje potegne ven ali pa gibka cev kot jo imajo sesalci za prah, ki se običajno pusti v betonu.

niso več pravilno izvrševali svoje naloge. Na sl. 4 je prikazan eden izmed najbolj znanih načinov sidranja želez pri tem načinu prejnabetovanja — sistem Freyssinet-a. Sidranje se vrši z znanim Freyssinet-ovim klinom, ki ima obliko stožca z utori, v katere se usmerjajo žice, ki se prejnabetujejo. Pri tem se lahko istočasno napneja 8, 10, 12 ali 18 žic premera 5 m/m. Ta klin se zagodzi v železobetonski tulec valjčaste oblike, ki je izdelan tovarniško z močno spiralno armaturo iz visokovrednega jekla. Ves postopek: naprej prejnabetovanje žic in potem zagozditev klina se vrši z eno samo



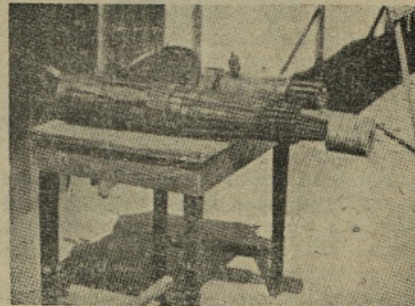
Slika 3

(sl. 3). Žice so navadno močnejše kot pri Hoyerjevem betonu in imajo običajno 5 m/m premera. Na koncih nosilca so žice vpete v posebno jekleno glavo. Ko se beton dovolj strdi se pričneja s prejnabetovanjem. Načinov kako se to prejnabetovanje izvršuje in konstrukcij glav imamo sedaj že nešteto. Vsako podjetje, ki gradi v prejnabetem betonu, skuša najti svojo izvedbo, ker so licence na tuje patente precej drage. To iskanje novih načinov je v Nemčiji zašlo že tako daleč, da je morala vmes poseči gradbena inšpekcija, ker določeni načini, ki so bili izdelani samo zato, da bi bili novi,

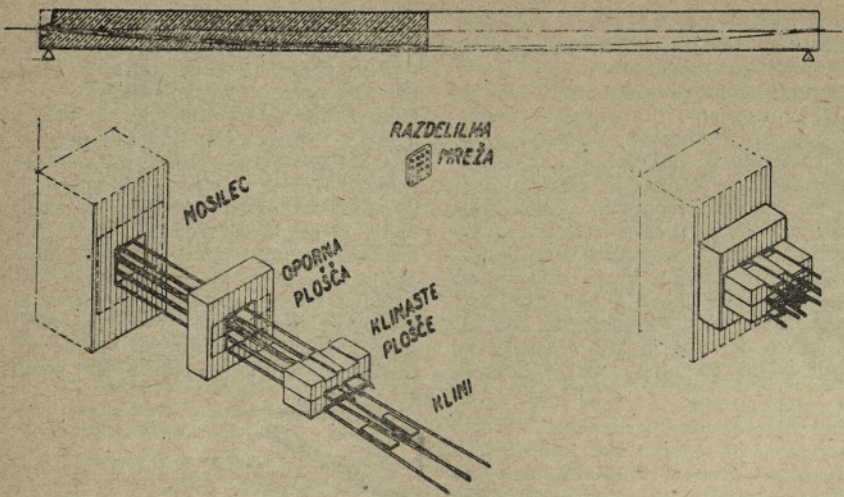
napravo: Freyssinetovim hidravličnim stiskalom, ki je prikazano na sliki skupaj s tulcem na koncu.

Zelo razširjen je tudi Belgijski način sidranja t. j. Magnel-ov način (sl. 5). Pri tem se uporabljajo jeklene klini, ki se zagozdijo v posebno jeklene plošče s klinastimi utori (imenuvane tudi »sendvič-plošče«). Vse skupaj se opira na konstrukcijo preko jeklene glave, v obliki masivne črne plošče z odprtino v sredini. Napenjata se zmeraj po dve in dve žici, ki se takoj zagozdita s klinom. V notranjosti kanala je medsebojna lega posameznih žic zavarovana z razdelilnimi mrežami.

Pri nas uporabljamo poseben način sidranja, ki ga je izdelal ing. B. Zeželj. Na zunan je ta način podoben Freyssinetovemu načinu, je pa povsem drugačen v načelu delovanja. Prejnabetovanje se vrši v snopih, ki imajo od 2 do 6 žic, s hidravlično stiskalnico, ki se pri tem opira na beton (sl. 6).



Slika 4



Slika 5

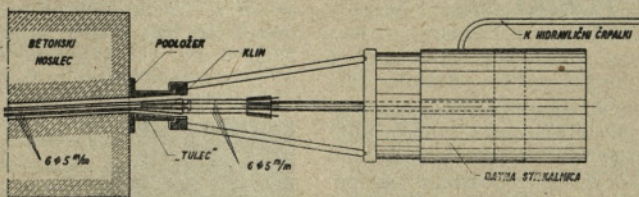
Zice so speljane skozi konični tulec. Zice so v tulcu razporejene s koničnim klinom, ki se po končanem prejnapanjanju, z nekaj sunki vtisne v tulec. Ko se žice popuščajo iz stiskal-

sidranja z navojem, ki se zareže v žico. Zato delajo tam z žicami debelejšega prereza. Nekateri sidrajo z zaokroženjem kraja žice okrog betonskega bloka manjšega prereza.

Vsak od teh sistemov ima svoje dobre in svoje slabe strani, toda po vsakem izmed teh je izdelano že nešteto konstrukcij v prejnepetem betonu, ki so se v praksi dobro obnesle. Seveda je bilo tudi posameznih neuspehov, toda način sidranja je redko kdaj imel pri tem odločilno vlogo. Bojč važno kot način sidranja, je način razporeditve žic v glavi nosilca. Važno je da se žice razporedijo v glavi na čim večjo ploskev, da se lokalne napetosti na tem mestu čim bolj zmanjšajo. Po izvršenem prejnapanjanju se kanali, v katerih se nahajajo žice, napolnijo pod pritiskom, s plastičnim betonom. V ta namen se pustijo še posebni kanali za injektiranje.

Če primerjamo ta dva načina, vidimo, da se pri prvem najprej vrši prejnapanjanje žic in potem betonira, pri drugem se pa najprej betonira in potem prejnapanja. Dischinger dela razlike že pri samem nazivu. Prvi način imenuje »prejnepeti beton« (Vorgespannter Beton), drugi način pa »napeti beton« (Spannbeton).

Vsak izmed teh načinov ima svoje dobre in svoje slabe strani.



Slika 6

nice, le-te potiskajo zaradi težnje po skrajšanju same klin v tulec in se s trenjem popolnoma zagozdijo v tulcu. Tulci in klini jugoslovanskega tipa, so prikazani na sl. 7.

Švicarji uporabljajo sistem zasidranja z ojačitvijo žic na koncih. V Nemčiji in Angliji uporabljajo način

Prvi način je dober predvsem za tovarniško izdelavo, kjer se lahko na ta način izdeluje več elementov hkrati. Zice se lahko napnejo v dolžini 60 — 100 m. Lahko se izdelujejo nosilci z medsebojnimi presledki, tako da se žice prerežejo (presledki ca. 25 cm). Lahko se pa zabetonirajo v celi

dolžini in se potem žagajo kot les s specialnimi žagami. Po tem žaganju je potrebna še naknadna pritrditev žic, ki pa je precej enostavna. Pri tovarniški izdelavi konstrukcij je možno doseči znatno boljšo kvaliteto in je lažje priučiti delavce k temu načinu dela, ker ostane delovni kader stalno pri istem delu. Nadaljnja prednost teh konstrukcij je polna homogenost prereza in statično sodelovanje obeh materialov, tako da se prerez žic lahko upošteva v idealnem prerezu, seveda pomnožen z ustreznim koeficientom.

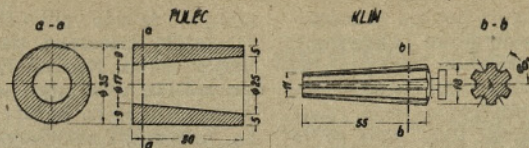
Pomanjkljivosti so predvsem v tem, da je treba zaradi ekonomičnosti dela take nosilne elemente, izdelane v prefabrikaciji, obremeniti s prejnapestjo že 3—4 dni po izvršenem betoniranju. Pozneje bo navedeno, da je predčasno prejnapanjanje betona zelo neugodno zaradi poznejšega padca prejnapestosti. Nadaljnji nedostatek je v tem, da so zaradi transportnih težav elementi dolžine več kot 8—10 m neracionalni. Iz konstruktivnega stališča je ta način pomanjkljiv, ker se žice napenjaio v premii in je s tem rezultanta sil prejnapanjanja vedno v istem položaju v vseh prerezih nosilca, ter se s tem ne morejo velikosti predhodnih napetosti menjati od prereza do prereza kakor zahteva potek momentne linije.

Pri izdelavi prekratkih nosilnih elementov po tem sistemu se lahko pojavijo zdrsnitev žic, s čimer se seveda prejnapestost popolnoma uniči. Pri tem načinu je ta pojav najbolj nevaren. Toda možno se je zavarovati pred tem pojavom z uporabo žic posebnih prerezov (zelo dobro se je po švicarskih podatkih obnesel zviti kvadratni prerez) ali pa na način, ki ga predlaga ing. Zeželi s tem da po izvršenem prejnapanjanju 2—3 žice skupaj prepletejo. Pri Tovarni montažnih elementov v Stalaču je bilo opazovano več kot 5.000 elementov in ker je bil ta način uporabljen, ni nikjer nastopila zdrsnitev žic.

Drugi način ima prednost predvsem v tem da je možno začeti s prejnapanjanjem šele tedaj, ko je beton že dovolj strnjen, kar je izredno važno za hranitev prejnapanjanja. Nadalje se s tem lahko izključi en del izgube napetosti zaradi krčenja betona, ker se beton prejnape šele potem, ko je en del krčenja že izvršen. Prednost je tudi v tem, da je možno položaj žic prilagoditi poteku momentov in s tem ugodnejše izrabiti možnosti prejnapanjanja.

Pomanjkljivost tega načina je predvsem v precejšnji kompliciranosti same izvedbe, ker se mora zelo paziti, da žice ne stopijo v kontakt z betonom.

Pri vseh večjih konstrukcijah, posebno pri mostovih, uporabljajo v glavnem ta drugi način. Sicer pa nudi smiselna kombinacija obeh načinov, prvega za manjše montažne elemente in drugega za nosilne konstrukcije večjih razpetin pogosto najboljšo rešitev.



Slika 7

To so bile v kratkem osnovna načela prejnatega betona, »prejnape-njanja« in načinov, kako se izvršuje prejnape-njanje praktično.

Padec prejnategosti

Verjetno bo skoraj vsak gradbenik takoj na to postavil vprašanje, če to prejnape-njanje dejansko tudi ostane v prejnategem nosilcu. S tem v resnici posegamo v najbolj delikaten problem prejnatega betona: padec napetosti v prejnategem betonu je pojav, ki je praktično popolnoma dognan. Znani so vzroki, zaradi katerih nastopajo ti padci; na več tisoč primerih so že opa-zovali potek teh padcev in so določili meje, do katerih lahko prejnategost pade v odvisnosti od kvalitete materiala, obtežbe in starosti konstrukcije. Vse te okolnosti se upoštevajo že pri dimenzioniranju konstrukcij.

Na padec prejnategosti vplivajo predvsem naslednji trije pojavi:

1. krčenje betona (Schwinden, skupljanje)
2. plastičnost, polzenje betona (Kriechen, tečenje)
3. plastične deformacije armature.

Krčenje je pojav, ki nastopa ko se beton strjuje preprosto rečeno suši. Pri »sušenju« se beton nekoliko skrajša, enako kot drugi materiali. To skrajšanje, ki je lahko tudi 1 mm na 10 m dolžine, povzroča v betonski masi notranje natezne napetosti. To je tudi razumljivo, če upoštevamo, da vleče zaradi skrajšanja sleherni element betonske mase za seboj sosedne elemente, kar potem povzroča natezne napetosti v vsej masi. Porast teh napetosti je največji v začetku strditve betona, pozneje pa dosežejo te natezne napetosti praktično konstantno vrednost. Krčenje se navadno pri dimenzioniranju upošteva podobno kot padec temperature, ker povzroča padec σ skrajšanje slehernega elementa betona in s tem tudi natezne napetosti. Natezne napetosti pa zmanjšujejo prejnategost, ki je zmeraj pritisk. Krčenje je že dobro znan pojav in se zmeraj upošteva pri računu statično nedoločenih konstrukcij. Vpliv krčenja na zmanjšanje napetosti je relativno majhen.

Bolj resen pojav je plastičnost. Ta pojav se je začel detajlneje proučevati šele pred drugo svetovno vojno. Dawis in Glanville sta dala zelo izčrpne podatke o tem pojavu. Sam pojav je podoben krčenju. Torej beton se skrajšuje in se s tem pojavljajo natezne napetosti. Le vzroki so različni. Krčenje se pojavlja kot posledica kemično-fizikalnih vplivov na beton, ki se »suši«. Plastičnost se pa pojavlja kot posledica obremenitve betona. Beton se kakor delno tudi drugi materiali, ne

obnaša popolnoma elastično pri obremenitvi t. j. deformacije, ki jih povzroča obremenitev ne zginejo popolnoma ko obremenitev preneha, temveč jih nekaj le ostane. V stisnjeni coni na primer ostane beton zaradi obremenitve nekoliko stisnjen, kar povzroča v celotni masi natezne napetosti. Sicer so tudi druge okolnosti, ki vplivajo na velikost plastičnosti. Najbolj važna je starost betona v momentu ko beton prvič prevzame obremenitev. Čim bolj star je beton, tem manjše so plastične deformacije. Poleg tega vpliva na plastičnost količina cementa v betonu. Čim manj je cementa, tem večja je plastičnost. V tem oziru je pri krčenju obraten pojav. Gostota in dobra kvaliteta betona znatno zmanjšujeta plastičnost. Nadalje je važna tudi relativna vlažnost zraka, kjer se objekt nahaja. V vlažnem klimatskem območju so pojavi plastičnosti manjši kot v suhem.

Vpliv plastičnosti na padec napetosti je največji izmed vseh treh omenjenih pojavov. Skupaj s krčenjem znaša lahko padec napetosti zaradi plastičnosti do 25 %.

Tretji pojav je plastična deformacija armature. Ta se pojavlja predvsem pri Hoyerjevem betonu. Nastopi, ker tudi deformacije armature niso povsem elastične. En del deformacij je plastičen in torej trajen s čimer se seveda zgublja prejnategost. Ta vpliv je relativno majhen in zmanjšuje prejnategost za 2–3 %.

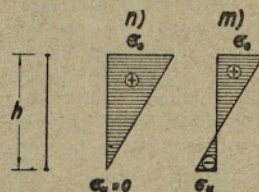
Vsi zgoraj naštetih vplivi se lahko odstranijo pri Freyssinetovem načinu prejnape-njanja s tem, da se po določenem času izvrši še naknadno prejnape-njanje. Dischinger pravi, da je treba to naknadno prejnape-njanje ponoviti dvakrat in če se drugič nekoliko več prejnape, kot je računsko predvideno, se praktično lahko popolnoma odstranijo vsi ti vplivi.

Pri Hoyerjevem betonu, kjer ni možnosti naknadnega prejnape-njanja, se morajo vsi ti vplivi upoštevati pri dimenzioniranju prereza. Za to nudijo nemška in švicarska navodila natančne podatke. Padec prejnategosti pri tem betonu se po švicarskih podatkih praktično konča po dveh letih.

Poleg teh glavnih faktorjev, ki vplivajo na padec prejnategosti, imamo še naslednje manj pomembne vplive: pri Hoyerjevem betonu vpliv elastičnega skrajšanja konstrukcije, pri Freyssinetovem pa vpliv izgube prejnategosti žic pri sidranju (kar je odvisno od načina sidranja) in vpliv trenja v parabolično zakrivljenem kablju v nosilcu, ki nastopa na notranji strani krivine. Toda ti vplivi, posebno pri znanih in preizkušanih načinih sidranj, vplivajo zelo malo na padec prejnategosti.

Varnost prejnategih konstrukcij

Prejnatega konstrukcije nudijo možnost novega načina določanja varnosti konstrukcije. Pri navadni armirano betonski konstrukciji je varnost določena v koeficientu, s katerim delimo trdnost materiala, da bi dobili dopustno napetost. Ta pojem varnosti velja pri prejnategem betonu samo za stisnjeni del konstrukcije. Pri tegnjem delu, ki je za varnost konstrukcije merodajen, ker povzroča drobljenje betona stisnjenemu delu prereza praktično redkokdaj porušitev konstrukcije, če ni predhodno tudi tegnjeni del že porušen, se uporablja drugačen kriterij varnosti. Varnost tegnjenege dela se lahko določi z obremenitvijo, katero lahko tegnjeni del prenese. Če se namreč obremenitev poveča preko računске meje, se pojavijo v spodnjem delu nategi. Na sl. 8 je prikazano sta-



Slika 8

nje napetosti v prerezu za predvideno maksimalno obremenitev diagrama n), in za prekorečno obremenitev diagrama m). Če je σ_u v mejah nosilnosti betona na nateg, se ne pojavljajo na tem mestu še nobene razpoke ter se na zunaj še ne da ugotoviti, da je konstrukcija preobremenjena. Če obremenimo konstrukcijo še bolj, se napetost na nateg poveča preko dopustne meje in se pojavijo razpoke. Toda kakor hitro se ta obremenitev odstrani, se napetosti v prerezu vrnejo v prvotno stanje. To pomeni, da konstrukcija, kljub preobremenitvi ni izgubila ničesar na svoji nosilnosti. Šele pri znatnem prekoračenju obremenitve nastanejo v spodnji coni take plastične deformacije, ki vplivajo na nosilnost konstrukcije. Pri nadaljnjem povečanju obremenitve lahko nastane tudi porušitev konstrukcije, ker so natezne napetosti v tegnjeni coni zunaj večje, tako da stisnjeni del prereza ne zadošča več za prevzem obremenitve. Nastanek razpok v tegnjeni coni je lahko posledica ne samo preobremenitve, temveč ravno tako posledica nepredvidenega padca prejnategosti, zaradi kakršnih koli notranjih okvar v konstrukciji.

Kot smo videli ima prejnatega konstrukcija posebno značilnost, da sama opozarja na zmanjšanje nosilnosti, oziroma na prekoračenje obremenitve, ne da bi pri tem v prvi fazi kaj izgubljala na svoji nosilnosti. Razpoke v tegnjeni coni, ki se pojavljajo samo pod največjo obremenitvijo, so kot nekaka signalna naprava konstrukcije, ki opozarja na preobremenitve. Pri nadaljnjih preobremenitvah se pojavljajo še trajne razpoke in seveda trajni povse konstrukcije, kar še vedno

opozarja nekaj časa, da je konstrukcija v nevarnosti, preden pride do porušitve.

Varnost prejnapeete konstrukcije je torej določena na podlagi velikosti obremenitve, ki je potrebna za nastanek razpok oziroma, ki je potrebna za porušitev. Obremenitev oziroma moment, ki povzroča razpoke, povzroča v betonu natezne napetosti, ki jih sam beton ne more prevzemati. Sodijo, da gre tu za napetosti v višini 1/10 napetosti na pritisk (nekateri priporočajo celo do 80 kg/cm².) Moment, ki povzroča take natezne napetosti mora biti najmanj 1,15 večji od maksimalnega momenta za celotno koristno in lastno obremenitev. Moment porušitve pa navadno 2,0 krat večji od tega momenta. Natančnih predpisov glede tega še ni in so to samo orientacijske vrednosti.

Kvalitete materialov

Sedaj še nekaj o materialih, ki so potrebni za prejnepeti beton. Kot je bilo omenjeno zahteva prejnepeti beton materiale visoke kvalitete, tako beton kot jeklo. Samo pri takih materialih se namreč padec napetosti giblje v dopustnih mejah. Tudi samo z velikimi dopustnimi robnimi napetostmi postaja prejnepeti beton občutno ekonomičen. Posebno za Hoyerjev beton, kjer ni možno izvršiti naknadno prejnepenjanje, je potrebno uporabljati beton visoke kvalitete. Švicarska navodila zahtevajo za ta beton marko MB 600, da bi se lahko izrabila robna napetost na pritisk do 200 kg/mm². Za Freyssinetov beton, kjer je možno izvršiti naknadno prejnepenjanje, se lahko zadovoljimo z MB 400 — MB 450. (Količina cementa navadno ni večja od 400 kg/m³.) To so za naše prilike precej visoke marke. Že MB 300 predstavlja za naše pojme težko dosegljivo kvaliteto. Toda to samo kaže na zaostalost naše tehnike izdelave betona, ki ji moramo posvetiti večjo pozornost. Pri prejnepetem betonu se od gradbenega podjetja zahteva najkvalitetnejše delo, ki se lahko primerja z delom v tovarni. Kvaliteta sestavin in način graditve morata biti pod nadzorjo kontrolo. Ves čas gradnje je treba beton dobro in pravilno vibrirati (ne razmešati), vodocementni faktor mora biti minimalen. Seveda morajo biti dobre sestavine in dober cement. Na gradbišču v Sisku je zagrebško podjetje »TEHNIKA« doseglo pri prejnepetem betonu MB 450 — MB 600. V Institutu za preiskavo materiala v Beogradu so preizkusili že kocke, ki so izkazale MB 800 in več. Mislim da obstojijo tudi pri nas pogoji za doseg MB 450, ki bi za prejnepeti beton popolnoma zadostovala. V izjemnih primerih bi se lahko zadovoljili z MB 350.

Tudi jeklo za prejnepenjanje mora biti visoko kvalitetno. Samo tako jeklo ne izgublja preveč na prejnepetosti.

Pri Hoyerjevem betonu se navadno uporablja žica Ø 2,5 mm s trdnostjo 180 kg/mm², z mejo elastičnosti 150 kg/mm², ki se izrablja navadno do 125—130 kg/mm².

Pri Freyssinetovem betonu se običajno uporablja jeklo marke 140 kg/mm², ki ima mejo elastičnosti 120 kg/m², in se izkorišča s 100 kg/mm² (10.000/cm²).

Dosedaj smo bili glede jekla navezani samo na uvoz, toda letos se je pričela proizvodnja žice gornje kvalitete tudi na Jesenicah.

S tem bi bili v glavnem nakazani principi in bistvene značilnosti prejnepetega betona. Potrebno je še povedati kakšne prednosti nudi prejnepeti beton.

Prednosti prejnepetega betona

Prednosti prejnepetega betona so zelo velike. Prejnepeti beton je popolnoma elastičen material, ki tudi pri maksimalnih obremenitvah ne kaže razpok, medtem ko je navadni železobetonev v tegneni coni razpokan. To smotrnejše izkoriščanje betona kot materiala, dopušča znatno znižanje prereza in teže nosilcev ter proporcionalno povečanje razpetine.

Prejnepeti beton nudi velike možnosti uporabe montažnih prejnepetih elementov, ki se s prejnepenjanjem lahko sestavljajo v enotne nosilne konstrukcije. Pri prejnepetih konstrukcijah se lahko prihrani veliko lesa za opaže in odre.

Glavna prednost prejnepetega betona je pa v prihranku bistvenih materialov.

Curzon Dobeli navaja, da se pri uporabi prejnepetega betona pri mostovih dosežejo naslednji prihranki: 40%—60% pri betonu in 60 do 80% pri jeklu. Samo pri mostu Tampa Bay v Floridi je bil z uporabo prejnepetega betona dosežen prihranek 150.000 dolarjev, čeprav sta projekt in preiskava pri tem načinu stala 70.000 dolarjev več. Tehnika izgradnje v prejnepetem betonu je zelo napredovala. V zadnjih 3 letih je bila v ZDA zmanjšana poraba delovnega časa od 150 na 30 delovnih ur na tona prejnepetega jekla. Ves razvoj gradnje v inozemstvu kaže, da je prejnepeti beton material bodočnosti, ki bo izpodrinil armirani beton pri mnogih večjih objektih.

Projektiranje prejnepetega betona

Projektiranje objektov v prejnepetem betonu, ravno tako kot izvedba, zahteva precizno in natančno delo. Statični del projekta ostane pri tem v glavnem isti kot prej, pri statično določenih sistemih. Pri statično nedoločenih sistemih (posebno pri okvirjih), se morajo upoštevati še naknadni statični vplivi zaradi sil prejnepenjanja. Toda dimenzioniranje prerezo je pri prejnepetem betonu bolj komplicirano. Prereze betona in žic dobimo šele s postopno aproksimacijo. Obenem moramo upoštevati tudi vse že omenjene pojave v zvezi s padcem napetosti.

Glavne napetosti v posameznih pre-rezih je treba računati po znani formuli:

$$\sigma = \frac{1}{2}(\sigma_x + \sigma_y) \pm \sqrt{(\sigma_x - \sigma_y)^2 + 4\tau^2}$$

Dosedaj še ni na svetu natančnih predpisov za projektiranje in gradnjo prejnepetih konstrukcij, čeprav je

zgrajeno že zelo veliko število objektov. Obstajajo švicarska navodila za Hoyerjev beton. Nemški DIN 4227, ki je bil izdelan v osnutku leta 1950, je že zastarel in se ne bo uveljavljal, ker se bo nadomestil z novim predpisom.* Pri izdelavi konstrukcij iz prejnepetega betona leži vsa odgovornost na projektantu in izvajalcu. Samo z ozko povezavo in tesnim sodelovanjem obeh teh činiteljev je možno doseči uspešne rezultate. Za zelo koristno se je pri vseh gradnjah v prejnepetem betonu izkazalo tudi ozko sodelovanju z Zavodom za raziskavo materiala in konstrukcij.

Glede literature bi lahko upoštevali naslednje. Pri nas je ostala skoraj neopazena knjiga: »Predhodno napregnuti beton«, ki je izšla že leta 1951. Ta knjiga, ki sta jo napisala švicarja Ritter in Lardy in je pri nas predstavljena, čeprav ima samo 82 strani, je ena izmed najboljših publikacij s tega področja v svetu. Kakor pravi L'Hermite še celo Francija nima takšne publikacije. Nadalje bi opozoril na izredno dobro publikacijo Inštituta za raziskavo materiala in konstrukcij, Beograd števil. 9 Ing. Branko Zeželj — »Prednapeti beton«. DGIT v Ljubljani dobiva v zamenjavo za »Gradbeni vestnik« vedno 41 najboljših strokovnih revij, ki so vsakomur na razpolago. V teh revijah imam zelo veliko materiala o prejnepetem betonu.

*Novi DIN 4227 je med tem časom že izšel.

LITERATURA

Ing. Zeželj Branko: Prednapeti beton« 1951.

Ing. Zeželj Branko: »Neka rasmatranja i iskustva iz prvih gradnji u prednapregnutom betonu«. Referat na I. kongresu konstruktorjev Zagreb 1953.

Ing. Zeželj Branko: »Gradjenje industrijskih hala u prednapregnutom betonu«. Referat na I. kongresu konstruktorjev Zagreb 1953.

Dr. M. Ritter & Dr. P. Lardy: »Le béton précontraint«. 1945

Dr. Ing. F. Dischinger: Massivbau

Dr. Ing. F. Schleicher: Taschenbuch für Bauingenieure 1943.

Curzon Dobell: Prestressed Concrete in Highway Bridges and Pavements.

Highway Research Board: Proceedings 1953.

Annales de L'institut Technique: BTP Juin 1953.

Annales de L'institut Technique: BTP Juillet-Août 1953.

Dr. Ing. K. Ingenberg: Strassenbrücken.

William H. Quink: Bridging 15 Mile Wide Tampa Bay.

»Contractors and Engineers« April 1953.

Udarni drobilci „IZ“ v gradbeništvu

Udarni drobilci »IZ« Strojnih tovarn v Trbovljah se uporabljajo za drobljenje kateregakoli materiala (kamen, opeka, eruptiva, premog, granit, porfir itd.).

drobljenje pod enim milimetrom, pa do sedaj še nimamo zadovoljivih rezultatov.

Pri udarnih drobilcih se velik del energije rotorja spremeni v drobilno

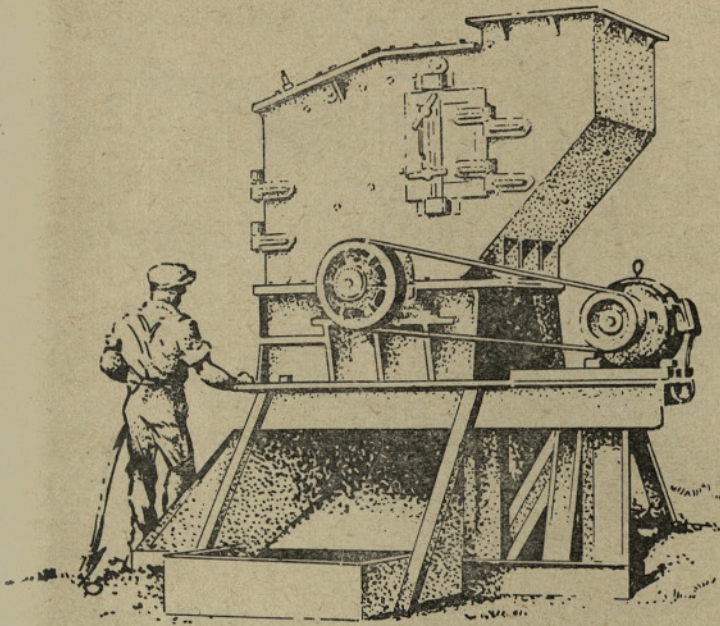
delo. Posamezni kosi dobe kinetično energijo, ki se pri odboju spremeni v drobilno de.o. Izkoristi vse hi-be materiala zaradi slabe vezave, pri-rodnih razpok, notranjih ali tekton-skih napetosti. Ostali tipi drobilcev ali mlinov morajo pri drobljenju ali mletju premagovati statično trdnost materiala, kar pomeni veliko izgube na energiji. Prav nasprotno pa je iz-raba energije pri centrifugalnem dro-bljenju z udarnimi drobilci povprečno izredno velika.

Princip drobljenja: Pri vseh do se-daj znanih drobilcih se je drobljeni material stiskal med ploščami, valji ali pa se je drobil z udarci kladiv. Tu se je drobljeni material statično obremenjeval.

Udarni drobilci pa izkoriščajo kine-tično energijo kosov, ki jo dobijo od rotorja po zakonu $\frac{mv^2}{2}$. Po tem zakonu sledi, da je učinek drobljenja večji, čim večja je masa materiala. Za drobljenje specifično lažjih materia-lov mora imeti rotor večjo tiražo. Mak-simalni učinek drobljenja dosežemo v regulaciji obratov rotorja.

Pri udarnih drobilcih IZ— meče rotor z brzino 20 — 40 m/sec kose materiala v mirno stoječo pregrado ali pa se posamezni kosi drobe med seboj z odbojem.

Pri udarcu v steno ali med seboj se material drobi na mestih, kjer so prirodne razpoke ali mesta slabe veza-ve. Udarni drobilci izkoriščajo izrazito

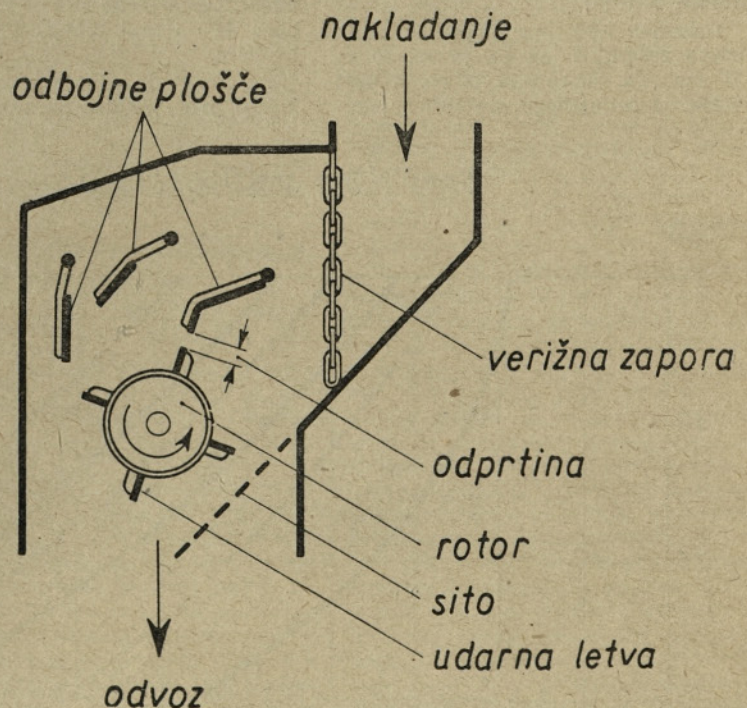


Strojna tovarna v Trbovljah izdelu-je do sedaj tri tipe drobilcev IZ— in to: IZ—I kapacitete 8 — 15 t/h, IZ—II kapacitete 15—25 t/h in IZ—III kapaci-tete 25—50 t/h.

Shema drobilca je sledeča:

DroBILEC ima rotor, na čigar obodu so pritrjene udarne letve in sicer dve do osem po številu. Širina rotorja znaša 250 mm — 1.500 mm, premer rotorja 600 mm — 1.600 mm. Udarne plošče, ki so na zgornji strani rotorja, lahko od primera do primera odmak-nemo za določeno režo, ki je glede na material različna. Te udarne plo-šče so elastično obešene, tako da lah-ko obvarujemo mlin pred eventualnimi poškodbami, ki jih povzročijo kaki železni kosi, les ali podobno.

Kljub temu, da se v literaturi cen-trifugalno drobljenje malo omenja, pa v praksi udarni drobilci že na vseh področjih izpodrivajo ostale drobilce. Doslej uporabljajo drobilce v glav-nem za grobo in srednje drob-ljenje. Za fino drobljenje, to je za



dinamične trdnosti materiala, ki so veliko manjše od statičnih ali strižnih trdnosti.

Udarni drobilci drobe material v kubičnih oblikah. Analize so pokazale, da daje udarni drobilec največjo, količino idealnih oblik.

Storilnost udarnih drobilcev zavisi od: brzine rotorja, števila udarnih letov, od rege med rotorjem in odbojno zaveso, jakosti motorja in fizikalnih lastnosti materiala. Jakost drobljenja raste z obodno hitrostjo rotorja, pri čemer se poveča tudi stopnja drobljenja. Pod stopnjo drobljenja razumemo razmerje med velikostjo dodanega materiala proti srednji velikosti zdrobljenega materiala.

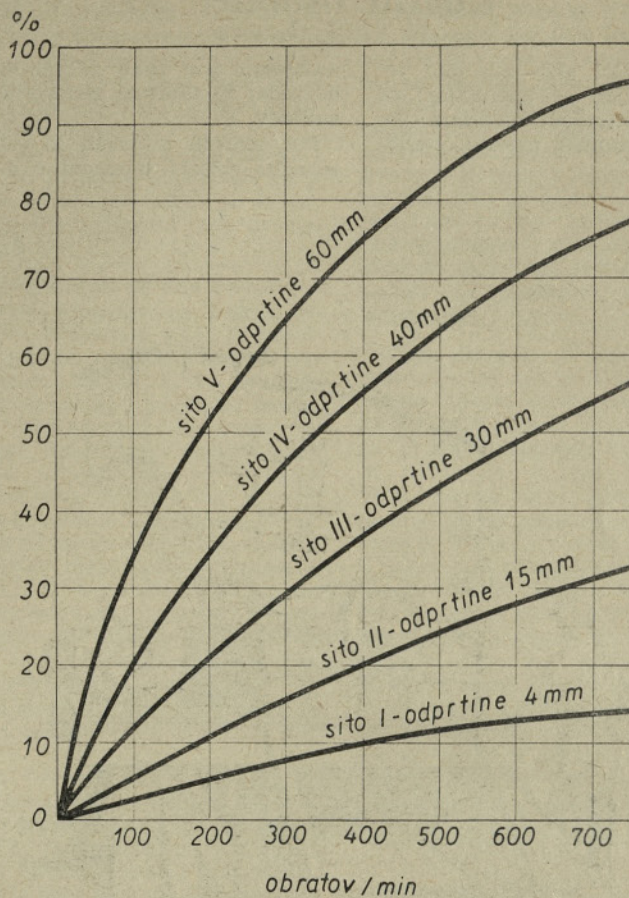
Velik vpliv na kapaciteto in stopnjo drobljenja ima rega med rotorjem in zaveso. Čim večja je rega, tem večja je kapaciteta in grobejša granulacija. Z velikostjo rege določimo maksimalno velikost zdrobljenega materiala. Količina dodajanja pri udarnih drobilcih ne igra važne vloge. V primeru, da dobi naenkrat večjo količino materiala, porabi ta moment več energije. Zaradi tega morajo biti motorji primerno predimenzionirani.

Jakost motorja je odvisna od obratov rotorja. Da dobimo večjo stopnjo drobljenja, potrebujemo večje število obratov rotorja in s tem v zvezi jačji motor. S padajočim številom obratov občutno pada stopnja drobljenja.

Uporaba udarnih drobilcev: Za grobo in srednje drobljenje so v glavnem pripravljeni veliki udarni drobilci. Veliki udarni drobilci imajo vhodno odprtino do 1.270×1.270 (New Holland mill 5050) ali pa 1300×1620 (Hazemag AP5). Ti drobilci imajo dokaj nizke obrate rotorja.

Hazemag AP5 ima povprečno kapaciteto 200 t/h, težak pa je ca. 20 — 25 ton. Ta kapaciteta je ca. 4 krat večja od čeljustnega drobilca z odpr-

Razpored frakcij za razne hitrosti



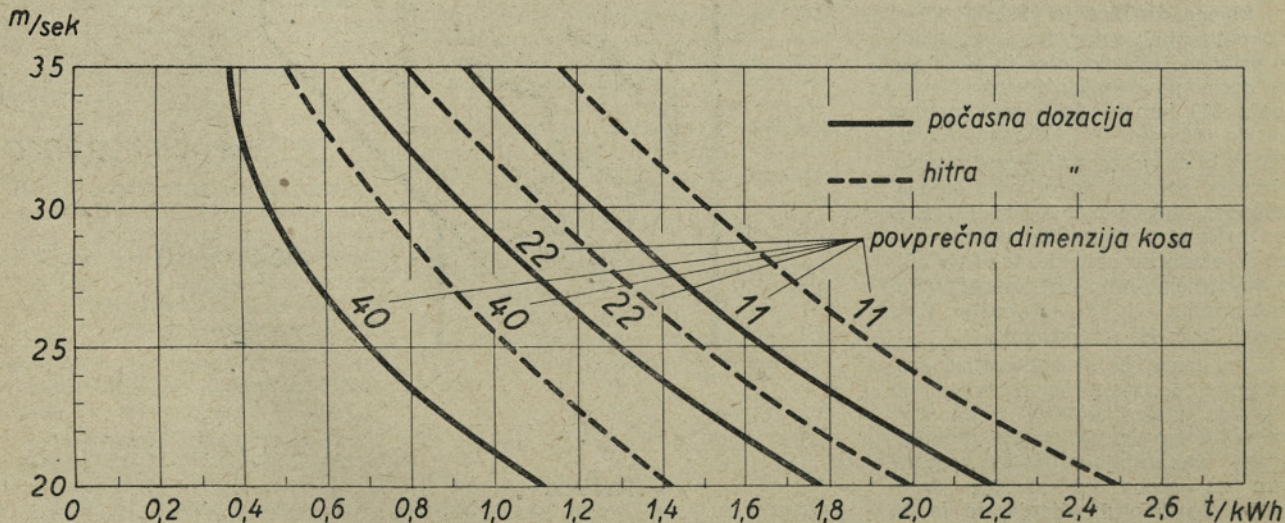
tino 950×1350 mm, ki pa je težak ca. 135 ton. Potrošnja električne energije udarnega drobilca Hazemag AP5 je za polovico manjša od čeljustnega drobilca. Kar se cene tiče je udarni drobilec AP5 4 krat cenejši kot čeljustni drobilec.

Pri finem drobljenju kapaciteta nekoliko pade, vendar pa zaradi enako-

merne stopnje drobljenja veliko presega konusne in krožne drobilce. Grajen mora biti za velike turaže rotorja.

Fini krožni drobilec z rego 22 mm ima kapaciteto pri vhodnih komadih 180×250 mm, ca. 20 — 25 t/h, potrebuje pa motor 70 KS. Pri istem materialu za isto stopnjo drobljenja ima IZ—II kapaciteto 20 — 25 t/h, potre-

Specifična storilnost udarnega drobilca



buje pa samo 25 KS. Teža finega krožnega drobilca je ca. 16,5 t, teža IZ—II pa 4,2 t. Cena finega krožnega drobilca je najmanj 6 krat večja od cene IZ—II. Poraba električne energije je pri krožnem drobilcu 2,8 — 3,5 KS na tono materiala, pri IZ—II pa 1 — 1,3 KS na tono materiala.

Pri gospodarnosti udarnih drobilcev igra važno vlogo obraba posameznih delov. Zdi se, da so stroški obrabe pri udarnem drobilcu v primeri z ostalimi drobilci, reducirano na tono drobljenega materiala, večji. Toda to nas ne sme motiti, kajti upoštevati mo-

ramo, kakšen produkt daje udarni drobilec in da največkrat zamenja dva do tri ostale drobilce z vsemi pomožnimi stroji. Ako sedaj primerjamo stroške vzdrževanja celotne naprave, vidimo, da je pogon z udarnimi drobilci najcenejši.

V Ameriki so prav tem vprašanjem posvečali posebno pozornost. Veliko podjetij v Ameriki je problem obrabe obremenjenih delov rešilo na ta način da udarne letve, ki se pri dnevnem obratovanju obrabijo, v odmorih navarijo s specialnimi elektrodami. V ca. dveh urah navarijo udarne letve

in to direktno v udarnem drobilcu, ne da bi jih demontirali. Pri tem načinu obratovanja zdržijo udarne letve neomejeno dolgo.

Največja obraba se pojavlja na zunanjem robu udarne letve. Udarne letve so na rotor pritrjene z vijaki, tako da jih lahko izmenjamo. Po obrabi zunanjega roba letve, to obrnemo za 180°, tako da je na udaru drugi ostri rob letve. Vrata se zapirajo z zapornim vijakom, tako da ni otežkočeno menjavanje letve. Ohišje samo je prav tako zavarovano z oklopnimi ploščami.

Dr. ing. Milo Goljevšček

DK 532.5:061.3

Zasedanje mednarodne organizacije za hidravlične raziskave IAHR v Minneapolisu

UVODNA OPOMBA. Avtor tega članka se je kot delegat Zveze društev inženirjev in tehnikov Jugoslavije udeležil V. zasedanja mednarodne organizacije za hidravlične raziskave v dnevih 1—4. IX. 1953 v Minneapolisu (ZDA). Po svojem povratku je imel v okvirju posameznih republiških DIT predavanja o tem kongresu v Ljubljani, Mariboru, Zagrebu in Sarajevu, kjer je strokovno javnost seznanil z najvažnejšimi rezultati tega zasedanja. V naslednjem pričobujemo v izvlečku njegovo predavanje, katerega je DIT Slovenije priredil 19. V. 1954 v Ljubljani.

ORGANIZACIJA IN POTEK ZASEDANJA. Peto zasedanje te mednarodne organizacije je na vzoren način organizirala hidrotehnična sekcija Društva ameriških gradbenih inženirjev ASCE, ki si je za sedež zborovanja izbrala v centralnem delu ZDA ležeče mesto Minneapolis, kjer je zibelka moderne eksperimentalne hidravlike Združenih držav.

Na zasedanju so bila obravnavana vprašanja iz 4 že vnaprej določenih področij hidravlike, ki jih moramo zaradi njihovega pomena tako za nadaljnji razvoj znanosti kakor tudi za praktične potrebe označiti kot najaktualnejša vprašanja sedanje hidravlike. Ta vprašanja so bila naslednja:

1. OSNOVE GIBANJA SEDIMENTOV V TEKOČI VODI.
2. DELOVANJE VALOV NA OBALNE ZGRADBE IN NJIH HIDROMEKANIKA.
3. GIBANJE GOSTIH TOKOV.
4. MEŠANJE VODE Z ZRAKOM V VODNEM TOKU.

Med štiridnevnim zasedanjem je bilo obravnavanih 49 dospelih referatov, ki so bili že pred zasedanjem ponatisnjeni v zajetni publikaciji pod naslovom »PROCEEDINGS MINNESOTA INTERNATIONAL HYDRAULICS

CONVENTION«. Publikacija prikazuje delo 75 priznanih specialistov in obsega 576 strani, na katerih je objavljeno 540 fotografij in grafikonov. Za njeno pravočasno izdajo so poskrbeli znani ameriški hidravlik univ. prof. L. Straub, sedanji predsednik IAHR, in člani hidravličnega laboratorja St. Anthony Falls v Minneapolisu.

Vseh na zasedanju udeleženih držav je bilo 12 in so razen držav vzhodnega bloka manjkale tudi nekatere države iz zahodnega dela Evrope.

Sodelavci znanstvenih in raziskovalnih ustanov so poslali 32 referatov, ostalih 17 pa je prispevala operativna. Povsem razumljivo je, da je bilo največ referatov iz ZDA (19), daleč za njimi je sledila v hidravliki danes vodilna evropska država Francija (9 referatov) itd.

Jugoslavija je poslala na zasedanje 3 referate hidrotehničnega inštituta SAN in 1 referat tehnične fakultete iz Zagreba. Našo državo sva zastopala skupaj z ing. V. Jevdjevičem, ki je z dobrim obvladanjem jezika mnogo pripomogel k našemu uspehu na tem zasedanju.

KRATKA VSEBINA POSAMEZNIH REFERATOV

I. VPRAŠANJE GIBANJA SEDIMENTOV V TEKOČI VODI. (14 referatov) so najtemeljiteje obdelali Amerikanci (17 referatov). Sledili so jim Francozi (2 referata), dočim Jugoslavija ni dala k temu vprašanju svojega prispevka.

Kakor je znano, odteka v rečnem koritu z gibljivim dnom ob večji vodi tudi prodovina, ki je vzrok za mnoge porušitve oziroma spremembe naravnih korit ali pa za neuspele regulacije vodotokov. Veliko je že danes število predvsem empiričnih pripomočkov, ki skušajo na čim preprostejši način prikazati fizikalno strukturo tega sestavljenega gibanja, vendar pa taki kakršni so, ne morejo pogoditi pravega zna-

čaja tega pojava. Zaradi tega so mnogi raziskovalci poskusili obiti čisti empirizem in dati svojim rezultatom širšo veljavo.

Težave takih prizadevanj so v tem, da na primer nepoznavanje porazdelitve vlačne sile vode ob dnu onemogoča trodimenzionalno obravnavo vprašanja.

VLAČNA SILA VODE. Ni čuda, če so številni referenti iz raznih držav najpreje obravnavali razna vprašanja glede gibanja prodovine v turbulentnem toku in za sproženje tega gibanja potrebne vlačne sile vode (Tison—Belgija; Nizery, Brandeau—Francija; Ippen, Verma—ZDA).

STABILNOST OSTENJA ZEMELJSKIH KANALOV. Nadalje so na podlagi številnih merjenj, izvedenih na starih zemeljskih kanalih v ZDA, razpravljali o činiteljih, ki odločajo o stabilnosti nezavarovanega dna in pobojij odvodnih kanalov, izkopanih v grobo zrnatih tleh; zaradi napredka mehanizacije zemeljskih del so namreč gradnja, vzdrževanje in pogon neobloženih takih kanalov v melioracijskih področjih pogosto cenejši kakor pri obloženih kanalih.

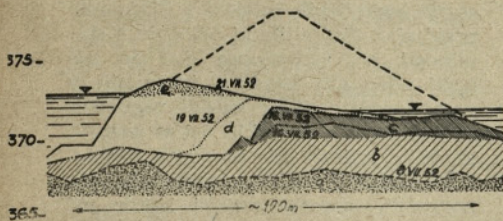
Pri tem je nujno, da natančno poznamo kritično velikost vlačne sile, pri kateri se pričenja premikanje nekohezivnega materiala ostenja kanala, zaradi tega, ker je le na ta način mogoč čim ekonomičnejši zasutek nezavarovanih kanalov. Vse potrebne podatke glede te vrednosti podajata Lane in Carlson, B. of Reclamation, Denver v odvisnosti od velikosti zrna in kota naravnega nagiba materiala, v katerem je tak odvodni kanal zgraditi.

REČNA ZAJETJA. Bureau of Reclamation je tudi objavil rezultate metodičnih preiskav, izvedenih na modelih številnih rečnih zajetij srednjih velikosti, po katerih je mogoče preprečiti njih zaprodenje ne samo z ureditvijo konkavnih vodilnih zidov ob zajetju, temveč med drugim tudi s pomočjo žle-

ba posebne konstrukcije (Vortex—Tube); ta je vgrajen pod kotom 65° na samem vtoku v zajetje in skrbi za takojšnje odvajanje prodovine, prodiračoje skozi vtok v zajetje, dočim se gosti tok s posebno cevjo zajame tik iznad zajetja (Martin, Carlson).

IZPIRANJE DNA OB MOSTNIH STEBRIH. Raziskave, izvedene na vitkih mostnih stebrih moderne konstrukcije, so pokazale, da je izpiranje dna ob stebrih v prodonosni reki tem večje, čim bolj moti steber vodno gibanje. Odločilna pa je predvsem globina toka, kajti čim večja je, tem globlja postaja erozija, pri čemer pa v stadiju ravnovesja v izoblikovanju rečnega dna ni maha nikakega pomena niti hitrost toka niti debelina prodovine. (Laursen, Toeh).

GRADNJA HIDRAVLICNEGA NASIPA PO HIDRAVLICNI METODI. Referat o gradnji 3,6 m visokega podvodnega temelja nasipa za zapiranje korita reke Missouri, ki naj bi jo izkoristili s pomočjo derivacijskega kanala pri Fort Randall, je obravnaval novo metodo gradnje takih nasipov po hidravlični metodi (Straub — ZDA). Pri nasipavanju so uporabljali bager, ki je odkopaval potrebni material ter ga s črpanjem spraviljal do splava, od koder so ga vsipavali v reko. S pomočjo teorije o gibanju prodovine in metodičnih laboratorijskih preiskav so ugotovili vsaki velikosti zrna nasipnega materiala pripadajoči skrajni padec stabilnosti krovnega sloja nasipa, ki ga voda med prelivanjem ni mogla več odplaviti. Novi gradbeni postopek je zahteval precejšnja tehnična sredstva, vendar pa se je izkazal, da ni tvegan, da je ekonomičen in hiter, saj so v nasip vgradili 100.000 m³ materiala v manj ko mesec dni.



Slika 1. Potek gradnje nasipa po hidravlični metodi na reki Missouri pri Fort Randall po Straubu.

- a ... apnec kot temeljna osnova
- b ... vgrajeno med 8—15. VII.
- c ... vgrajeno med 15—18. VII.
- d ... vgrajeno med 18.—20. VII.
- e ... vgrajeno 20. VII. v 3 urah.

Na sliki 1 je prikazan potek gradnje tega nasipa v posameznih fazah njegovega nasipavanja na podlagi meritev, ki so jih izvrševali v določenih časovnih presledkih.

NOV APARAT ZA MERJENJE KALNOSTI. Glede aparatov za merjenje kalnosti je treba omeniti novo vrsto takih aparatov tipa Sphinx, ki je bil konstruiran in preizkušen v HOLLAND-

SKEM LABORATORIJU V DELFTU. Aparat služi za merjenje le najfinejših zrnec v vodi premera izpod 0,4 m/m. Pri potopitvi tega aparata na določeno mersko mesto vteka voda skozi ozko grlo v instrument, v katerem se nato pretaka skozi cel sistem čedalje bolj razširjujočih se komor, v katerih se sedimentirajo tudi najfinejši delci. Hidravlična izkoristljivost znaša 0,9 do 1,1 in je uporabnost aparata omejena predvsem na merjenje kalnosti nižinskih vodotokov (Vinckers, Bijker, Schijf).

HIDRAVLICNI TRANSPORT PO CEVEH. Nadaljnji prispevek k vprašanju hidravličnega transporta čvrstega materiala po cevovodih pomeni referat o proučevanju pogojev, pri katerih se vrši tak transport. Ti pogoji so bili sistematično analizirani v laboratoriju Neyric — Grenoble in sicer za transport raznih vrst finega peščenega blata heterogene sestave, gibajočega se ali v obliki suspenzije v vodi ali v obliki drsenja po cevnem dnu (Durand).

V tem kratkem opisu ni pisec tega članka mogel zajeti vseh referatov, ker je zaradi razsepljenosti vsebine bilo težko najti osnovo za njeno logično razporeditev. Tudi niso po piščevem mnenju nekateri referati v tem poglavju bili na posebni višini.

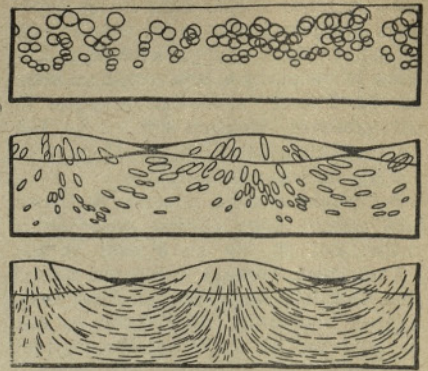
II. VPRAŠANJU DELOVANJA VALOV NA OBALNE ZGRADBE IN NJIH HIDRODINAMIKI (13 referatov) so posvetili največ pozornosti Američani (6 referatov). Francija je prispevala 2 referata, dočim je Jugoslavija sodelovala s 1 referatom.

Vkljub dolgoletnim raziskavam in opazovanjem v naravi še vedno ni dandanes mogoče na zanesljiv način ugotoviti vpliva delovanja valov na pomole in obalne zgradbe v pristaniščih ali na obrežne zgradbe zaradi tega, ker učinkujejo na velikost vodnega vala in njegovo dinamično silo najrazličnejši činitelji, ki lahko njegovo prvotno rušilno moč povečajo ali zmanjšajo.

DOLOCITEV VRSTE VALOVANJA VODNE GLADINE. Zaradi tega je tudi pri tem vprašanju šlo predvsem za to, da bi s pomočjo metodičnih preiskav na modelih ugotovili značilnosti raznih vrst valovanj in določili na tej podlagi njihovo točno teoretično definicijo.

Tako je Suquetu in Walletu — Francija s pomočjo električnih sond, kronometrov in posebne barvilne metode uspelo razen značilnosti valovanja vodne gladine ugotoviti tudi trajektorije vodnih delcev in hitrost njih gibanja v raznih globinah ter na ta način natančneje definirati razne vrste valovanj.

Na sliki 2/a je na primer prikazan popolni vodni val, ki nastane izven vplivnega območja obale pri mirnem in dovolj globokem morju. V takem primeru imajo trajektorije gibanja vodnih delcev obliko kroga, katerega premer se s povečanjem globine zaradi vpliva trenja stalno manjša.



Slika 2: a) popolni vodni val s cikličnimi trajektorijami, b) delni clapotis z eliptičnimi trajektorijami, c) popolni clapotis s parabolič. trajekt. po Suquetu.

Na sliki 2/b je prikazan delno odbiti val (delni clapotis), ki se pojavlja ali v vplivnem področju obrežnega pasu ali pa v notranjosti pristanišč in za katerega so značilne trajektorije že izrazito eliptične oblike.

Na sliki 2/c je kot druga skrajnost prikazan popolnoma odbiti vodni val (popolni clapotis), ki nastaja iz superponiranja prihajajočega in odbitega vala neposredno ob obalni zgradbi v in izven pristanišča. Ti valovi imajo največjo rušilno moč in so zanje značilne trajektorije parabolične oblike.

Ker se rezultati teh preiskav dobro skladajo s teorijo, bo mogoče z merjenjem značilnosti valovanja v naravi ugotoviti tudi vrsto na kraju samem pojavljajočega se valovanja, kar predstavlja nov pripomoček za natančnejšo definicijo hidrodinamičnih sil, katerim so obalne zgradbe dejansko izpostavljene.

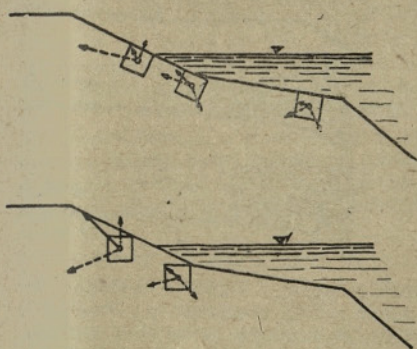
OPIS EROZIJSKEGA DELOVANJA VALOV NA OBALO. FLINSCH (ZDA) je obravnaval vprašanje erozijskega delovanja valov na peščno nezaščiteno obalo in ugotovil pogoje, kdaj valovi obalo gradijo ali vzdržujejo oziroma kdaj rušijo. Kakor je znano, se val ob približevanju k obali lomi in prinaša na obrežje material, katerega pa zopet ob svojem povratku odplavi. Pri plitvem obrežju je naplavljenje in s tem tudi deponija večja od erozije, obratno pa je pri strmem obrežju odplavljenje in s tem erozija večja od deponije. Avtor je objavil enačbo za ugotovitev mejnega nagiba obrežja, pri katerem sta oba procesa deponiranja in erozije v ravnotežju, in je s tem definiral pogoj za stabilnost obrežne linije.

DOLOCITEV RAVNOTEŽNEGA PROFILA OBREŽJA. Kakšnega pomena je ugotovitev takega ravnotežnega profila obrežne črte prikazuje nadaljnji referat Russela in Inglisa (Anglija), ki opisujeta transformacije dna preje uravnovešene plaže potem, ko so sredi nje zgradili vertikalni obalni zid. Ker je bilo s tem prvotno

ravnotežje moteno, se je pričel novi obrežni profil najpreje počasi, potem pa čedalje hitreje poglabljati, dokler ni dosegel novega ravnotežnega položaja. Isti pojav so raziskovali tudi na dvodimenzionalnem modelu in ugotovili, da je vertikalni zid odbil znaten del energije vala zopet nazaj v morje, kar je povečalo turbulenco povratnega vala in s tem povzročilo poglabljanje dna na tem mestu.

STABILITETA VALOLOMOV. Prav zanimive rezultate glede določevanja pogojev za stabilnost valolomov, zgrajenih iz rock-filla, je podal Hedar — Švedska, potem ko je dalje časa proučeval vzroke za delno porušenje takih valolomov, zgrajenih vzdolž švedske obale, v dobi velikih viharjev 1943 leta.

S pomočjo posebne elektronske aparature je izmeril na modelih velikost sil, ki delujejo na posamezne bloke takega rock-fill nasipa v posameznih fazah vzpenjanja oziroma vračanja vala po pobočju valoloma.



Slika 3. Vektorski prikaz velikosti vzgona na kamne valoloma iz rock-filla med naraščanjem — kulminacija — in vračanjem — vala po njegovem pobočju po Hedarju.

Kakor je iz slike 3 razvidno, prikazuje polna puščica maksimalni vzgon na posamezni kamen med vzpenjanjem vala, črtkana puščica isto silo v trenutku kulminacije vala in črtkano-pikčasta puščica to silo v trenutku vračanja vala v morje. Na tej podlagi je ugotovil, da kažejo bloki, ki so vgrajeni pravokotno v nagib, znatno večjo stabilnost kakor bloki, ki se zlagajo v horizontalnih slojih. Tudi mu je uspelo teoretično definirati minimalno potrebno težo posameznega bloka, pri kateri je stabilnost valoloma zagotovljena in sicer iz podatkov za maks. višino vala, nagiba nasipa in spec. teže gradiva, uporabljenega za izdelavo teh blokov.

DRENAŽA OBREŽJA. Corps of Engineers je v svojem laboratoriju v Vickburgu (Saville, Caldwell) metodično analiziral velikost prelivanja valov raznih valovnih značilnosti preko vertikalnih obalnih zgradb, da bi na ta način dobil zanesljivejše podatke glede velikosti drenaž, črpalnih postaj oziro-

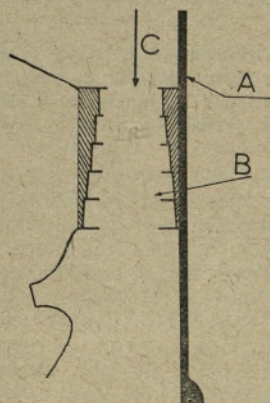
ma varovalnih zgradb, ki jih je treba zgraditi izza prelitega obalnega območja. Na modelu 1 : 17 so za razne valovne parametre in razne gladine morja ugotovili količino vode, ki preliva v času ene valovne periode preko 1 m široki obalni zid in sicer tako za reflektirane kakor tudi za nereflektirane valove, pri katerih je velikost preplavljanja odvisna predvsem od velikosti periode tega valovanja.

KOEFICIENT VALOVNEGA ODBOJA. Z razvijanjem temeljnih kriterijev glede refrakcije, difrakcije in refleksije valov, prodirajočih od zunaj v luko, po pristaniških zgradbah so se ukvarjali razni referenti. Če namreč prodré v luko stalna veriga večjih valov, morejo pristaniške zgradbe reflektirati skoro celo njih energijo nazaj v luko, kar lahko sproža tako veliko stoječe valovanje, da postane luka v takem primeru le slabo uporabna.

Brez dvoma lahko povzroča različna razporeditev luških objektov boljše ali slabše dušilne efekte, saj je stopnja odbijanja vala odvisna predvsem od trenja vode ob dno, nagiba obale in strmine vala samega. Healy (ZDA) pa je dokazal, da koeficient odbijanja naglo pada samo z zmanjšanjem nagiba pobočja od 30° navzdol, ker se v tem območju val pričenja lomiti; pri večjem nagibu pa je treba računati z njegovo maksimalno in skoro konstantno vrednostjo.

UPORABA HIDRAVLIČNIH RESONATORJEV. Ker pa je luka sestavljena iz obalnih zgradb s pretežno vertikalnimi stenami, bo mogoče doseči zmanjšanje stoječega valovanja v luki po Valemboisu — Francija na učinkovit način samo s sproženjem interferenčnih pojavov v valovni verigi, ki prodira skozi luški vhod.

Kakor je iz slike 4 razvidno, je namreč mogoče amplitudo stoječega valovanja (clapotisa) ob vhodu v luko zelo zmanjšati, če se vzdolž obeh strani tega vhoda zgradijo hidravlični resonatoriji, katerih voda mora nihati z enako periodo, s katero



Slika 4. Ureditev hidravličnih resonatorjev na vhodih v luko po predlogu Valemboisu. A ... pomol, B ... resonatoriji. C ... smer delovanja valov.

nihajo valovi, ki prodirajo iz morja v luko. S tem je nakazana nova možnost za učinkovito zmanjšanje stoječega nihanja vode v luki.

VPLIV OBLIKE MORSKEGA ZALIVA NA VALOVANJE V PRISTANIŠČU. V naslednjem referatu je Wilson (ZDA) obravnaval vprašanje določevanja vpliva odprtega dela morskega zaliva kot glavnega oscilatornega bazena na valovanje vode v pristaniškem delu. Na podlagi meritev, izvedenih v zalivu Dobre Nade pri Cape Townu, je ugotovil, da je mogoče s pomočjo grafične konstrukcije refrakcije valov določiti stoječe valovne verige, ki nastajajo v zalivu, ugotoviti položaj njih vozlišč, njihov amplitude itd. To metodo je z uspehom uporabil tako pri določevanju stoječih valovnih verig s kratkimi periodami nekaj desetih sekund, kakor tudi pri določevanju verig (seichev) z dolgimi periodami po nekaj minut.

Meritve v naravi in modelne preiskave, izvedene na modelu 1 : 1200 gornjega zaliva, so potrdile pravilnost zgornje metode, na podlagi katere bo v bodoče mogoče ugotoviti, ali je zaliv za novo pristanišče primeren ali ne.

UPORABNOST METODE ZA PREISKAVO PRONOSNIH OBREŽNIH TOKOV. O problemu zavarovanja pristanišč pred zasipanjem po pronosnih obrežnih tokovih so razpravljali samo jugoslovanski referenti, ki pa so v skupnem referatu analizirali samo pogoje, s katerimi je mogoče modelno metodo uporabljati pri reševanju takih nalog.

Levin in Vojinović — Jugoslavija, sta namreč na podlagi meritev v naravi dognala, da je mogoče uporabljati modelno metodo za raziskavo obrežnih vodnih in prodnih tokov tudi pri uporabi modelnega peska minimalne spec. teže (plovec spec. teže 1,65 gr/cm³) z uspehom samo pri uporabi distorziranih modelov. Velikost take distorzije pa je odvisna od zahteve, da je v takem primeru treba doseči podobnost modela z naravo tako glede na gibanje obrežnih tokov, ki se pojavljajo zaradi delovanja valov, kakor tudi glede na gibanje materiala v obrežnem pasu, katerega povzroča obrežni tok sam.

APARAT ZA USTVARJANJE VALOV NA VODNI GLADINI. Glede novih aparatov za ustvarjanje valovanja vodne gladine na modelu so Amerikanci (Coyer) referirali o novem univerzalnem aparatu za ustvarjanje valov, ki se odlikuje po zelo preprostem mehanizmu. Valovanje se namreč ustvarja s pomočjo zaklopke, ki se giblje ali translatorno ali pa okrog fiktivne osi, katere lego lahko poljubno menjamo, kakor to zahteva oscilacija gladine določene značilnosti pri določeni globini vode.

APARAT ZA NEPREKINJENO MERJENJE VALUJOČE VODNE GLADINE. Tudi od Kanadčanov (Boines-Smith) prikazani novi aparat za neprekinjeno merjenje valujoče vodne gladine predstavlja nov tip instrumenta s

točnostjo odčitavanja do 0,5 m/m. Deluje pa takole: Kakor hitro doseže zaradi lastne teže padajoča platinska sonda vodno gladino, se vključí elektromagnet, ki iglo zopet dvigne iz vode. Kakor hitro pa je igla iz vode, se elektromagnet izključi in igla začne zopet padati. Avtor prikazuje v referatu analitični postopek za izkoriščanje podatkov aparata pri proračunu period in amplitud valovanja gladine vode.

Iz vsega pravkar prikazanega gradiva sledi, da je bilo glede vprašanja hidrodinamične strukture valov in njih delovanja na obalne zgradbe objavljeno gradivo tako pomembno in raznoliko, da je vzbudilo hkrati s predvajanimi filmi pri vseh udeležencih posvetovanja najboljši vtis in izredno zanimanje.

III. GIBANJE GOSTIH TOKOV (7 referatov)

so proučevali predvsem Američani (3 referenti), dočim so ostale države, med njimi tudi Jugoslavija, prispevale le po en referat.

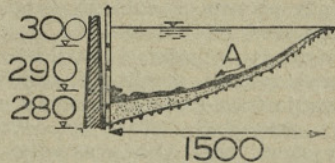
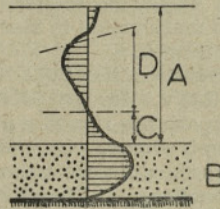
S proučevanjem gostih vodnih tokov so sistematično pričeli šele v zadnjem desetletju in sicer potem, ko so spoznali velik gospodarski pomen proučevanja teh tokov v vodnih akumulacijah in rečnih estuarijih, saj se na primer s temi tokovi gibljejo velikanke količine v vodi suspendiranega blata tudi skozi predele akumulacijskega prostora, v katerem površinska voda že popolnoma miruje. Z odpiranjem zadostno dimenzioniranih temeljnih izpustov na dolinski pregradi bo v mnogih primerih mogoče odvajati te tokove v spodnjo vodo in s tem vidno podaljševati življenjsko dobo predvsem takih akumulacij, ki so važne za ureditev vodnega gospodarstva.

Na kongresu obravnavani referati so to vprašanje obdelali tako s teoretične kakor tudi eksperimentalne in praktične strani ter predstavljajo pomembno izpopolnitev dosedanjih dognanj.

ZAKONI GIBANJA SLANE IN SLADKE VODE V REČNIH ESTUARIJH. Najprej so Holandci (Schiff-Schönfeld) prikazali vse dosedanje rezultate teoretičnih raziskav o zakonih gibanja slane (kot goste) in sladke vode v rečnih estuarijih; te so izvedli tedaj, ko so si prizadevali preprečiti prodiranje slane vode v obalnih predelih svoje dežele. Že prej so namreč na ustjih mnogih rek, kjer ni vidnejše plime in oseke, zapazili, da prodira pri mali hitrosti rečna voda v morje; preko sloja slane vode, slednja pa lahko prodre po dnu daleč po reki navzgor. Le če preseže rečni tok neko kritično hitrost, je v stanju slano vodo zopet pognati iz rečnega korita. Obravnavajoč problematiko gostih tokov s teoretične strani, sta avtorja najprej obravnavala fenomen notranjih in zunanjih valov, pojavljajočih se v dveh sicer ostro ločenih slojih sladke in slane vode. Nato sta definirala pogoje, pri katerih ostane stična površina obeh slojev stabilna in pri katerih ne.

Končno pa sta analizirala proces mešanja obeh slojev v območju braktične vode.

VPLIV VISKOZITETE GOSTEGA TOKA NA SOSEDNE SLOJE. Originalni prispevek k vprašanju vpliva viskozitet zgornjega sloja na gibanje spodnjega gostega toka so prispevali Jugoslovani (Bata—Knežević), ki so s pomočjo raznovrstnih balastnih tekočin (gasolin, petrolej, surovo olje itd.) podrobno proučili kontaktno območje gostega toka s svojo okolico. Pri tem so ugotovili, slika 5/a, da je razpored hitrosti v obeh slojih odvisen predvsem od velikosti trenja na stiku obeh slojev in da je debelina po gostem toku vlečne plasti lažjega zgornjega sloja odvisna predvsem od viskozitet tega sloja. Pri teh proučevanjih sta med drugim opazila, da se pri večjih R_e začneja intenzivnejše mešanje obeh slojev na njih stiku, kar pa prvotno obliko stika obeh slojev popolnoma spremeni. Avtorja sta že pred leti ugotovila in opisala nekatere značilnosti gostih tokov v akumulacijskih prostorih Grošnice in Treske, slika 5/b, vendar pa zahteva natančnejša ugotovitve značilnosti teh tokov zaradi zapletenosti pojavov dolgotrajne in sistematične raziskave ter sredstva.

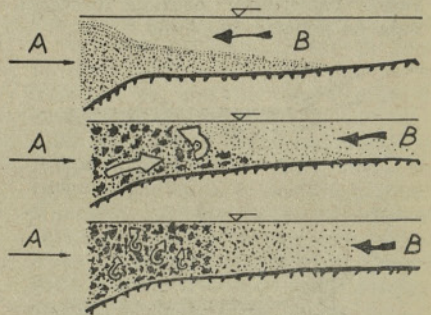


Slika 5.a) Shematični prikaz razporeditve hitrosti v kontaktnem območju dveh tekočin različne gostote po Bata-Kneževiću.

A... Balastni sloj, B... gosti sloj, C... vlečni sloj, D... protitok.
b) Gosti tok A, opazovan v akumulaciji na Grošnici leta 1950.

GOSTI TOK V REČNIH ESTUARIJH. Prav veliko zanimanje je vzbudila razprava o gostih tokovih, ki se pojavljajo v območju rečnih izlivov (estuarijev), zaradi tega, ker zelo neugodno vplivajo na gibanje sedimentov v tem območju in pospešujejo zablantenje izlivnih področij pa tudi pristanišč na teh mestih. Glede tega vprašanja so Američani (Stommel) navajali nekaj zanimivih podatkov o zadržanju tokov v rečnih estuarijih, ki so jih do sedaj proučevali v severni Ameriki. Na podlagi teh opazovanj so ugotovili, da obstajajo 3 bistveno različni načini odtekanja slane in sladke

vode v teh estuarijih. Pri prvem načinu, ki se pojavlja samo takrat, če ni plime ali oseke, kakor na primer na ustju reke Missisipi, 6/a, se rečna voda giblje samo na površini in se ne meša s spodnjo slano vodo, ki sicer prodre v obliki klina zelo daleč po rečnem dnu v vzdolžni smeri. Pri drugem načinu, ki so ga opazovali v Alberni Fjordu v Kanadi, prihaja učinek plime in oseke do vidnega izraza že v takem obsegu, da povzroča delno mešanje slane vode s sladko, ustvarjajoč pri tem izrazito horizontalno stratifikacijo slojev po njih gostoti. Zaradi tega lahko odplavlja površinski tok znatne količine soli iz spodnjega slanega toka zopet nazaj v morje. V tretjem primeru, ki so ga opazovali na ustju reke Kennebec v ZDA, pa obstoja zaradi večje plime in oseke in intenzivnejšega mešanja obeh plasti samo še poševna stratifikacija slojev glede na spec. težo, glej sliko 6/b.



Slika 6. Mešanje slane (A) s sladko (B) v rečnih estuarijih po Stommelu
a) Pri minimalni turbulenci odtoka
b) Stratificiran odtok pri srednji turbulenci
c) Pri veliki turbulenci odtoka

Na izlivu reke Severn v Kanadi pa se gosti slani tok zaradi premočne plime že tako intenzivno premeša z zgornjo sladko vodo, da o gostem toku v reki ne more biti več govora. Slanost se občuti sicer globoko v notranjosti reke, vendar pa se slednja prenaša le s pomočjo difuzije, glej slika 6/c. Zaradi najrazličnejših konfiguracij estuarijev v svetu nastopajo nadaljnje variacije v mešanju tokov slane in sladke vode ter je treba te tokove v vsakem posameznem primeru proučevati.

ZABLATENJE REČNIH ESTUARIJEV. Končno je treba še poudariti, da povzroči, kakor so to tudi Japonci (Hamada) ugotovili, slani tok velike spremembe v koncentraciji kalnosti sladkovodnega toka v kontaktnem območju obeh tokov. Radi tega se kalnost proti ustju hitro zmanjšuje, kar ima za posledico zelo močno zablantenje tega območja. V tem pogledu je drugi način odtekanja, pri katerem se slana voda le delno meša s sladko, pri horizontalnem stratificiranju slojev še relativno najugodnejši.

GOSTI TOKOVI V AKUMULACIJSKIH PROSTORIH. Z izredno pozornostjo so udeleženci kongresa sledili

referatom, ki so obravnavali značilnosti gostih tokov, ki tečejo skozi umetno ustvarjene akumulacijske prostore; najdena je namreč nova in cenena možnost podaljšanja življenjske dobe dragocenih akumulacijskih prostorov s tem, da se z odvajanjem stratificiranih gostih tokov skozi temeljne izpuste v pregradi lahko bistveno zmanjša procent sedimentacije celotnega dotoka v jezeru.

Tako so Američani (Howard—US Geological Survey) poročali, da se je v velikem jezeru, ki ga je ustvarila Boulderjeva pregrada, v prvih 14 letih njegovega obstoja sedimentiralo že 1,75 milijard m³ materiala, od katerega izvira 65 % iz materiala, ki so ga transportirali gosti tokovi, čeprav so slednji nosili pretežno le najfinejši material premera izpod 0,02 m/m. Meritve, ki jih je izvedel Bureau of Reclamation, so ugotovile, da se gosti tokovi gibljejo v tem jezeru kot površinski, podvodni ali talni tokovi, kar vse zavisi od razlik v temperaturi teh tokov proti jezerski vodi, od koncentracije mineralnih snovi ter blatnih suspenzij. Prvi gosti tok je prodril do same pregrade že 2 meseca po tem, ko je bilo jezero napolnjeno, in so ti tokovi do leta 1952 ustvarili ob pregradi do 35 m debele sedimente. Nadaljnje napredovanje sedimentacije v jezeru je precej težko opazovati zaradi delovanja krožnih tokov, ki povzročajo ponovno gibanje že preje deponiranega materiala.

V nasprotju s temi podatki pa Francozi (Nizery—Bonnin) niso mogli v akumulaciji Sautet ugotoviti obstoja težkih gostih tokov vzdolž celega jezera, ker so do sedaj opazovani gosti tokovi (6 tokov v 2 letih) izginili, še preden so dospeli do pregrade. Po dosedanjih raziskavah je bila struktura teh gostih tokov predvsem odvisna od temperature in ne od koncentracije lebdečega materiala, katerega vpliv je bil le minimalen.

Tem dognanjem pa nasprotuje dejstvo, da so v prvih 13 letih obratovanja gornje akumulacije nastali ob pregradi sedimenti maksimalne debeline do 30 m. Zaradi tega bodo nadaljnje raziskave poskušale razjasniti navedena nasprotja.

GOSTI TOKOVI V REGULIRANIH REČNIH SISTEMIH. Zastopniki Tennessee Valley Authority (Fry, Churchill, Elder) so referirali o gostih tokovih, ki so jih opazovali v celem sistemu TVA. Ta organizacija upravlja nad 30 akumulacij na reki Tennessee in je bil ves ta sistem uporabljen kot velikanski laboratorij za študij gostih tokov. Hladna voda, ki jo spuščajo iz velikih akumulacij v zgornjem delu obvodja, se pojavlja kot gosti tok v spodnjih delih obvodja in se lahko kot hladnejši in čistejši tok koristno uporablja v industriji, vodopreskrbi, melioraciji itd.

Vendar pa se zaradi znatnih temperaturnih razlik med vodami pritokov in vodo iz glavne reke ustvarjajo razne

stalne ali časovno omejene spremembe glavnega hladnega toka, kar lahko nekaterim interesentom onemogoči vsako izkoriščanje rečne vode.

V takem tako raznolikem sistemu je mogoče samo s pomočjo eksperimentiranja v naravnem merilu in v okvirju meja pogonskega pravilnika o izkoriščanju dognati čim ugodnejše pogoje za formiranje takih hladnih tokov in s tem zmanjšati kar najbolj mogoče obseg raznih adaptacijskih del v obvodju.

Ocenjujoč pomen podanih referatov je pisec tega članka mnenja, da je bila kljub relativno malemu številu referatov obravnavana problematika iz področja gostih tokov vseskozi na višini in presenetljivo bogato dokumentirana z rezultati meritev, izvedenih predvsem na terenu. S tem je vprašanje gostih tokov dobilo zadosten poudarek, ki ga kot problem velike praktične važnosti zasluži v tehnični javnosti in ki ga do sedaj zaradi preslabega poznavanja značilnosti tega gibanja še ni imelo.

IV. VPRAŠANJE MEŠANJA VODE Z ZRAKOM (12 referatov) ni vzbudilo velikega zanimanja samo pri Američanih (4 referenti), temveč tudi pri evropskih udeležencih, saj sta prispevali med ostalimi Jugoslavija in Francija kar po dva referata.

Vprašanje mešanja zraka z naglo tekočo vodo ima po eni strani velik praktični pomen, ker spreminja prvotne značilnosti toka čiste vode v tem smislu, da zmanjšuje njeno erozijsko moč, zelo učinkovito pripomore k disipaciji njene energije v vodnih slapovih in brzotokih ter podslapjih, oblažini udarjanje vode ob dno in objekte v vodnem toku ter preprečuje njeno kavitiranje predvsem v zaprtih odvodnih sistemih.

Po drugi strani pa se z mešanjem vode z zrakom še nadalje komplicira že tako zapletena hidrodinamična struktura vodnega toka, kar zahteva zopet nadaljnjih trudapolnih teoretičnih in eksperimentalnih raziskav pri ugotavljanju zakonitosti gibanja vodnih tokov v različnih pogojih njih mešanja z zrakom.

V tem pogledu predstavljajo na zasedanju podani referati nov in važen napredek v proučevanju tega vprašanja predvsem zaradi tega, ker so mnogi raziskovalci uporabljali pri svojem delu tudi nove merilne elektronske in optične pripomočke.

Kakor je bilo zaradi težavnosti problema pričakovati, se naslanjajo vsi referati z eno edino izjemo bodisi na rezultate laboratorijskih preiskav ali pa na opazovanja in meritve, izvedene v naravi.

ANALIZA POSAMEZNIH STOPENJ MEŠANJA VODE Z ZRAKOM. Sistematičen pregled glede različnih možnih stopenj mešanja vode z zrakom (7 progresivnih stopenj) so podali Avstralci (Mihels—Lovely), kar prepričljivo dokazuje, zakaj so možna tako različna fizikalna toičačenja mehaniz-

ma tega fenomena. Razni prejšnji avtorji (Lane, Hickox, Hall, Pavel Dorin) so sicer podali metode za proračun globine ozračenega toka v brzotokih, vendar pa dobimo pri praktični uporabi teh metod v konkretnem primeru pogosto tako različne rezultate, da jih je mogoče z uspehom uporabljati očitvidno samo v specifičnih pogojih, za katere so bile sestavljene.

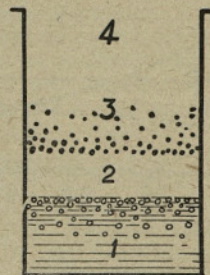
Po dosedaj veljavnih teorijah ozračevanja se pričena vodni tok mešati z zrakom, če je hitrost vode večja od 3.3 do 6.6 m/s, nadalje, če je turbulentni sloj prodril od dna do površine in če ima kanal tak minimalni padec, kakršen je potreben za enakomerno gibanje mešanice.

Avtorja priporočata za proračun brzotokov uporabo Hallove ali Pavlove metode, ki bosta v večini primerov dali še uporabljive rezultate, dočim naj se razdalja točke ozračevanja na prelivih jezov od njih krone določi po Hickoxovih podatkih. Avtorja sta na kraju podala enačbo, ki definira medsebojne odnose med globino, hitrostjo in oddaljenostjo tega mesta na prelivnem pramenu.

PREISKAVE NA KANALIH IN BRZOTOKIH. Z eksperimentalnimi raziskavami gibanja mešanice vode z zrakom v kanalih s prosto gladino so se ukvarjali številni raziskovalci, ki so na podlagi merjenj v laboratorijih in v naravi prišli do raznih, čeprav še nepopolnih, vendar pa zelo zanimivih zaključkov.

Po italijanskih raziskavah, izvršenih na ozkem žlebu, (Viparelli), je treba v prečnem prerezu mešanice vode in zraka razlikovati dva sloja in sicer spodnjega, v katerem prevladuje voda, in zgornjega, v katerem prevladuje zrak.

V spodnjem sloju se po njegovih meritvah v nasprotju s stališčem Laneja in Gumenskyja (Bureau of Reclamation) velikost odpora pri čisti vodi prav v ničemer ne spremeni in povzroča primes zraka zgolj povečanje prečnega prereza tega sloja. Do določene višine nad dnom ostane procent zraka v tem sloju skoraj konstanten, pri čemer se zrak neposredno ob dnu



Slika 7. Značilni prerez skozi ozračen tok v odprtem kanalu po Viparelliju. V spodnjem sloju 1 se odteka pretežno voda, v zgornjem sloju 3 pa pretežno zrak, sloj 2 predstavlja prehod med 2 in 3, v sloju 4 se giblje sam zrak.

giblje, sledeč fluktuaciji turbulentnosti, počasneje kakor obkrožajoča ga voda, ki ima svojo določeno smer gibanja in katere hitrost se v spodnjem sloju razporeja po logaritmičnem zakonu teorije turbulenosti.

V zgornjem sloju pa obstoja zračni tok, v katerem so pomešane vodne kapljice, ki zaradi velike turbulence pršijo iz spodnjega sloja navzgor celo z večjo hitrostjo, kakor jo ima sama mešanica. Ta zgornji sloj pa je zaradi trenja z zrakom vedno znatno počasnejši in zmanjšuje s tem hitrost spodnjega sloja. Na sliki 7 je prikazan značilni prerez skozi popolnoma ozračen odtok v odprtem kanalu. V spodnjem sloju (1) odteka do 90 % celokupnega pretoka in sledi vodni tok zakonom hidravlike, v zgornjem sloju (3) prevladuje zrak in prihaja do izraza predvsem trenje atmosferskega zraka z mešanico, vmesni sloj (2) predstavlja pa zvezni prehod iz spodnjega v zgornji sloj; dočim zračni sloj (4) predstavlja tisti del atmosfere, katerega spravi brzotok v gibanje.

Francozi (Halbronn, Durand, Cohen de Lara) so z meritvami na podobnem žlebu ugotovili, da znaša koncentracija zraka v vodi in sicer v točki prehoda iz spodnjega (emulzijskega) sloja v zgornji (ejekcijski) sloj 60 % mešanice in da ostane ta vrednost neodvisna od velikosti pretoka. Prav tako so pri merjenju pritiskov v obeh conah ugotovili, da vlada v zgornjem sloju povsod le atmosferski pritisek in da izkazuje linija pritiska na prehodu v spodnjo cono za identifikacijo tega mesta značilno točko preloma.

Tudi Američani (Straub, Lamb) so z meritvami na podobnem žlebu ugotovili, da 90 % celega pretoka odteče v spodnjem sloju, katerega globino

ocenjujejo s 60 % celotne globine mešanice pri polnem ozračenju odtoka. Tudi potrjujejo Viparelijevo dognanje, da se koncentracija zraka v tem sloju bistveno ne menja.

Glede raznih dosegljivih stopenj koncentracije zraka v tem sloju so ugotovili, da sprejema slednji v primeru »popolnega« ozračevanja trajno ravno toliko zraka, kolikor ga zaradi vpliva vzgona izgublja iz vode. Kakor hitro pa pri neizpremenjenem padcu, hrapavosti in dimenzijah kanala povečamo prvotni normalno ozračen pretok po količini, se bo znižala koncentracija zraka pod mejo normalnega ozračevanja in odtok ostane lahko le delno ozračen.

Zgornji sloj se giblje znatno počasneje kakor spodnji zaradi tega, ker obstoja zaradi velike hrapavosti površine zelo veliko trenje z zrakom, ki ga mora vodni tok vleči s seboj.

Meritve so tudi pokazale, da vpliv bočnih sten zelo povečuje koncentracijo zraka, vendar ostane ta vpliv omejen le na ozek pas prereza tik ob stenah, dočim v ostalem delu prereza ta vpliv ni zaznaven.

Pri popolnoma ozračenem pretoku nastanejo največje hitrosti v globini, enaki 20 % celotne globine, tudi če variramo padec. Obratno pa se pri nepopolnem ozračevanju ta globina zelo hitro in tem bolj zveča, čim nepopolnejše postaja to ozračevanje.

V nasprotju z italijanskimi trditvami, da ozračevanje vode bistveno ne zmanjšuje koeficienta odpora (n) Manningove enačbe preko vrednosti, dobljene za čisto vodo (n_0), sta avtorja ugotovila, da daje taka enačba več ko za 20 % manjše hitrosti, kakor so bile izmerjene v resnici.

Da je vrednost (n) vedno manjša kakor vrednost (n_0) so dokazali tudi Jugoslovani (Jevdjević, Levin), ki so na podlagi meritev v naravi, izvedenih na Mostarskem brzotoku, ugotovili, da se zaradi povečanja hidravličnega radiusa ozračenega toka in zmanjšanja odpora vsled trenja ob zidovih korita znatno zmanjša koeficient odpora (n) ozračenega toka, ki je v primeru Mostarskega brzotoka za 30 % manjši od Manningove vrednosti (n). Zaradi tega so hitrosti v ozračenem toku znatno večje kakor pri čisti vodi, čeprav deluje odpor zaradi intenzivnega trenja zraka z zelo razgibano vodno površino ozračenega toka v nasprotni smeri. Meritve hitrosti zračnega toka, ki ga vleče ozračen tok na svoji površini, so namreč pokazale, da se gibljejo znatne količine zraka tudi do 5 m nad vodno gladino in da se pretežni del tega zraka giblje s hitrostjo 3–5 m/s v smeri vodnega toka v obliki zračnih vrtincev, ki prav gotovo absorbirajo viden del energije vodnega toka.

Jugoslovani so tudi (Franković) prikazali nov postopek za proračun hitrosti vode in procenta njenega ozračevanja v brzotokih spremenljive širine, ki pa temelji na čisto analitični pod-

lagi. Avtor nastavlja enačbo za proračun koncentracije zraka v ozračenem toku na podlagi predpostavke, da je količina v vodo prodrlega zraka proporcionalna razmerju med kinematskimi viskozitetami zraka in vode, ter zagovarja pravilnost svojega postopka s primerjanjem rezultatov svojega računa z Ehrenbergerjevimi meritvami.

Celotna razprava je pokazala, da do sedaj izvršene preiskave gibanja vode v brzotokih še ne zadostujejo za dokončno fizikalno in teoretično zadovoljivo formuliranje problema, in se bodo po izjavah referentov še nadaljevale.

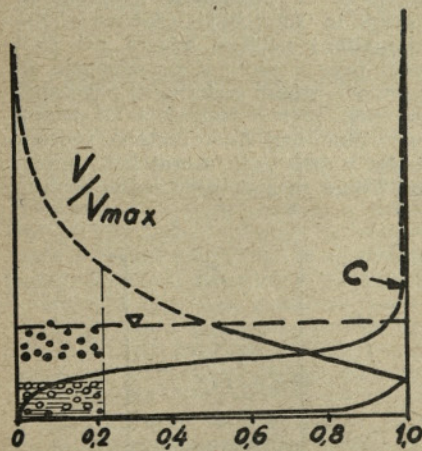
PREPREČENJE VDIRANJA ZRAKA SKOZI VPADNE JASKE V DERIVACIJE. Precejšnje zanimanje je vzbudilo na posvetovanju tudi vprašanje, kako preprečiti vdiranje zraka v dovodne tunele central v primeru, če se dovaja v tunel voda iz raznih vodotokov, nahajajočih se vzdolž trase. Zaradi višjega piezometričnega nivoja teh pritokov se običajno taka voda dovaja v tunel s pomočjo vertikalnih vpadnih jaškov. V primeru, da vdre zrak, pomešan z vodo, skozi tak jašek v spodnji tunel, je treba računati s povečanjem lokalnih izgub v območju zračnih blazin, ki nastajajo vzdolž dovodnega tunela, s povečanjem pulzacije vodnega pretoka, poslabšanjem efekta turbin, pri čemer je pri Peltonkah računati še s pojavom vodnega udara in kavitacijske erozije rotorjevih lopatic.

Vsi referenti so si prizadevali najti predvsem tako konstruktivno ureditev dovoda, ki naj bi na čim sigurnejši način preprečevala vdor zraka iz jaška v tunel.

SPIRALNO DOVAJANJE VODE K VPADNIM JAŠKOM. Po ameriških meritvah (Lanshey, Mavis) glej sliko 9/a, je pri spiralnem dovojanju vode k zgornjemu delu jaška količina vsrkanega zraka direktno proporcionalna višini njenega prostega pada do spodnje vode v jašku. Zaradi nastanka zračnega lijaka ves ta zrak lahko zopet uhaja iz jaška na prosto, vendar pa mora stati gladina spodnje vode v njem dovolj visoko nad vtokom v tunel, če hočemo zares preprečiti vdiranje zraka v derivacijski sistem.

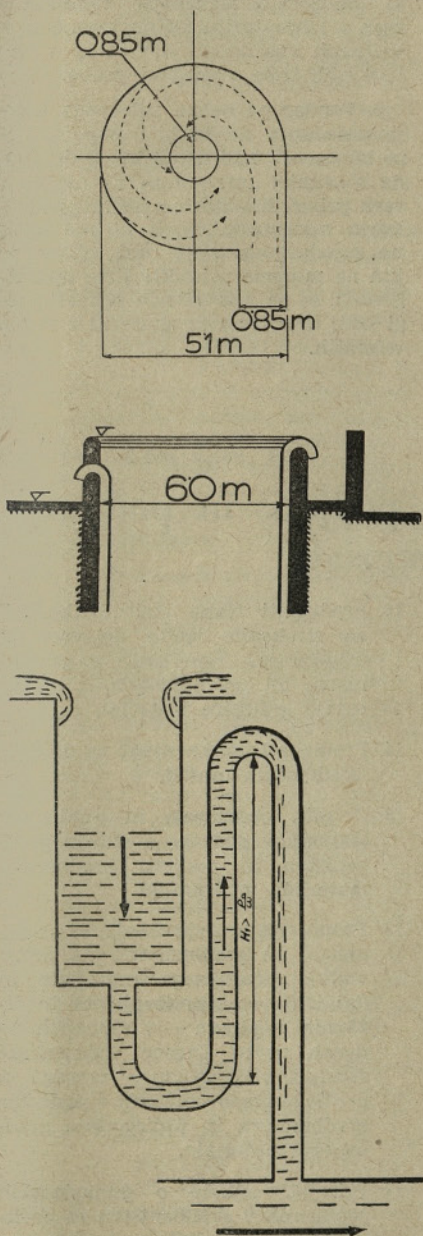
Pri radialnem dovojanju vode pa se pojavlja na vtoku v jašek močnejše sesanje zraka, kar znatno poveča količino vsrkanega zraka celo v primeru, ko je skoro ves jašek že pod pritiskom.

DOVAJANJE VODE V TUNEL S POMOČJO SIFONSKE BATERIJE. Po jugoslovanskih predlogih (Jevdjević) glej sliko 9/b, naj bi se pri jaških velike višine dovajala voda brez vsake primesi zraka preko baterije sifonov manjšega prereza (po 20 cm in podobno) ter ne bi zaradi velikih tlačnih izgub v ozkih ceveh obstajala nevarnost kavitacije v glavah teh sifonov.



Slika 8. Porazdelitev hitrosti $\frac{v}{v_{max}}$ in koncentracija zraka C v odvisnosti od gladine Z pri popolnoma ozračenem pretoku v kanalu s prosto gladino. Črtkani deli krivulj predstavljajo porazdelitev istih vrednosti v zračnem sloju tik nad mešanico po Straubu.

SIFONSKI DOVOD V TUNEL. Francozi (Marquenot) pa predlagajo ureditev enega samega sifona večjih dimenzij, izvedenega v obliki obrnjene črke U. Razlika v delovanju takega sifona v primeri s klasično obliko je ta, da ne more pasti nivo vode v vertikalnem jašku do ustja tega sifona, ki funkcionira zaradi tega trajno in stabilno, dočim količina po sifonu odtekaajoče se vode zavisi edino od razlike nivojev v komori in zgornjem temenu sifona. Praktično realizacijo takega vpadnega jaška velike višine prikazuje slika



Slika 9. Ureditev vpadnega jaška za sekundarni dovod vode v zaprte derivacijske sisteme.

- a ... po ameriškem predlogu s spiralno ureditvijo vtoka
- b ... po jugoslov. predlogu z baterijo sifonov
- c ... po francoskem predlogu z enim večjim sifonom

9/c. Jašek je sestavljen iz spodnjega kraka sifona I, v katerem nastaja maksimalna depresija, dočim je zgornji del kraka II zvezan z zadostno globokim vpadnim jaškom III takih dimenzij, ki zagotavlja popolno uhajanje zraka iz vode tudi še v primeru, če nastane v vodnjaku padec do 10 m. Zaradi malih pritiskov in velike hitrosti vode v kraku A sifona, se sicer lahko pojavi kavitacija v tem delu konstrukcije, vendar pa nista avtorja mogla ugotoviti v ceveh nikakega sledu kavitacijske erozije.

Predlagane nove rešitve predstavljajo sicer v hidravličnem pogledu znatno izboljšanje rešitve dosedanjih konstruktivnih oblik vpadnih jaškov, vendar pa to vprašanje po piščevem mnenju s predloženimi variantnimi rešitvami zaradi gradbeno kompliciranejših oblik še ni do kraja dozorelo.

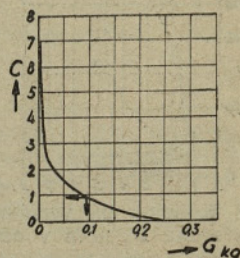
ODSTRANITEV KAVITACIJE V TEMELJNIH IZPUSTIH. Nadaljnje razprave so se vrtele okrog vprašanja, kako in v kakšni meri je dovajati vodi v zaprtih brzotokih zrak, da bi ublažili oziroma odstranili nevarnost kavitacije tako na vtočnem delu objekta kakor tudi v območju zatvornic, kjer je treba razen betonskih delov obvarovati pred uničenjem tudi jeklene konstruktivne dele; te je treba zaradi pogona zatvornice vgraditi v tem, v ta namen v pravokotni prerez preoblikovanem delu sicer okroglega profila tunela.

Amerikanci (Peterka—Bureau of Reclamation) so ugotovili, da pričenja nečista voda kavitirati znatno iznad meje pritiska vodne pare, ki znaša pri navadni vodi približno 0,05 normalne atmosfere, da je trajanje kavitacijskega pojava relativno kratko, saj znašajo frekvence 200 in več period na sekundo, in da delujejo v območju kolapsa na površini ostenja tunela trenutni udarci največje dosežaj izmerjene velikostne stopnje tudi do 8000 kg/cm². Jasno je, da povzročijo sproženje tako velikih napadalnih sil v objektu lahko katastrofalne poškodbe že kmalu po začetku njegovega obratovanja.

Dosedanje preiskave so tudi dognale, da v vodi normalno absorbirani zrak pospešuje nastanek kavitacije, da pa že minimalna količina vodi dodanega atmosferskega zraka, na primer 0,1% od volumna vode, 10 kratno povečuje prvotno njeno stisljivost, kar ublažuje rušilno moč kolapsa.

Avtor je v kavitacijskem preizkuševališču v Denverju analiziral vpliv dovajanja zraka na ublaženje kavitacijske erozije, delujoče na betonsko oblogo, in ugotovil, da je pri 7% dovajanju zraka, ($Q_z = 0,07 Q$ vode) glej slika 10, rušilna moč kolapsa že skrcena na mero, ki ni več škodljiva kvalitativnemu betonu. Nujno pa je potrebno, da se ta zrak razporedi v prizadetem območju čim pravilneje in v obliki malih mehurjev, dočim razporeditev v obliki večjih, a redkejših mehurjev nima več tako ugodnega vpliva.

Isti avtor je nadalje na podlagi meritev na modelu 1:21,5 jaškastega preliva za visoko vodo pregrade Heart Bottle in opazovanj na tem objektu ugotovil, da je z dovajanjem zraka

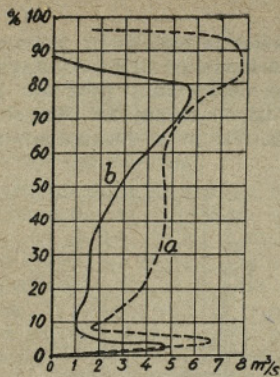


Slika 10. Količina po kavitacijski eroziji uničenega betona G v kg pri 2 urnem trajanju poizkusa, prikazana v odvisnosti od količine v kavitacijsko območje dovedenega zraka C, izražena v odstotkih vodnega pretoka po Peterki.

po posebnem sistemu cevi bilo mogoče razen kavitacijskih podpritislov zmanjšati tudi sicer silovite pulzacije odtoka. Vsrkavanje zraka na prelivu je bilo namreč izrazito neustaljenega značaja in je odtekal zrak skozi jašek v obliki mehurčastih oblakov, ki so imeli precejšnjo frekvenco. Primerjava rezultatov na modelu z rezultati v naravi je potrdila že znano dejstvo, da ne obstaja glede zraka med modelom in naravo modelna podobnost in sicer je v naravi izmerjena količina zraka bila v gornjem primeru 4krat večja od količine preračunane iz modelnih preiskav.

DIMENZIONIRANJE VENTILACIJSKIH CEVI V TEMELJNIH IZPUSTIH. Z vprašanjem dimenzioniranja ventilacijskih cevi, nameščenih nizvodno zatvornic v temeljnih izpustih dolinskih pregrad, s katerimi naj bi se preprečila kavitacija oziroma nevarne resonance med pulzirajočim odtokom in vibracijo zatvornice med njenim manevriranjem, sta se ukvarjala Campbell in Guyton od Corps of Engineers.

Do sedaj je veljalo pravilo, da je treba ventilacijskim cevem dati do največ 10% prereza tunela, v katerem je nameščena zatvornica. Avtorja pa sta ugotovila, da je mogoče te dimenzije določiti na racionalnejši način, in sta objavila novo enačbo za njih dimenzioniranje. Pri tem opozarjata, da velja ta enačba za primer pravokotne oblike prereza tunela v ventilačnem profilu, pri čemer maksimalna hitrost zraka v ceveh ne prekaša 60 m/s. Tudi prikazujeta rezultate meritev potrošnje zraka na ventilacijah raznih ameriških temeljnih izpustov in sicer za razne procente odpiranja zatvornice. Nekatere prikazujemo na sliki 11. Iz teh meritev sledi, da obstajata dva izrazita maksima v potrošnji zraka in sicer v začetku odpiranja ter pri 80% odpiranju zatvornice, ko je dosežena največja vrednost njegove potrošnje.



Slika 11. Količina po ventilaciji dovedenega zraka B_v m³/s v odvisnosti od procenta odpiranja A tabličaste zatvornice v temeljnem izpustu po Campbellu,

a ... izmerjeno na pregradi Nord Fork b ... izmerjeno na pregradi Pina Flat

Prispevek obeh avtorjev je tem pomembnejši, ker do sedaj še ni uspelo ugotoviti osnov za racionalnejši proračun dimenzij ventilacij, po eni strani zaradi neuporabnosti modelne metode, po drugi strani zaradi težav pri merjenju potrošnje zraka na objektih v naravi.

ZAKLJUČEK

1. Peto zasedanje internacionalne organizacije IAHR je predstavljalo veliko manifestacijo kolektivnega dela hidravlikov iz vseh delov sveta, ki so ustvarili s svojim delom nove temelje za nadaljnji teoretični in praktični razvoj štirih uvodoma navedenih važnih smeri moderne hidravlike.

2. Kakor je bilo pričakovati, so glede na strokovno ravn zasledanja odločilno vplivali referenti iz ZDA, ki so prav zaradi izredno razvitega in mestoma že zelo kompliciranega vodnega gospodarstva obdelali gornje probleme bolj iz vidika racionalnejše zasnove ter izboljšanja eksploatacije velikih hidrotehničnih objektov v njihovi deželi.

V evropskih referatih pa je prišlo bolj do izraza sistematično, predvsem v laboratorijskih izvršeno delo.

3. Razen že v poročilu podane ocene kvalitete posameznih referatov je treba še posebej omeniti velike koristi, ki so jih nudile raziskovalne moderne merilne metode zlasti pri analizah vprašanja valovanja vodnih gladin, mešanice vode z zrakom in gostih tokov. Tudi tu se je pokazala optična

in elektronska aparatura kot najzanesljivejši pripomoček raziskovalcu pri njegovem delu.

4. Posebno važna pa se zdi piscu ustanovitev in delovanje velikih organizacij na samem terenu, v katerih se s sistematičnim opazovanjem v naravi manifestirajočih se značilnosti zgoraj omenjenih pojavov ustvarja šele za rešitev posameznih vprašanj potrebna trdnejša podlaga.

5. Prav tako je bil na tem zasedanju zabeležen nadaljnji viden napredek v uporabi brezdimenzionalnih parametrov, ki omogočajo sigurnejše tolmačenje vseh v laboratoriju ali na terenu ugotovljenih značilnosti pojava in s tem tudi njih širšo praktično izrabo.

6. Vendar pa ocena splošnega nivoja zasedanja ne bi bila popolna, če ne bi omenili tudi neugodnega dejstva, da številnim referantom ni uspelo v vseh primerih zadostno podkrepiti njihovih zaključkov. Tako so bile tedaj na zasedanju podane tudi rešitve, ki jim ne moremo prisoditi širše uporabljivosti, so pa v nekaterih primerih tudi sami avtorji na to opozorili v svojih referatih.

Ing. Valentin Kovač

DK 061.3 : 061.283 : 69 + 666

Prva redna skupščina združenja gradbenih podjetij in podjetij za proizvodnjo gradbenega materiala

V okviru Zvezne Industrijske Zbornice je bilo v začetku tega leta osnovano Združenje/gradbenih podjetij FLRJ, kmalu nato pa tudi republiško Združenje, ki so vanj vključena tudi podjetja industrije gradbenega materiala.

Prva redna skupščina Združenja, ki je bila 22. in 23. maja v Rogaški Slatini, je že obravnavala niz problemov, katerih rešitev je pogoj za pravilen razvoj gradbene stroke.

Združenje gradbenih podjetij in podjetij za proizvodnjo gradbenega materiala bo odslej imelo sledeče naloge:

- Sodelovati z državnimi organi pri pospeševanju gradbeništva in industrije gradbenega materiala, zastopati gradbeništvo na zunaj, sodelovati pri pravilnem izvajanju državne gradbene politike, pri strokovnem dviganju kadrov in pri sestavljanju družbenega plana republike.
- Sodelovati s strokovnimi organizacijami, združenji in zbornicami doma in v tujini, zlasti z Zvezno industrijsko zbornico in Združenjem gradbenih podjetij FLRJ.
- Skrbeti za organizacijski in gospodarski dvig članov z dajanjem nasvetov in drugačne pomoči.
- Razvijati med svojimi člani smisel za sodelovanje.
- Zastopati in varovati koristi gradbeništva in industrije gradbenega materiala ter svojih članov.
- Dajati mnenja o cenah gradbenih storitev in cenah gradbenega materiala.
- Skrbeti za znižanje cen investicijam ter za dvig kvalitete del.
- Posredovati nabavo gradbenega materiala in mehanizacije doma in v tujini.
- Posredovati in prenašati pridobitve oziroma napredek gradbeništva in industrije gradbenega materiala iz tujine.
- Predlagati, dajati mnenja in sodelovati pri zakonodaji.
- Preprečevati vse negativne pojave v gradbeništvu in industriji gradbenega materiala, kakor na primer razdeljevanje gradbenih območij, določanje cen, preprečevati pojav nezdravega tekmovanja med podjetji, pojave monopolističnih cen oziroma kartelnih tendenc podjetij, šušmarstva itd.
- Skrbeti za nižje strokovno šolstvo in dajati mnenja oziroma predloge za sestavo učnih načrtov srednjih in visokih tehniških šol.
- Predlagati člane izpitnih komisij za strokovne izpite delavcev in uslužbencev, zaposlenih v gradbeništvu ali pri podjetjih, ki proizvajajo gradbeni material.
- Predlagati strokovnjake za dajanje izvedeniških mnenj.
- Zbirati, obdelovati in analizirati statistične podatke o stanju gradbeništva in podjetij gradbenega materiala v republiki.
- Proučevati vsa vprašanja, ki se nanašajo na gradbeništvo, na proizvodnjo gradbenega materiala in dajati Zborom proizvajalcev in državnim organom — v važnejših zadevah preko Zvezne industrijske zbornice v Beogradu — mnenja in predloge glede vprašanj s področja gradbeništva in proizvodnje gradbenega materiala.
- Prirajati ankete o gospodarskih problemih v gradbeništvu in proizvodnji gradbenega materiala ter priobčevati rezultate s svojimi mnenji in predlogi.
- Ustanavljati za uresničevanje svojih nalog institute, biroje, laboratorije, postaje za preizkušanje blaga in druge ustanove za napredek proizvodnje oziroma poslovanja svojih članov.

19. Ustanavljati tečaje, seminarje in strokovne šole za vajence v gradbeništvu in industriji gradbenega materiala ter izdajati redne in občasne publikacije, časopise in drugo strokovno literaturo.

20. Opravljati zadeve iz pristojnosti državnih organov, ki jih le-ti prepušajo s posebnimi predpisi Združenju in opravljati tudi vse druge zadeve, ki jih Združenju nalagajo posebni predpisi.

V poročilu, ki ga je v imenu prvega Upravnega odbora podal tov. Kamnikar Alojz, je bila nazorno prikazana problematika našega gradbeništva. Prikazani so bili uspehi, ki so jih dosegla naša gradbena podjetja ter podjetja za proizvodnjo gradbenega materiala, nakazani so bili tudi problemi, ki jih je treba nujno reševati, da ne bo gradbeništvo zaostajalo v svojem razvoju za razvojem drugih vej gospodarstva.

Glavni problem, ki je bil na skupščini vsestransko osvetljen, je sedanjí pretežno sezonski značaj del v gradbeništvu. V novih družbenih odnosih je to problem, ki mu je potrebno posvetiti še posebno pažnjo, ker nestalni gradbeni delavec ne more sodelovati v organih delavskega samoupravljanja, s čimer je stavljen v neenakopraven položaj v primeri z delavci v drugih vejah gospodarstva.

Naša gradbena podjetja za proizvodnjo gradbenega materiala ne morejo v zimskih mesecih zaposliti velikega števila delavcev, ki jih zaposlujejo med sezono. Opečna industrija zaposluje na primer pozimi le polovico sezonske delovne sile. Dejansko so gradbena dela v zimskem času negospodarska, posebno pa glede na deloma zaostali način dela zaradi nezadostne opreme gradbenih podjetij ter industrije gradbene materiala.

Zmanjšanje zaslužka gradbinca zaradi zimske nezaposlenosti je nadaljnji faktor, ki postavlja gradbinca v neenakopraven položaj z drugimi delavci. Zato se naš gradbincec še vedno ne more popolnoma posvetiti svojemu poklicu.

Diskusija je pokazala vso obsežnost problema. Ustanovna skupščina Združenja, ki je tudi že pretresala ta osnovni problem gradbeništva, še ni prišla do določenih zaključkov, vendar je takrat večina delegatov izjavila, da je rešitev v deset urnem delavniku, s čimer bi naj gradbinci opravili svojo letno kvoto delovnih ur v sezoni gradbenih del.

Skupščina v Rogaški Slatini je naredila velik korak naprej s tem, da je problem prediskutirala bolj z načelne strani, pri čemer je imela pred očmi predvsem naše družbene odnose ter obstoječe zakone. Bistven prispevek je pri tem dal sindikat gradbincev, ki je na svoji republiški skupščini zavzel

določena stališča, ki so v nemali meri vplivala na sklepe skupščine Združenja.

Podaljšanje delovnega časa ni v skladu z uzakonjenim 8 urnim delavnikom. V diskusiji je bilo poudarjeno, da pada storilnost s podaljšanjem delovnega časa, da se povečuje število nezgod, da se zmanjša možnost kulturno prosvetnega udejstvovanja gradbinca, ker bi bilo potrebno uvesti deljen delovni čas, kar poveča skupni čas, ki ga mora gradbincec prebiti na gradbišču.

Podaljšanje delovnega časa poudarja v določeni meri sezonski značaj zaposlitve gradbinca, kar pa onemogoča izvajanje zakona o delavskem upravljanju. Upravlja lahko samo tisti, ki je vse leto član kolektiva. Praktično bi v primeru desetturnega sezonskega dela delavsko upravljanje v gradbeništvu bilo skraćeno na grupo uslužbencev in manjše število stalnih delavcev.

Povečanje zaslužka gradbinca med sezono pri 8 urnem delavniku, tako da bi imeli kompenzacijo za nezaposlenost v zimskem času, je v nasprotju s plačilnim sistemom, ki seveda predpostavlja stalno zaposlitev.

Rešitev je treba iskati v stalni zaposlitvi gradbinca. Poiskati je treba način oskrbovanja določenega števila delavstva v zimskem času. S tem bo gradbincec prišel v enakopraven položaj z delavci ostalih strok. Vprašanje zaposlitve gradbinca ne sme biti odvisno od ponudbe in povpraševanja — posebno v tem primeru ne — temveč ga morajo reševati upravljavci sami v okviru komun.

Sklep skupščine je bil naslednji: »Trebja je zajamčiti gradbincem iste pravice, ki jih imajo ostali delavci. Že med sezono je treba zagotoviti s kalkulativnim pribitkom določen fond, ki bo zadostoval za nezmanjšane prejemke gradbincev izven sezone. Smatrati je treba čas izven sezone za neprekinjeno delo in omogočiti realizacijo obračunskega sklada za vse delavce.«

Realizacija tega sklepa bi predstavljala velik napredek v reševanju problemov gradbeništva. Večina drugih problemov, ki jih je skupščina še obravnavala, je v tesni zvezi s tem glavnim problemom.

Kot posledica sezonskega značaja gradbenega delavca se zlasti opaža pomanjkanje nižjega strokovnega kadra. Navedeni so bili statistični podatki, ki kažejo, da je sedanja povprečna starost kvalificiranega delavca v gradbeništvu 43 let! V letu 1953 je primanjkovalo 83 zidarskih in 24 tesarskih mojstrov, 988 kvalificiranih zidarjev ter 169 tesarskih. Posebno industrija gradbenega materiala nima vajencev, opekarska industrija pa niti enega!

V diskusiji je bila poudarjena potreba po večji zainteresiranosti komun za vzgojo naraščajajo v gradbeništvu,

ker fondi za samostojno razpolaganje ne zadoščajo za te namene. Opaža se tudi nezadostna skrb za pravilen razvoj vajencev: ne pišejo dnevnika, nimajo priložnosti preiti vseh faz dela itd.

Statistični podatki kažejo, da je produktivnost v letu 1953 v primeri z 1952 letom padla, kar je treba v veliki meri pripisati pomanjkanju nižjega strokovnega kadra. Vrednost izvršenih gradbenih del je namreč lani v primeri z l. 1952 narasla za 39 %, število zaposlenih pa za 37 %. Ker so se cene gradbenih storitev zvišale za 20 %, je bilo povečanje zaposlenosti večje kot povečanje vrednosti del. Če predpostavljamo, da se struktura del ni izpremenila, moramo iz teh števil ugotoviti, da je storilnost dela lani v primerjavi s predlanskim letom precej padla.

Končno je bilo v diskusiji govora o slabem nagrajevanju vajencev, kar poleg sezonskega značaja del še posebno vpliva na slab dotok naraščajajo v gradbeno stroko.

Skupščina je sprejela sledeč sklep: »Stanje vajeniškega kadra je postalo zelo kritično. Nizko honoriranje ne stimulira. Posamezna podjetja tega problema ne morejo rešiti sama. Dovolj naj se vnesi v cene gradbenih storitev določen kalkulativni pribitek, ki naj omogoči realizacijo sredstev za šolanje.«

Reševanje spredaj navedenih problemov morajo spremljati stalni napor za izboljšanje mehanizacije v gradbeništvu in industriji gradbenega materiala. Skupščina je zato obravnavala tudi vraščanje amortizacije. Prikazano je bilo, kako podjetja s slabšo mehanizacijo zaradi nizke stonje amortizacije realizirajo malo sredstev za nabavo nove mehanizacije, čeprav potrebujejo dejansko mnogo več takih sredstev kot podjetja z novo, dobro mehanizacijo.

Postavlja se vprašanje, kako bo podjetjem uspelo, nadomestiti sedanjo iztrošeno mehanizacijo. Poleg tega je bilo govora o uredbi, ki jo je pripravljala Zvezni izvršni svet, po kateri naj bi plačevala sezonska podjetja amortizacijo le za čas obratovanja. Skupščina je sklenila predlagati pristojnim organom, da bi bila gradbena podjetja in podjetja za proizvodnjo gradbenega materiala izvzeta od tega določila, kajti že sedanja amortizacija je nizka in bi njeno zmanjšanje lahko spravilo že v kratkem času podjetja v težak položaj.

V ospredju diskusije je bilo vprašanje delitve dobička med komuno in podjetjem. Posamezne komune so zavzele zelo različna stališča glede tega vprašanja, tako da se giblje razmerje deležev od 50 : 50 do 80 : 20. Razlike so tudi v določitvi deleža za samostojno razpolaganje, ki se giblje od 70 do 90 %. Diskutanti niso predlagali nekega šablonskega izenačenja razme-

rij deležev, temveč so predočili situacijo, ko so nekatera podjetja prišla v neenakopraven položaj. V nekaterih komunah bodo namreč lahko zagotovili delavcem in uslužbencem podjetij iste prejemke kot v letu 1953, ob istih ali deloma znižanih cenah storitev, medtem ko morajo v drugih komunah znižati prejemke ali zvišati cene.

Skupščina je sklenila predlagati pristojnim organom tako delitev dobička, da bo podjetju ostalo vsaj 48 %, od česa vsaj 90 % za samostojno razpolaganje. Razen tega bo novi upravni odbor zbral od vseh podjetij podatke o tem in prikazal nezaželene posledice.

Nadaljnji problem, ki ga v gradbeništvu še vedno nismo rešili, je stalno zamujanje pri izdelavi načrtov, odobravanju investicijskih kreditov, skratka nesorazmerno pozen polni razvoj gradbenih del. Poudarjeno je bilo, da nastane s takim delom mnogo večja škoda kot z vzdrževanjem gradbincev v zimskem času. Predočen je bil značilen primer s področja MLO Maribor, kjer je koncem maja še večina gradbenih podjetij bila brez dela. Od skupne vsote 1 milijarde 800 milijonov dinarjev, za kolikor lahko opravi mariborska podjetja del v enem letu, je bilo izliciranih le 81 milijonov. Skupščina je zato v svojih sklepih naglasila, da je treba pravočasno seznaniti izvajalca z deli, pravočasno izdelati načrte, ter pravočasno dodeliti kredite.

Glede vprašanja terenskih doklad se je skupščina postavila na sledeče stališče: »Nad 70 % gradbincev dela iz

ven kraja, kjer stalno prebivajo, zato naj se kot kriterij za dodeljevanje terenskih doklad usvoji zaposlenost izven mesta stalnega bivališča in ne izven sedeža podjetja, kot je to sedaj veljavno. Ker na gradbiščih posebno primanjkuje nekvalificirana delovna sila, se naj terenske doklade plačujejo tudi nekvalificiranim delavcem.« Ta sklep, kot vsi ostali se nanašajo na gradbena podjetja kakor tudi na podjetja za proizvodnjo gradbenega materiala.

Več diskutantov je obravnavalo vprašanje produktivnosti. Za izdelavo 1 milijona opeke potrebuje naša opečna industrija 25 delavcev letno, dočim potrebujejo v industrijsko razvitejših državah za to le 7 delavcev, neko podjetje v Švici pa celo 2,5 delavca. Potrebna je tudi preumeritev na votlake, ki jih pri nas izdelujejo v količini 20 % od skupne proizvodnje opečnih izdelkov, dočim znaša ta odstotek v drugih državah tudi do 80%! Zanimivo je dejstvo, da uporabljajo votlake pri nas v manjši meri tudi zaradi nesorazmerno visokih železniških transportnih stroškov. Železnica namreč po svojih predpisih zaračunava za votlake podobno tarifo kot za porcelan!. Iznešen je bil tudi primer nesorazmerno visoke potrošnje premoga za izdelovanje apna, ki znaša (reducirano na isto kalorično vrednost) v Sloveniji 30 %, Hrvaški 48 %, Makedoniji 52 % in Srbiji 65 %.

V zvezi z vprašanjem nizke storilnosti je bilo načeto tudi vprašanje stimulativnosti sedanjega plačnega sistema, ki je odigral svojo vlogo in je

danes že postal ovira v nadaljnjem razvoju. Udarniki, ki delajo za tri, niso zaželeni in jih tudi ni mogoče pravilno nagraditi, ker realiziramo obračunsko plačo samo za enega delavca.

Skupščina je obravnavala še vprašanje tehniške zaščite dela, vprašanje prehrane gradbinca, stanovanjskih razmer itd. Poudarjeno je bilo, da je treba pri licitacijah bolj upoštevati pogoje pri katerih bo moral gradbenec delati, kar je tudi bistvenega pomena za večji dotok novega kadra v gradbeništvu.

Skupščina je sprejela pravila Združenja, pravilnik o organizaciji tajništva, poslovnik o delu skupščine, poslovník o ureditvi in poslovanju častnega razsodišča ter predlog upravnega odbora o proračunu dohodkov in izdatkov Združenja.

Združenje bo imelo sekretarja, tri samostojne referente in še tri pomožne uslužbence. Za predsednika novega upravnega odbora je bil izvoljen direktor Gradisa ing. Hugo Keržan, za podpredsednika pa direktor ljubljanskih opekarn Alojz Ambrož.

Plodonosno dosedanje delo in prva redna skupščina Združenja podjetij gradbene stroke in industrije gradbenega materiala LR Slovenije sta pokazala, da je z uredbo o združevanju podjetij dejansko nastala ugodna demokratska oblika sodelovanja, vsklajena z razvojem našega družbenega in gospodarskega sistema.

Dr. ing. Lujo Šuklje

DK 061.3 : 061.239 : 624.131

Poročilo o 5. letni skupščini Jugoslovanskega društva za mehaniko tal in fundiranje

Peta letna skupščina Jugoslovanskega društva za mehaniko tal in fundiranje je zasedala od 2. do 5. junija 1954 na Ilidži pri Sarajevu. Prvi dan so podali ing. L. Filipović, prof. D. Kršmanović in prof. L. Šuklje kratek pregled prispevkov 3. mednarodnega kongresa za mehaniko tal in fundiranje, ki se je vršil v Zürichu avgusta 1953. Drugi in tretji dan je bilo podanih v dopoldanskih urah v izvlečkih (po 20 minut za vsak referat) dvajset strokovnih referatov, popoldne pa se je razvijala diskusija po pisemnih prijavah. Četrty dan je bil posvečen organizacijskim vprašanjem društva.

Strokovni del skupščine je vodil predsednik društva ing. B. Zeželj, delovnemu odboru, ki je vodil organizacijski del skupščine, pa je predsedoval ing. M. Fijember.

A) Delo 3. mednarodnega kongresa (Zürich 1953)

O delu 3. mednarodnega kongresa bomo poročali v Gradbenem vestniku v eni prihodnjih števil. Zato tu ne bomo rekapitulirali poročil s skupščine.

B) Strokovni referati

Strokovne referate so morali avtorji predhodno predložiti vsaj v izvlečkih redacijski komisiji društva. Dopusčeni so bili samo referati z izvirnimi prispevki avtorjev. Vsak udeleženec skupščine je prejel prvi dan precej obširne izvlečke referatov, kompletni teksti pa so bili udeležencem na vpogled v skupščinski čitalnici. Ti teksti bodo po skupščini objavljeni v naših tehničnih revijah, eden (št. 13) pa je bil objavljen že predhodno.

Diskusija, ki je bila sicer živa in stvarna in je osvetljevala obravnavane probleme, ni dala tako bistvenih dopolnil niti tako nasprotnih mnenj,

da bi bilo treba pri tem kratkem prikazu dela skupščine nanjo posebej opozoriti. Zato bo podana tu v kratkih povzetkih samo vsebina referatov.

Referati so bili na skupščini razvrščeni po osmih zasedanjih (sekcijah) 3. mednarodnega kongresa. Enako bodo razvrščeni tudi v tem poročilu.

I. sekcija: Splošne teorije, lastnosti tal, klasifikacija, inženirska geologija.

1) Prof. Lujo Šuklje (Laboratorij za mehaniko tal TVŠ v Ljubljani): Prispevek k teoriji plastične konsolidacije zemljin.

Plastično imenuje avtor konsolidacijo, katere hitrost narekuje plastični uror drsenju zrn, a v ravnovesno lego. Če je zemljina z vodo nasičena ali če vsebuje le malo zračnih por in če bočno izrivanje zemljine ni možno, se vzporedno z drsenjem zrn iztiskuje iz por voda. Zato se lahko vrši plastična konsolidacija ne le v primarni, temveč tudi v sekundarni fazi samo

ob ustreznih hidravličnih gradientih. S supozicijo, da je drsenje zrn po vsej debelini sloja enakomerno in istočasno ter da velja Darcyjev zakon, je izvedel avtor analitični izraz za ugotovitev pornih tlakov iz edometriške konsolidacijske krivulje. Izvedeni izraz pokaže, da so potrebni za določeno hitrost konsolidacije pri η krat debelejšem sloju η^2 krat večji porni tlaki.

Podrobna analiza možnosti ekstrapolacije krivulje plastične konsolidacije edometriškega vzorca vodi k zaključku, da se v primarni fazi η krat debelejši sloj ne more konsolidirati hitreje kot po zakonitosti hidrodinamične konsolidacije in ne počasneje kot po konsolidacijski krivulji edometriškega vzorca, pomaknjeni po abscisi logaritmov časa za η^2 proti desni.

Pri debelejših slojih je pričakovati, da se konsolidacijska krivulja bolj približa prvemu ekstremu. — Za plastično konsolidacijo sekundarne faze je mogoče zaključiti, da se konsolidacijska krivulja nikoli ne more približati konsolidacijski krivulji η krat tanjšega sloja tako, da bi bila v katerikoli času debelina sloja na hitrost konsolidacije brez vpliva. Toda dokler vztrajamo pri veljavnosti Darcyjevega zakona tudi v območju zelo nizkih hidravličnih gradientov, moramo pričakovati, da bo konsolidacijska hitrost večja od tiste, ki bi se dobila s premaknitvijo edometriške konsolidacijske krivulje v razmerju kvadratov višin. Ob hipotezi, da se pri zelo majhnih gradientih količnik propustnosti zmanjša, pa lahko pričakujemo konsolidacijsko hitrost, ki se bo tako ekstrapolirani hitrosti približala ali pa bo celo manjša.

Dosedanji eksperimentalni rezultati edometriških preiskav jezerske krede pri različno dolgih filtracijskih poteh v glavnem potrjujejo ugotovitve teoretičnih analiz. Vendar so še premalo številni in zaradi neenakomerne vsebnosti zračnih por premalo precizni, da bi dovoljevali končno eksperimentalno potrditev teoretičnih zaključkov.

Problem je bil raziskovan v zvezi s projektom kamnite pregrade Log Českoški, postavljene na usedline jezerske krede.

2. Dr. M. Djurić (TVŠ Beograd): **O nekaterih načelih teorije plastičnosti v geomehaniki.**

Avtor je podal ta nenajavljeni referat kot anotacijo. Vendar mu ni uspelo izvajanja zaključiti v razpoložljivem času.

II. sekcija: **Laboratorijske raziskave.**

3) Silvan Vidmar (Laboratorij za mehaniko tal TVŠ v Ljubljani): **Vrste konsolidacijskih krivulj pri edometriških raziskavah.**

Oslanjajoč se na analize raziskav laboratorija TVŠ je avtor razvrstil te krivulje v 6 osnovnih skupin in sicer glede na hidrodinamični ali plastični značaj primarne konsolidacije, glede na intenzivnost sekularne konsolidacije in glede na obliko krivulj primarne plastične konsolidacije.

4) Prof. Dušan Krsmanović (Geomehantička laboratorija Tehničkoga fakulteta u Sarajevu): **Prikaz rezultatov preiskave rdeče glinice s področja Rame.**

Avtor je podrobno raziskoval geotehnične lastnosti rdeče glinice iz razpok in kavem temeljnih tal projektirane ločne pregrade na Rami. Med drugim je ugotovil, da vsebuje ta gлина, katere deformacijski modul variira med 600 in več tisoč kg/cm² in katere količnik propustnosti je okrog 10⁻⁹ cm/sec, z zrakovim izpolnjenostjo pore; v preiskanih intaktnih vzorcih je bil izmerjen zračni pritisk 1,75 atm. Kontakt z vodo povzroči precejšnje nabiranje celo pod pritiskom 15 kg/cm².

Preiskave so vodile avtorja do zaključka, da je treba zaradi velike razlike deformacijskih modulov skale in glinice konsolidirati velike kaverne v neposredni bližini opornikov.

III. sekcija: **Terenske raziskave.**

5) Ing. Branislav Kujundžić in ing. Lazar Jovanović: **Terenske preiskave striženja in drsenja na HE Crvene vode.**

Preiskave so bile izvršene na blokih tektonsko poškodovanih karbonskih skrilavcev v sondažnih rovih, kjer so mogli strop in bokovi prevzeti velike reakcije normalnih in tangencialnih obremenitev. Posamezni bloki so bili izsekani v velikosti (80 × 80 × 40) cm³ iz dna galerij tako, da so ostali na spodnji ploskvi v prirodnem kontaktu s tlemi. Obremenitvene sile so bile tako usmerjene, da je bila ta kontaktna ploskev v strižni ravnini. Da bi preprečili prezgodnjo porušitev blokov, so jih obdali z železobetonskimi pasovi. Vsaka preiskava je obsegala preizkuse 4 blokov pri normalnih napetostih 1, 4, 8 in 11 kg/cm². — Po prestrigu so izbetonirali nad strižno ploskvijo betonske bloke enake velikosti in so s ponovnimi preiskavami ugotovili še strižno odpornost med betonom in hribino; v večini primerov se je razvil strižna ploskev v skrilavcu pod kontaktno ploskvijo.

6) Ing. Ervin Nonveidler (Geomehantički laboratorij »Geostrazivanje«, Zagreb): **Geomehantični problemi luke Ploče.**

Avtor je poročal o obsežnih in sistematičnih geotehničnih preiskavah, izvršenih na področju luke Ploče. Vrtnja v recentnih, nekonsolidiranih meljastih (prašnatih) usedlinah so bila izvršena brez cevi s težko izplako in so bila zelo uspešno dopolnjena z geoelektričnimi sondažami. Sondažne in geotehnične laboratorijske preiskave so dale osnovo za študij geotehničnih problemov novega naselja (n. pr. problema regionalnega usedanja) in za variantne projekte temeljenja pristaniških zidov.

IV. sekcija: **Temelji konstrukcij in nasipov. Dopustna obremenitev. Opazovanje usedanj.**

7) Ing. Branko Ladanji (Zavod za geotehniko Tehničkoga fakulteta u Zagrebu): **Numerični račun napetosti v tleh pod enakomerno obremenjenim brezkrainim pasom.**

Na osnovi Boussinesgovih in Fröhlichovih obrazcev je sestavil avtor tabele, ki omogočajo enostaven in hiter račun napetosti in izobar v katerikoli točki polprostora.

8) Ing. Zdenko Eiler (Geomehantički laboratorij »Geostrazivanje«, Zagreb): **Grafična metoda za določitev napetosti v tleh.**

Eilerova grafična metoda, ki ima enake osnove kot Ladanjičeve tabele, omogoča še hitrejšo določitev napetosti v polprostoru, obremenjenem z brezkrainim pasom. Prirejena je tudi za brezkraini pas stopnjastega profila, ki lahko služi kot aproksimacija trapeznega profila, ter za približen račun napetosti pod pravokotno bremensko ploskvijo.

9) Prof. Bruno Tartaglia (Šumarski fakultet, Sarajevo): **Fundiranje zgradbe industrijske šole v Zenici.**

Na mestih, kjer se nahaja pod zgradbo staro rečno korito, je avtor postavil zidove na mostne temeljne konstrukcije, oprte na trdnejši teren. Prevelikim robnim napetostim se je izognil s previsnimi polji temeljnih nosilcev.

10) Ing. Karl Polz (Projektantski zavod, Zagreb): **Pravilni izbor elastičnega sloja v strojnih temeljih za ublažitev vpliva na tla.**

Na osnovi teorije o razširjanju tlakov in valov v kroglinem izseku zaključuje avtor, da dajejo Ehlersove rešitve (Beton u. Eisen 1942, No. 21/22) za periodične obremenitve zadovoljive rezultate, medtem ko se dobe po Rauschu v resonančnem področju preveč pesimistični rezultati. Točnejši račun pokaže, da je treba predvideti proste oscilacije, ki jih je treba upoštevati vsaj tedaj, ko se menja število obratov instaliranih strojev. — Točna aplikacija omenjene teorije na problem udara pokaže, da običajne aproksimativne rešitve ne privedejo do zadovoljivih zaključkov; načelni Rauschov privzeteček, da se oscilacije tal pridruže po 5 periodah, ni upravičen in daje v večini primerov preveč ugodne rezultate.

11) Ing. Ivan Sovinc (Laboratorij za mehaniko tal TVŠ v Ljubljani): **Prispevek k računu togih temeljnih plošč.**

Avtor razvija približno numerično metodo za račun reaktivnih kontaktnih tlakov, usedkov in nagibov togih pravokotnih plošč, ki so bodisi centrično ali ekscentrično obremenjene. Razporeditev reaktivnih kontaktnih tlakov ugotavlja tako, da razdeli ploščo v majhne elemente, katerih usedek mora biti pri centrični obremenitvi enak, pri ekscentrični pa sorazmeren razdalji od osi. Zaključki študije omogočajo sestavo enačb in diagramov, s katerimi se dajo deformacije določiti hitro in enostavno. Metoda se da uporabiti za katerikoli razmerje med dolžino in širino plošče, toda samo ob supoziciji, da so tla izotropna in elastična. — Metoda se da razširiti tudi za plošče poljubne trmosti.

12) Prof. Dušan Kršmanović (Tehnički fakultet Sarajevo): **Vpliv kontinuirnosti in trdnosti na proračun konstrukcij in kontinuirnih temeljnih pasov.**

Glede na togost ali gibkost konstrukcije (objekta) na eni strani in temeljev na drugi strani loči avtor štiri skupine primerov in razvija načela za statično obravnavo vsake teh skupin. Značilnosti tal v nekih primerih zelo vplivajo na konstrukcijo, v drugih pa so vplivi tal docela eliminirani. — Obravnavane računске metode so pojasnjene tudi na nekem numerično izračunanem primeru.

13) Prof. Lujo Šuklje (Laboratorij za mehaniko tal TVŠ v Ljubljani): **Nosilnost malo propustnih kohezivnih slojev omejene debeline.**

Razprava vsebuje rezultate nadaljnjih analitičnih in eksperimentalnih preiskav problema stabilnosti brezkrainih bremenskih prog različnih prečnih profilov na zelo malo propustnih, omejeno debelih slojih. (Referat o predhodnih raziskavah tega problema je podal avtor že na skupščini v Arandjelovcu; gl. naše poročilo v št. 19—20, str. 220). Kriterij stabilnosti glede na krožne drsine, ki oklepajo s površino kot 45°, je dopolnil avtor z upoštevanjem možnosti drsenja vzdolž kontaktnih ploskev sloja in vzdolž vzpenjajočega se dela krožnih drsin ob periferiji bremenskega pasu; to drsenje lahko nastane zaradi previsokega kvazihidrostatičnega tlaka v notranjosti sloja. — Avtor je kritično analiziral tudi analogni račun stabilnosti brezkrainih bremenskih pasov na plasteh, katerih kohezija narašča z globino linearno ali stopnjasto, in je podal aproksimativno rešitev za stabilnost pasov, ki bremene tla v zmerni globini pod površino.

Analitične zaključke je kontroliral avtor z novo serijo osmih modelnih poizkusov, izvršenih z glino polžarico. Rezultati modelnih preiskav so upravičeni uporabo predlaganih analitičnih kriterijev.

V. sekcija: **Temeljenje na kolih.**

14) Ing. Živorad Radosavljević (Hidrotehnički institut »Ing. Jaroslav Černi« SAN, Beograd): **Raziskava in račun poševnih kolov.**

Preizkusne obremenitve so bile izvršene na 28 poševnih kolih in sicer deloma na posameznih kolih, deloma na skupinah dveh kolov. Merili so navpične in vodoravne premike ter zasu-ke, ki jih povzročijo vertikalna ali horizontalna obremenitve. Preizkusi so pokazali, da je potrebna za enak vodoravni premik skupine dveh poševnih kolov štirikrat večja vodoravna sila kot za posamezni poševni kol. Tla, v katera so bili koli zabiti, je predstavil avtor s sondažnimi podatki in z diagrami zabijanja. — Notranje sile in dvojice skupine dveh poševnih kolov določuje avtor tako, da upošteva vsak sestavni kol kot nosilec na elastični podlagi; v računu uvede module reakcije (količnike podajnosti), ugotovljene z obremenitvenimi preizkusom kola, ter pogoje, da se v

glavi skupine po obremenitvi ne izpremeni niti vodoravna niti navpična razdalja obeh kolov niti njun medsebojni nagib. Za nekatere posebne primere je sestavil avtor priročne diagrame za izračun notranjih sil in dvojic.

VI. sekcija: **Ceste, avtostrade, aerodromi.**

15) Ing. J. Sutić (Vojno tehnički institut, Beograd): **Uporaba geomehanike pri gradnji cest in aerodromov na nekaterih naših gradbiščih.**

Referent je podal način aplikacije sodobnih geotehničnih metod pri gradnji naših vojaških aerodromov in cest ter kritično analizo teh metod, podprto z lastnimi izkustvi.

15) Ing. J. Sutić (Vojno tehnički tivanjej materijala NR Srbije, Beograd): **O komprimaciji tal.**

Avtor je podal poročilo o obsežnih raziskavah komprimacije za neki pregradni nasip. Projektant je želel vedeti, katera je optimalna vlažnost za vgradnjo zemljin v nasip, katera je optimalna teža jezev, koliko valjanj in v kako debelih slojih je potrebnih za dosego potrebne kompaktnosti in ali je mogoče tudi z zemljinjo prirodno vlažnosti, ki je večja od optimalne, doseči zadovoljivo kompaktnost. Poizkusi so pokazali, da je za dosego zahtevane prostorninske teže odločilno vloženo delo, vendar ni mogoče doseči z nobenimi sredstvi večje prostorninske teže od tiste, ki se dobi za dano vlažnost na ovojnici Proctorovih krivulj.

VII. sekcija: **Stabilnost pobočij in nasipov. Problemi podzemne vode.**

17) Ing. Ervin Nonveiller (Geomehanični laboratorij »Geostražvanjak«, Zagreb): **Neki preudarci o računu stabilnosti pobočij.**

Avtor je na osnovi mrež strujnic in nivojnic, ki so jih izmerili na zemeljnih pregradah v Združenih državah (U.S.R.R.: Alcovia in druge), analiziral porne tlake. Primerjava s približnim računom pokaže, da se rezultati skladajo z izmerjenimi vrednostmi. Avtor obravnava tudi vprašanje zmanjšanja učinkovitih napetosti, ki jih povzroča učinek nadtlake porne vode, in podaja rešitev problema, primerjajoč poligone sil pri polnem bazenu in neposredno po izrazništvu.

18) Prof. Rajko Jovanović (Univerzitet Sarajevo): **Različni tipi porušitev terena v akumulacijskem bazenu HE Jablanica.**

Avtor podaja pregled stratigrafije in tektonike pobočij bazena ter strukturo in značilne lastnosti plasti. Loči avtohtoni pas trdne skale, pas razrahljane skale in površinski pas razkrojine in preperine. Navaja vrste plazov, ki so se razvili v triadnih (werfen) in terciarnih plasteh (konglomerati, peščenjaki in laporji) bodisi zaradi naravnih učinkov, bodisi zaradi zemeljskih del pri gradnji nove železnice in ceste; ta dela so bila izvršena premalo pozorno, da bi se moglo ravnovesje obdržati. Upošteva tudi učinke, ki jih bo imelo osciliranje vode v bodočem bazenu.

19) Prof. Lujo Šuklje in geol. Anton Grimšičar (Zavod za raziskavo materiala in konstrukcij LRS v Ljubljani): **Drsljivost tektonsko poškodovanih hribin z glinatimi sestavinami.**

Z analizo dveh primerov dislokacij (predor pod Ljubljanskim gradom in plaz pri TC Šoštanj) sta avtorja opozorila, da lahko narekuje drsenje tektonsko poškodovanih hribin drsljivost razkrojine, ki obdaja kontinuirno trdnjše gmote, čeprav je je procentualno malo. Za porušitev ravnovesja je pri tem navadno odločilen izpremenjeni vpliv velikosti in usmerjenosti tlakov podzemne vode; tudi drenažni učinek lahko povzroči v določenih okoliščinah neugodno preusmeritev ali povečanje tlakov porne vode. V predorih skozi take hribine je treba preprečiti preveliko razrahljanje gmot nad svodom.

Ing. Savo Janežič je v diskusiji dopolnil poročilo o plazu pri Šoštanju s prikazom projekta za sanacijo plazu z vznožno oporo, z drenažo in z regulacijo pobočja.

20) Ing. Ervin Nonveiller (Geomehanični laboratorij »Geostražvanjak«, Zagreb): **Rezultati raziskav plazu pri Zalesini.**

Avtor prikazuje rezultate nadaljnjih raziskav plazu pri Zalesini, o katerem je na prejšnji skupščini poročal dr. L. Šukljex. Te raziskave so obsegale sondiranje z dvema galerijama, z novimi vrtnami in z geoelektrično metodo, meritve premikov z nadaljnjim geodetskim opazovanjem in z registracijo zasukov vrtn z aparatom Tropari ter preiskavo nivoja in oscilacije podzemne vode z registriranjem izvir in s piezometrijskim merjenjem tlakov porne vode. Raziskave so potrdile predvidevanja dr. Šukljeta, da je drsenje zelo globoko (drsina je še globokejša od tiste, ki jo je dr. Šuklje podal kot geološko najlaže razumljivo, in razvito samo v zgornjih rabeljskih slojih, da se vrši v drsnem pasu — debel je 7 do 10 m —, da se da drsenje objasniti samo, če se vzame v poštev vpliv vzgona in strujnega pritiska, in da narekuje drsenje torni kot razdrobljenih in razkrojenih sestavin rabeljskih slojev. Avtor je izvršil študije možnosti sanacije s preložitvijo mas ali z globoko drenažo pod plazom. Končne zaključke o sanaciji bodo omogočili podatki dodatnih sondažnih (Tropari) in piezometrijskih raziskav, ki so še v teku. Z dosedanjimi premiki pa so prišle mase že same v relativno ugodnejšo lego.

Skupščini so bile predložene še tri anotacije:

Ing. E. Nonveiller je raziskoval »Glinaste in glinaste cementne suspenzije za injektiranje zelo propustnih tal« s specialnim areometrom za merjenje tiksotropije; viskoznost in tiksotropija se nanašata v ternarni dia-

x) Objavljeno v Gradbenem vestniku 1953, št. 17—18, str. 138—143, pod naslovom: Plaz pri Zalesini v rabeljskih plasteh.

gram, ki omogoča med injekcijskimi deli ugotovitev primernih razmerij glin, bentonita in cementa za pridobitev suspenzije zaželele kvalitete. — Ing. Karpinski je podal »Rezultate elektro-kemijske stabilizacije vzorcev laporaste zemljine, injektirane z aluminocnim cementom«, ing. B. Ristič pa je poročal »O izvedbi sodobnih cest v Grčiji«.

C) Publikacije društva

Vsi referati predhodne skupščine, ki se je vršila novembra 1952 v Arandjelovcu, so bili objavljeni v št. 2/3 Našega gradjevinarstva 1953, izvemši en referat ki je izšel v št. 17—18 Gradbenega vestnika 1953.

Maja 1954, to je tik pred skupščino na Ilidži, je izšel prvi zvezek Razprav društva (št. 1—9). Te razprave se tiskajo v uradnih jezikih mednarodnega društva (angleščini in francoščini) pod naslovom »Proceedings of the Yugoslav Society of Soil Mechanics and Foundation Engineering« (»Comptes Rendus de la Société Yougoslave de Mécanique des Sols et des Travaux de Fondations«). Prvi zvezek (Nos. 1—9) so uredili N. Najdanović, E. Nonveiller in S. Szavits-Nosan. Zvezek vsebuje naslednje razprave: 1) B. Ladanji, **Klasifikacija in identifikacija tal** (str. 7—11, v angl.), 2) E. Nonveiller, **Strižna trdnost debelo zrnatih, nekohezivnih zemljin** (str. 12—15, v angl.), 3) L. Šuklje, **Nosilnost malo propustnih kohezivnih slojev omejene debeline** (str. 16—26, v franc.), 4) H. Meischeider, **Nosilnost plitvih temeljev na peščenih tleh in varnostni količnik plitvih temeljev** (str. 27—30, v angl.), 5) I. Sovinc, **Diagrami za približni račun krožnih temeljnih plošč na elastični podlagi** (str. 31—33, v angl.), 6) H. Meischeider in P. Pandurović, **Učinek zabijanja kolov Franki na zgostitev tal** (str. 34—37, v franc.), 7) Dj. Lazarević in B. Kujundžić, **Mehanične značilnosti hribin** (str. 38—42, v angl.), 8) E. Nonveiller, **Določitev deformacij skale v rovih** (str. 43—46, v angl.), 9) S. Janežič, **Sanacija ponorov v akumulacijskem bazenu HE Slap Zete** (str. 47—52, v angl.).

Kakor pojasnjujejo uredniki v uvodu, bodo prinašale Razprave društva deloma prvič objavljene članke in deloma povzetke člankov, objavljenih v jugoslovanskih tehničnih revijah. Izbrane bodo samo takšne razprave, ki lahko zanimajo tudi strokovnjake izven meja domovine in ki lahko prispevajo k mednarodnemu sodelovanju na področju mehanike tal in temeljenja. Kolikor sme soditi poročevalec, je v tem smislu izbor prvega zvezka razprav dober. Zvezek vsebuje dve razpravi (št. 4 in 8) s tretje letne skupščine društva (Bled 1951), šest razprav (št. 1, 2, 3, 5, 6 in 9) s četrte letne skupščine (Arandjelovac 1952) — od teh eno (št. 3) z upoštevanjem nadaljnjih raziskav, predloženih peti letni skupščini (Ilidža 1954) — in eno razpravo (št. 7), ki ni bila predložena

letnim skupščinam. Dve razpravi (št. 3 in 7) sta prvič objavljene, ostale so povzetki razprav, objavljenih predhodno v Našem gradjevinstvu (št. 2, 4, 5, 6, 8 in 9) in v Gradjevinarju (št. 1).

Vsebinsko razprav št. 1, 2, 3, 5, 6 in 9 smo podali v poročilu o 4. letni skupščini društva (Gradb. vestnik 1953, št. 19—20, str. 219—222) in deloma (št. 3) v tem poročilu (pod B—13). — V prvem delu razprave št. 4 utemeljuje dr. H. Meischeider predlog, naj se računa drsna odpornost peščenih tal po Fröhlichovi metodi s tem, da se dopuste fiktivna drsna področja z globino, enako polovici širine temelja; v drugem delu kritično obravnava varnostne količnike dopustnih obremenitev glede na razmerje med zdrsno obremenitvijo in »kritično« obremenitvijo, ustrežajočo začetnemu stadiju drsenja. — V razpravi št. 7 opisujeta prof. Dj. Lazarević in ing. Kujundžić metodo določevanja deformacijskega modula skale z obročem, sestavljenim iz več tlačnih blazin, pritisanih proti obodu rova s hidravlično stiskalnico; za merjenje deformacij služi radialni mehanizem s komparatorji, ki se skale neposredno dotikajo. Analiza merilnih rezultatov pokaže, da preiskane hribine niso izotropne; anizotropija se lahko z injektiranjem zmanjša, a ne eliminira. Te ugotovitve so vodile avtorja do ideje, da bi bilo boljše nadomestiti običajni krožni profil obloge rovov s kvadratastim profilom, sestavljenim iz štirih krožnih segmentov. — V razpravi št. 8 podaja ing. E. Nonveiller izkušnje, pridobljene s preiskavami modula prožnosti apnenca v rovih centrale HE Vinodol. Rezultati preiskave z metodo krožne tlačne blazine so v dobrem soglasju z rezultati neposrednega tlačnega preizkusa v preizkusni galeriji.

Razprave so izšle v formatu 21 cm × 28 cm na 52 straneh v lepem tisku (Tiskarna Ljudske pravice v Ljubljani). Publikacija je tudi po obliki reprezentativna.

D) Organizacijski del skupščine

V poročilu, ki je bilo pred pričetkom skupščine razmnoženo in vročeno vsem udeležencem, je zbral sekretar dr. L. Šuklje podatke o publikacijah društva (gl. pod C), o udeležbi članov društva na 3. mednarodnem kongresu (Svica, avg. 1953), o bližnjih mednarodnih svetovanjih, o zvezi društva s Sekretariatom za mednarodne zveze pri Zvezi društev gradbenih inženirjev in tehnikov FLRJ, o članstvu društva, o pripravah tečaja iz mehanike tal za inženirje, o letnem poročilu društva Izvršnemu odboru Mednarodnega društva za mehaniko tal in temeljenje in o administraciji društva. Končno je podal načela, ki so vodila delo odbora. Po predlogih, ki jih je pripravil odbor, je skupščina sklenila, da priporoči društvo izpopolnitev tehničnih predpisov za temeljenje in pripravo predpisov za zemeljno gradnjo ter uvedbo klasifikacije AC kot osnovne klasifikacije pri sondiranju in pri geotehničnih

preiskavah ter ponudi svoje sodelovanje pri pripravi novih predpisov. V zvezi z izpremembo pravil Mednarodnega društva za mehaniko tal in fundiranje (MDMTF) je sprejela skupščina nekatere izpremembe društvenih pravil. Odslej bo Jugoslovansko društvo za mehaniko tal in fundiranje (doslej Jug. sekcija MDMTF) samostojno društvo, ki pristopi v Sekretariat za mednarodne zveze pri Zvezi društev gradbenih inženirjev in tehnikov FLRJ. Društvo ima redne in izredne ter kolektivne člane.

Prejšnji odbor je bil razrešen s priznanjem za uspešno delo. V novi odbor je skupščina izvolila prof. L. Šuklja (Ljubljana) kot predsednika in prof. D. Krsamanovića (Sarajevo) kot sekretarja in zastopnika pri MDMTF, kot člane pa ing. L. Filipovića (Beograd), prof. R. Jovanovića (Sarajevo), prof. N. Najdanovića (Beograd), ing. M. Puha (Ljubljana), prof. S. Szavits-Nossana (Zagreb), ing. I. Sovinca (Ljubljana) in prof. K. Zernovskega (Skopje).

Po končani skupščini se je vršila dvodnevna ekskurzija na ogled plazov ob progi Konjic—Jablanica, na hidrocentralo Jablanica in k pristaniškemu delom za luko Ploče.

Skupščini so izkazale vso pozornost in pomoč ljudske oblasti NR BiH in nekatera bosanska podjetja.

Prihodnja letna skupščina bo oktobra 1955 v Dubrovniku.

Poročilo

o novi publikaciji

Prejeli smo »Letno poročilo za 1. 1953.« Elektroenergetskega sistema Slovenije. To je že tretje letno poročilo Elektrogospodarstva Slovenije, ki je v letošnjem letu začelo tudi z izdajanjem rednih mesečnih poročil, »biltenov«. Kakor mesečni bilteni so tudi letna poročila interne publikacije, ki pa so zelo zanimive tudi za širšo strokovno in gospodarsko javnost zaradi množice zbranih statističnih podatkov s področja naše elektroenergetike. Zadnje letno poročilo je posebno bogato številčnih podatkov in diagramov, ki kažejo razvoj konzuma električne energije v Sloveniji v letu 1953, in v letih po osvoboditvi. Izdajo odlikuje lep tisk z »multilika« tehniki, dobri klišeji in zelo okusna zunanja oprema brošurne publikacije. Izdajateljji zaslužijo vse priznanje in jim želimo nadaljnjih uspehov na tej dobro začetni poti.

Ing. M. K.



LJUBLJANA

MEDVODE

GROSUPLJE

JESENICE

GRADIS

KRŠKO

RAVNE

ŠOŠTANJ

**ŠKOFJA
LOKA**

KIDRIČEVO

MARIBOR

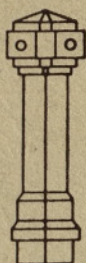
ZENICA

DEKANI

čestita vsem delovnim
kolektivom ter jim želi novih
uspehov pri izvajanju
gospodarskih nalog
v novem letu 1955

DIMNIK GORICA (Fazonski komad)

(SALONITNI IZDELKI)



Tehnični podatki:

Ø	80	100	125	150	200	250	300	350
cm	15×15	15×20	20×20	20×25	25×25	25×30	30×30	30×35
kg	15,24	18,76	21,94	24,74	27,56	31,96	32,76	38,90

Proizvod izdeluje

»15. SEPTEMBER«
tovarna cementa
in salonita

ANHOVO - SLOVENIJA

Uporaba: Za odvajanje dima na prosto.

SPOJNI KOMAD ZA DIMNIK »GORICA« (Fazonski komad)

(SALONITNI IZDELKI)



Tehnični podatki:

Ø	150	200	250	300	150	200	200	300
[]	15×15	20×20	25×25	30×30	15×20	20×25	20×30	25×30
kg	0,95	1,32	2,18	2,72	1,14	1,66	1,93	2,72

Proizvod izdeluje

»15. SEPTEMBER«
tovarna cementa
in salonita

ANHOVO - SLOVENIJA

Uporaba: Za montiranje dimnika Gorica na
dimnovod z okroglim prerezom.

PORTLAND CEMENT TRBOVLJE »S 600«

Tehnični podatki:

začetek vezanja 1h
konec vezanja 3h
drobnost mletja: ostanek na situ 4900 4—6 %
kemična analiza: Si O₂ 20,5 — 22,2 %
R₂O₃ 9 — 10 %
CaO vezani 59,5 — 61 %
CaO prosti 1,5 — 2,5 %
MgO 2 — 2,5 %
trdnost po 28 dneh kombiniranega ležanja 650 kg/cm²

Uporaba: Za specialne železobetonske konstrukcije, pri katerih nastopajo visoke napetosti tako n. pr. za prenapeti beton.

Proizvod izdeluje
CEMENTARNA
TRBOVLJE

PORTLAND CEMENT TRBOVLJE »C 500«

Tehnični podatki:

začetek vezanja 1h30' — 2h
konec vezanja 4h
drobnost mletja: ostanek na situ 4900 8—10 %
kemična analiza: SiO₂ 20,5 — 22,2 %
R₂O₃ 9,0 — 10,0 %
CaO vezani 59,5 — 61 %
CaO prosti 1,5 — 2,5 %
MgO 2,0 — 2,5 %
SO₃ 2,0 — 2,7 %
trdnost po 28 dneh kombiniranega ležanja 560 kg/cm²

Uporaba: Za betonska cestišča, mostne zgradbe in ostale železo-betonske zgradbe pri katerih se zahteva marka betona 220.

Proizvod izdeluje
CEMENTARNA
TRBOVLJE

PORTLAND CEMENT TRBOVLJE »N 400«

Tehnični podatki:

začetek vezanja 2h — 3h (2.45)
konec vezanja 4h30' — 5h (3.54)
drobnost mletja: ostanek na situ 4900 10—14 %
kemična analiza: SiO₂ 20.5 — 22.2 %
R₂O₃ 9.0 — 10.0 %
CaO vezani 59.5 — 61.0 %
CaO prosti 1.5 — 2.5 %
MgO 2.0 — 2.0 %
SO₃ 2.0 — 2.7
trdnost p₀ 28 dneh kombiniranega ležanja 480 kg/cm²

Uporaba: Za vsakovrstne gradnje in za železo-betonske konstrukcije, ki zahtevajo marko betona 160.

Proizvod izdeluje
CEMENTARNA
TRBOVLJE

CEMENT ANHOVO S 600 za salonit

Tehnični podatki:

začetek vezanja 2.30h
konec vezanja 3.50h
drobnost mletja: ostanek na situ 4900 5 %
kemična analiza: SiO₂ 19 %
R₂O₃ 10 %
CaO vezani 61 %
CaO prosti 2.85 %
MgO 2.2 %
SO₃ 2.5 %
Trdnost po 28 dneh: 550 — 650 kg/cm²

Uporaba: Za izdelavo salonitnih izdelkov.

Proizvod izdeluje
»15. SEPTEMBER«
tovarna cementa
in salonita
ANHOVO - SLOVENIJA

CEMENT ANHOVO C 500

Tehnični podatki:

začetek vezanja 3h10'
konec vezanja 4h12'
drobnost mletja: ostanek na situ 4900 6,5 %
kemična analiza: SiO₂ 20 %
R₂O₃ 10 %
CaO vezani 60 %
CaO prosti 2.3 %
MgO 2 %
SO₃ 2.2 %
Trdnost po 28 dneh: povprečno 500 kg/cm²

Uporaba: Za betonska cestišča, mostne zgradbe in ostale železobetonske konstrukcije pri katerih se zahteva marka betona 200.

Proizvod izdeluje
»15. SEPTEMBER«
tovarna cementa
in salonita
ANHOVO - SLOVENIJA

CEMENT ANHOVO N 400

Tehnični podatki:

začetek vezanja 3h30'
konec vezanja 4h40'
drobnost mletja: ostanek na situ 4900 7.7 %
kemična analiza: SiO₂ — 20.5 %
R₂O₃ — 10.7 %
CaO vezani 60 %
CaO prosti 2.86 %
MgO 3.5 %
SO₃ 2.1 %
Trdnost po 28 dneh: povpr. 493 kg/cm²

Uporaba: Rabi se za splošno gradnjo in za železobetonske konstrukcije pri katerih se zahteva marka betona 160.

Proizvod izdeluje
»15. SEPTEMBER«
tovarna cementa
in salonita
ANHOVO - SLOVENIJA