

21-22



GRADBENI VESTNIK

1953

VSEBINA

Ing. Franc Jenko: HIDROLOGIJA IN VODNO GOSPODARSTVO KRASA
— Ing. Radovan Petrović: HIDROLOŠKA SLUŽBA U FNRJ I NJENA PROBLEMATIKA — Ing. Ante Celegin: ZAKON O VODAMA — Ing. Stevan Ćirković: ZAŠĆITA AKUMULACIONOG BAZENA ZA JABLANIČKU HIDROCENTRALU OD ZAMULJIVANJA — Ing. Sergije Lazarev: UREDJENJE BUJICA I EROZIONI PROCESI U NRBH — Ing. Milko Janežić: PLOVNA MREŽA JUGOSLAVIJE U SASTAVU SREDNJE EUROPSKE MREŽE — Ing. Branko Šegvić: AUTOMATSKO ČIŠĆENJE ZAMULJENIH JEZERA, SPREČAVANJE DALJEG ZAMULJIVANJA I ZAMUČIVANJA SA EVENT. PRONOŠENJEM MULJA KROZ VEŠTAČKA JEZERA — Ing. Elimir Svetličić: HIDRAULIČKI RAČUN PRIMJENJEN KOD ODVODNJE LONJSKOG POLJA — Ing. Jakob Bezljaj: UTJECAJ RETENCIJA U SLIVU SAVE NA USLOVE PLOVIDBE OD BEOGRADA DO SISKA — Ing. Dionis Srebrenović: MAKSIMALNI SPECIF. DOTOCI SA RAVNIH MELIORIZATIONIH PODRUČJA — Dr. ing. Ante Franković: ODREDJIVANJE KOEFICIENTA PROPUSNOSTI TLA KOD CRPLJENJA VODE IZ ZDENCA —

Dr. ing. Ante Franković: UTJECAJ UZGONA NA STABILNOST

GRADJEVINE

Ing. Franc Jenko

DK 551.49:551.44

Hidrologija in vodno gospodarstvo Krasa

Metodologija kraške hidrologije

Kras je po svetu mnogo bolj razširjen, kot običajno mislimo. Ne samo, da odkrivajo vedno nova kraška ozemlja (ZDA, Kitajska, itd.), temveč ugotavljajo tudi v tistih območjih, ki so jih doslej smatrali za nekraška, vedno več kraških pojavov (Alpe, tudi v Sloveniji, Pireneji itd.) V Jugoslaviji je, ne všeči manjših drobcev sev. Slovenije, sev. Bosne itd. in drugovrstnega krasa v konglomeratih, puhlici, itd., blizu 22 odstotkov krasa, ki pa zaradi nesorazmerno močnejših padavin ter ugodne vzvišenosti nad erozijske osnove Jadranskega morja ter Panonske ravnine zajema celo do 40% prirodne водне energije naše države, z obilnimi možnostmi implementiranja po akumulacijah v kraških poljih ter s tem posrednega zboljšanja vodnih režimov ostalih jugoslovanskih rek. Glede na takšno razprostranjenost in pomen je čudno, da je ostala kraška hidrologija doslej v zlici obilnemu opisovanju znanstveno nedognana, dočim je sicer podzemna hidrologija (prvenstveno aluvionov) celo računsko obvladljiva. Glavni razlog je brez dvoma v tem, da je bil kras po svetu do nedavna glede naseljenosti in gospodarstva odročen in so nanj zadevali kvečjemu s kakšno cesto, železnico, hidrocentralo; Jugoslavija pa je v zlici osrednjemu položaju krasa v prejšnjih desetletjih krasoslovje močno zanemarjala. Opisno kakovostno raziskovanje, predvsem morfološko, speleološko in geološko, se je razvijalo samo na nekaterih območjih, količinsko proučevanje in kot posledica teoretična znanost o krasu pa sta zaostajala. Opisna znanost o krasu je izčrpana, nadaljnji razvoj lahko omogočijo edino količinske analize o krasu, ki naj bodo oporišča realnejšim teoretičiranjem oziroma deduktivnim sklepanjem na krajše razdalje. Kajti poudariti je treba, da je tudi

praktiku neobhodno potrebna teoretična jasnost glede krasa in da bi prišedli mnogo stroškov za raziskave in tehničnih neuspehov, če bi prvenstveno kraška hidrologija po svojih načelih omogočala pravilno orientacijo ter po svojih metodah računsko obvladanje problematike. Za dobro funkcionalno reševanje in hidrotehnično izvajanje vodnega gospodarstva na Krasu so nujne čim popolnejše analize kraških vodnih režimov, prostorske, količinske in časovne, ter njih geografskih in geoloških miljejev. Posebnosti krasa in kraške hidrologije vplivajo ne samo na vodno gospodarstvo Krasa, temveč tudi na njegovo hidrotehnično izvedbo. Svojevrstnost hidrografije, podzemni hidromehanizem, maksimiranost velikih voda, poplavna problematika, vprašanje malih voda in водне oskrbe, odsotnost prodonosnosti, fizikomobiološka svojstva kraških voda, geološki pogoji, vse to narekuje in zahteva posebne rešitve in prilagoditve glede tesnilnih oblog, podzemnih zaves, vodnih rorov, pregrad, prelivov, izpustov, ribljih ureditev in vseh drugih podrobnosti. Apnenec v splošnem in kraški še posebej uživa slab glas glede primernosti ojezrevanj, vendar obstaja poleg posrečenih akumulacij na apnencu na pr. v Španiji, Maroku, itd., tudi mnogo posrečenih ali pa saniranih na pr. Muro Lucano v Alpah, itd. Sama priroda pozna stalna visokoalpska jezera ter presihajoča in stalna kraška jezera v apnenu. Zmotno je na pr. primerjati težavnost zatesnjevanja v apnencih dolinskih akumulacij ter neuspehe plombiranj ponikev v kraških strugah z možnostmi površinskih zatesnjevanj kraških polj, pri čemer je višina zaježitve skoro nezavisna od vodnih izgub, in s tem debeline tesnitve. Zanimivo je, da bo verjetno največja in skoro edina akumulacija v Sloveniji na Krasu, to je na Planinskem polju.

Kras je v svojem bistvu hidrogeološki pojav, razsežni drenažni sistem v apnencu. Nova proučevanja krasa v zadnjih letih kažejo, da se da skupno hidrološko, geološko, morfološko in speleološko obvladati mnoge probleme krasa, razne posebnosti pa je treba reševati še z barvanjem kraških voda in geofizično. Po primerni metodološki poti se da pojasnjevati najnajnejšo hidrogeologijo krasa kot osnovo vodnega gospodarstva: hidrološko z vodnimi bilancami, to je z računi odtočnosti iz padavinskih kart in vodomerskih pretočnih količin posameznih porečj, dalje s posebno grafično metodo »podzemnih pretočnic«, s primerjavo ombrogramov in hidrogramov, geološko z ugotavljanjem flišnih pregraj in pokrovov ter drugih nekraških tvorb (karbonskih, verfenskih in vengenskih skrilavcev, itd.), dalje dolomitnih in vdolomitenapnenih kraških polj, prelomnic z izogibanjem vodnih tokov v njih, morfološko z analizo oblik in razvrščenosti kotlečev, vrtač in kukav ter drugih površinskih oblik, speleološko prvenstveno z ugotavljanjem položaja brezen, nadmorskih višin nizkih in visokih voda v njih ter s tem podzemnih vodnih gladin in njih nagiba ter smeri podzemnih odtokov (s čimer so brezna najodličnejši vodokazi podzemnega krasa), po potrebi fizikomobiološko, z analizo in primerjavo toplin, trdot in ostalih svojstev kraških voda. Tako je bilo v zadnjih letih hidrogeološko obdelano porečje Ljubljance z okoljem, ki je razčistilo že stoletja trajajoče razprave o kraških poljih in Ljubljanskem barju ter onemogočilo nadaljnje napake pri melioracijah kraških polj in Barja in pri regulaciji Ljubljance. Hkrati so bile izvedene sistematske fizikomobiološke analize kraških voda iz štirih letnih časov, da bi lahko pojasnili prvenstveno probleme vodne oskrbe ter hidrogeologije (indikacija nedostopnih kamnin, vprašanja zakapavanja in zasiegavanja, vodne zvezze itd.).

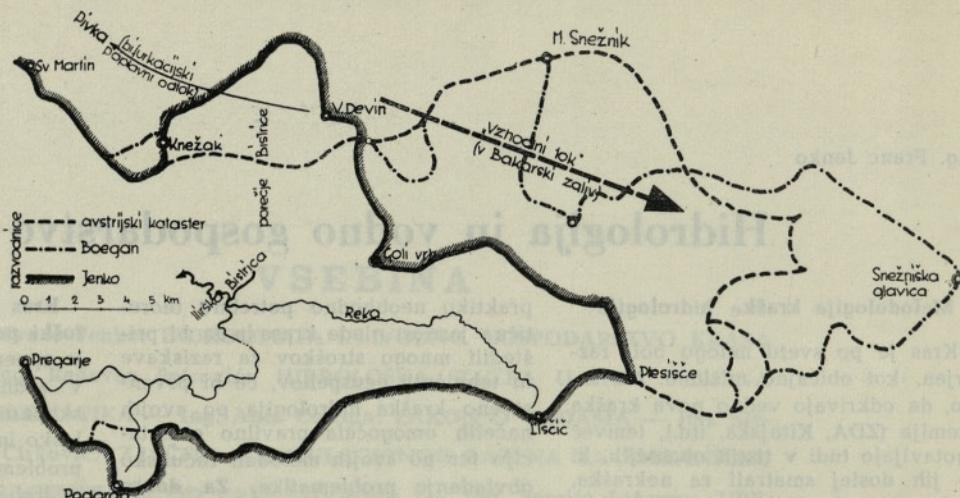
Vodne bilance in razvodnice

Pri izdelavi vodnogospodarskih osnov kraških porečij se pojavljajo kot eden prvih problemov — razvodnice. V Sloveniji je v glavnem veljal za Kras orografsko sestavljen avstrijski vodni katerster, s poznejšimi popravki, ki pa ni zdržal sedanje hidrološke obdelave. Po že omenjeni hidrološki metodi ter s približevalnimi računi okolnih in notranjih porečij se je dalo skoro v celoti zadovoljivo ugotoviti zunanje in notranje razvodnice večjih porečij Krasa v Sloveniji. Reka pod Ilirsko Bistrico je glede na staro razvodnico izkazovala premajhno otočnost blizu 0.30. Pri pregledu terena sem ugotovil, da flišno podolje Mlaka na zatrepu doline Reke visi proti vzhodu ter da se snežniško zaledje glede na razvrščenost kukav in brezen (glej črtž 1) ter nagnjenost flišnega obruba doline Reke v notranjost Snežnika ter gle-

proti jugu, da se torej samo katastrofalne velike vode Zg. Pivke prelivajo površinsko proti Postojni, vse ostalo pa podzemno odteka v Ilirsko Bistrico. Dež s Snežnikov ne napenja Ilirske Bistrice, pač pa dež s severa. Tako ugotovljen ter še geološko in morfološko preverjen zliv

Nova grafična metoda kraške hidrologije

Pri nekaterih notranjih zlivih in razvodnicah ter za nadaljnjo količinsko obdelavo kraškega vodovja, posebno na področjih plavljenja kraških polj, razdvajanja in spajanja



Črtž 2: Novo ugotovljena razvodnica Reke in »Vzhodni snežniški podzemni tok« (podzemna Rečina)

daje pod Ilirsko Bistrico primerno otočnost za fliš povprečno blizu 0.5 (glej črtž 2).

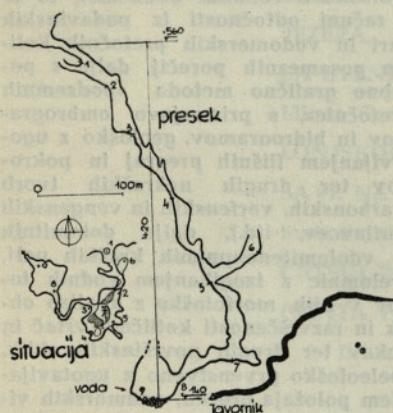
Podobno je bilo mogoče obdelati večino zunanjih in notranjih porečij Krasa v Sloveniji. Na pr. Vipava je na izvirih izkazovala glede na staro razvodnico otočnost blizu 6.0, kar je seveda nesmisel. Zaledje je obdelano z ene strani s flišem Bele proti Črnemu vrhu, z druge strani s flišem Postojnske kotline, zliv se je dalo razširiti samo v Hrušico, kjer se ga je po nizu brezen in znanih drugosmernih podzemnih potokov dalo omejiti. Z novo razvodnico pa je tudi Vipava v Vipavi izkazala normalno otočnost za kras 0.6, 0.65 in 0.7, glede na sušna, povprečna in mokra leta.

Črtž 1: Brezna so odlični vodokazi na krasu; brezno nad Klanom kot znak »Vzhodnega podzemnega toka« iz Snežnika v Bakarski zaliv

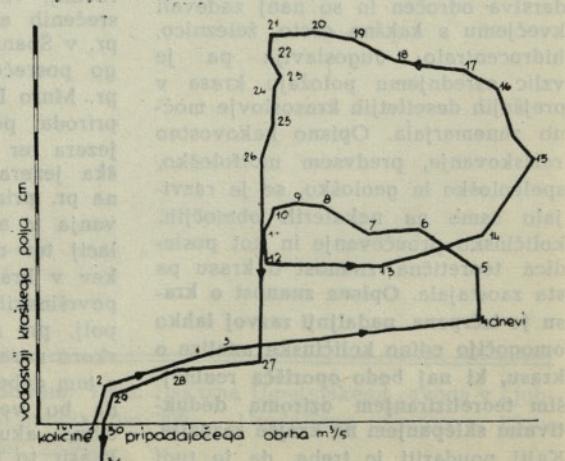
de na odsotnost kraških izvirov, odvodenjava kot »Vzhodni snežniški podzemni tok« ali podzemna Rečina v podmorske »vrulje« Bakarskega zaliva, s prelivanjem preko fliša v Rečino in izviranjem tudi še pri Reki. Tako zmanjšano porečje zgornje Reke je dalo za pretežno flišno področje preveliko otočnost blizu 0.80. Glavnemu pritoku Reke Ilirski Bistrici je bilo prisojenih 6 km² zliva, vendar pa ji že glede na skrajno malo vodo 120 l/s pripada najmanj 40 km². Pri tem se je izkazalo, da podzemne водне gladine so sednje doline Zg. Pivke od Knežaka navzgor proti Koritnici, sodec po vodnjakih in starih vrtanjih, padajo

vodovja, pa tudi vse te metode niso zadostovale. Posebno med poplavami kraških polj odpoveduje vsa hidrologija, zamotanost pa še povečava pestro spajanje in razdvajanje podzemnih pretokov. Toda če se v prirodi odigravajo določeni pojavi, mora zanje obstajati neka »zakonitost«. Pri proučevanju kraškega hidromehanizma sem izlučil grafično metodo, ki omogoča hidrološko obdelavo tudi v teh okolnostih ter v mnogočem pojasnjuje kraški hidromehanizem.

Omenjena grafična metoda (podrobno obdelana bo skupno s hidrogeologijo krasa izšla v Geološkem zborniku Geološkega zavoda v Ljubljani začetkom leta 1954) obstaja v sovisnosti vodostajev značilnih po-



Črtž 3: »Podzemna pretotnica«, skica sovisnice med vodostaji kraškega polja in vodnih količin pripadajočega obrha pri določeni poplavi



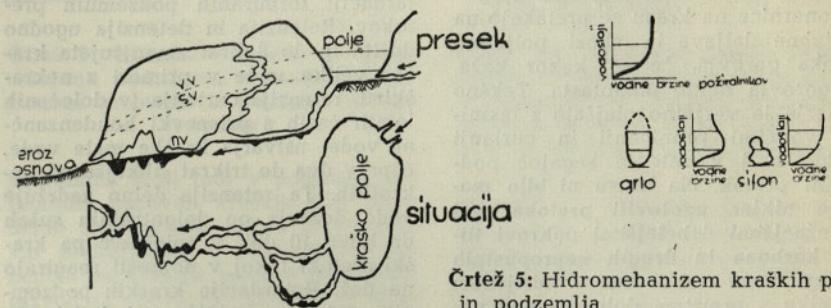
plav kraških polj ter vodomerskih vodnih količin domnevno pripadajočih obrhov (glej črtež 3), iz česar sledi da za posamezna kraška polja in pretoke osnovne hidrološke in hidraulične značilnosti. Za določena deževja in poplave se nanašajo po dnevih navpično dnevni vodostaji poplave kraškega polja, vodoravno pa pripadajoče sekundne količine domnevno pripadajočega obrha. Tako dobljene sovisnice imajo značilno obliko pentlj, od katere kaže spredaj, redkeje zadaj nastopajoča navpičnica stalen odtok poplave, razponi pentlj vmesne dotoke, dočim morebitni lomi sovisnice pred pentljijo kažejo poziralnost posameznih skupin ponikev. Navpičnica se pojavlja zaradi močnega stalnega odtoka poplave. V njej se skriva tudi vmesni dotok, ki po dežju in višku poplav naglo drsi na neznatne količine, ki so v odnosu do odtoka poplave manjše od natančnosti hidroloških analiz. Ostri vodoravnih nihih same pentlj so posledica vmesnih naliivov, ki povečavajo odtok za kratke dneve in ki z naglimi sunki do navpičnic kažejo, da je odtok skozi poziralnike ne samo pri padajoči, tem več tudi pri rastoči poplavi isti. Pravilnost tolmačenja črteža dokazuje tudi primerjava s padavinami in pa dvojni račun dotoka na kraška polja pri nizkih oziroma pri rastočih in plahnečih poplavah, ko dotok še nizajezvan in je običajno znan iz vodomerskih pretočnic (konzumpcije), in ki se ujema z računom podzemnega odtoka in spremembe akumulacije.

Grafična metoda »podzemne pretočnice« odkriva poleg količin požiranja ponorov in skupin ponorov kraških polj ter vmesnih dotokov važno dejstvo kraškega hidromehanizma, da je odtok poplav skozi podzemlje od trenutka prelitra ponorov stalen, hkrati pa odkriva črtež podzemne vodne zvezze, ker nastaja značilna pentlja le pri sovisnici poplave in pripadajočega obrha.

Količinska maksimiranost podzemnih pretokov pri srednjih in visokih vodah se da tolmačiti edino s pretežno vzporednim kolebanjem piecometričnih črt in s pretežno zaključenimi vodnimi preseki v podzemljiju. Z barvanji ugotavljanje vodne brzine podzemnih pretokov, upoštevajoč verjetne stvarne in ne preme razdalje, se gibljejo od 2 do 20, izjemo do 50 cm/s, pri čemer je bilo opaziti »hidraulični paradoks«, da namreč brzine pri višjih vodostajih zopet povečujejo. Ta pojav so splošno tolmačili kot posledico barvanj, da namreč pri višjih vodostajih voda ob krajih in z njeno barvo bolj zastajata, dočim si čisti tok utira pot skozi zeleno vodno gmoto. Dejansko pa je tudi matica obarvana, le da se barva tu hitreje razredči in da jo voda hitreje odnaša kot v mrtvih conah. Resnica je torej ta, da pri naraščanju

vode podzemni smrki (sifoni), in soteske združujejo vedno več padca, pretočne brzine v njih naraščajo do največ 4 ali 5 m/s do nastajanja vratinčastih tokov, kar v vmesnih širših odsékih podzemnih strug povzroča to dviganje vodostajev pred grli in sifoni večje pretočne preseke, torej zmanjšanje padcev in brzin ter zastanje vode (glej črtež 5). In ker te

tem so stvorjeni pri posameznim erozijskim osnovam pripadajočih podzemnih pretokih izravnani padci vodnih gladin, oziroma, ker se pretok lahko krivi sifonsko navzdol po ugodno pretrptih smereh, piecometričnih črt pretokov, blizu 0.4%. Padec površinskih tokov odreja debelina pruda. Prod se nizvodno melje v blato in povzroča prehod v erozijsko



Črtež 5: Hidromehanizem kraških polj in podzemlja

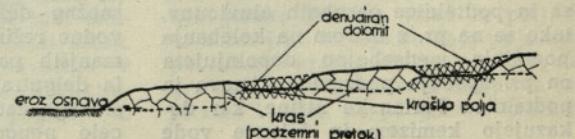
okolnosti dolžinsko prevladujejo, povzroča to zmanjševanje povprečnih brzin. Na koncu postojanskega podzemnega sistema pred končnim sifonom v širši Pivki jami je pri dnu 3 m belih sten, vode derejo in jih izpirajo, više pa so stene v pasu 3 m temne, poplavne vode so mirne, hranljive, ki občasno navlažujejo stene ter omogočajo skalnim (litofilnim) algam razvoj (podzemno življenje je vezano na vлагo in hlad, tema ni nujna, alge, sive, zelenkaste, rdečkaste, žive brez klorofila kot gnilozivke od razpadajočih rastlin in živalic, pa tudi s pomočjo kemosintetičnih bakterij). Zaradi količinske maksimiranosti podzemnih pretokov ter zaključenosti podzemnih strug in nemožnosti ekspanzij koleba podzemna Pivka v Postojnski jami za 8, podzemna Ljubljanica v breznu Građišnica za 80, podzemna Timava v breznu Lobodnica nad Trstom pa za 94 m. Razumljivo je seveda, da se te podzemne vodne gladine raztezajo in povzročajo poplave tudi na vmesnih površinskih pretokih kraških polj in flišnih kotlin.

»Erozijske terminante« v krasu

Speleološki in hidrološki izsledki dokazujejo, da vode, predvsem male in srednje, drsijo v krasu do največjih možnih globin, v katerih še lahko skoro vodoravno izteka proti erozijskim osnovam Jadranskega morja in Panonske nižine ter vmesnih površinskih erozijskih vložkov dolomitnih kraških polj, flišnih dolin, karbonskih in drugih površinskih in globinskih skladov (glej črtež 4). Pri

terminantu, katera zopet omogoča površinski denudaciji nastajanje skororavnika (peneplena). Na krasu praktično prodonosnosti ni, vode so si izzpiranjem v pretri gmoti in zaledenskim prodiranjem utrle pod zemljo na »erozijskih terminantah« vodne žile, kjer so obticale v nekem ravnotežju trenja in pretoka. Podzemna Timava kaže od brezna Lobodnica nad Trstom, v katerem so nizke vode 19 m nad morjem in dno struge 2 m pod njim, do Devinskih obrhov pri dejanski razdalji približno 42 km blizu 0.4% padca. Podobne okolnosti kažejo tudi ostali podzemni tokovi na krasu, »Vzhodni tok« od Snežnika do Bakra, »Trnovski podzemni tok« proti Soči (s prevlom velikih voda v Lijak v Vipavski dolini) in drugi. To dejstvo je neugodno za vodno oskrbo, energetiko in sploh vse vodno gospodarstvo Krasa, sreča je le, da obstoje povsod na Krasu krajevne erozijske osnove manj skrasovalnih in skrasovanih dolomitov, flišev in drugih vododržnejših kamenin, ki drže pretoke na višjih položajih. Za porečje Ljubljanice je odločilno dolomito podolje notranjskih kraških polj od Prezida do Logatca (glej črtež 4) in severna prepreka borovniških rabeljskih skrilavcev, le žal, da je oboje med Planino in Logatcem prekinjeno. Izjemne od tega pravila so nekateri stari močnejši podzemni pretoki, ki zasigavajo svojo okolje tako, da nastajajo lahko tudi strmejši padci, oziroma da nastaja »nepojasnjeno« premeščanje vodotokov v globino vedno v razmakih okrog 20 m, ali pa da nastopa ce-

Črtež 4: Geneza in hidromehanizem kraških polj in vmesnega krasa



lo križanje vodotokov, ki je doslej ugotovljeno baje v enem primeru v Francoskem krasu (Lehmann v »Die Hydrographie des Karstes 1932, Zürich« osniva svoj nazor o poljubno visoko ležečih podzemnih rekah in njih križanju na svoječasna Pickova neresna barvanja potokov Dobrepolj in potoka Rakitnice, s križajočo se zvezo v izvire Šica pri Dvoru in Podgozd na Krki, pri čemer pa so zamenjani kraji, datumi in razdalje).

Ponornice na krasu se pretakajo na poljubne daljave in skozi poljubno visoka gorovja, če so, kakor kaže, ta gorovja delno planotasta. Takšno pogorje je verjetno olajšalo z lastnimi vodnimi pronicanji in curlanji vedno bolj v zaledje segajoč podzemni pretok. Na krasu ni bilo mogoče nikjer ugotoviti pretoka pod obsežnejšimi debelejšimi pokrovi fliša, karbona in drugih nepropustnih slojev. Prav tako kot v idrijskem rudniku v pretrtem dolomitu pod narinjenim karbonom ni vodnih pretokov (eruptivni hlapi tu niso mogli izhlapevati in so se sublimirali v živosrebrne rude), tudi v Vipavski dolini Reke in Rečine, v Postojnski kotlini in drugod, glede na vodne bilance in druge znake pod flišem, ni pretokov skozi kraške gmote, čeprav so tudi te, po sondiranjih sodeč, tu in tam prepojene z vlagom. Tolmačiti bi se dalo to tako, da so se mezocočni karbonatni skladi po pretretju nasesali vode z vrha, po prekriju s flišem v eoceonu pa tudi od strani, da pa takšna vkleščena »podtalnica«, brez proste gladine, zbog vakumskih pojavorov ni mogla ustvariti pod hermetičnimi pokrovi vodnega pretoka. Tudi to daje orientacijo pri hidroloških obdelavah Krasa in vsaj za te prime re odpravlja bojazen nekontroliranih odtokov proti morju in drugam.

Mnogi površinski potoki na Krasu kažejo vzlic globokim soteskam (na pr. Zala nad Idrijo, Bela pri Vrhniku, Iška itd.) prešibke male vode, često se opaža celo poniranje, pri velikih vodah pa bljuvanje slapov iz pobočij v doline. Soteske so erodirane v prelomnicah, podzemni tokovi pa se, v nasprotju z običajnim mišljenjem, zaradi posipljivosti preveč pretrhni in izogibajo prelomnicam in si najraje izpirajo svoje žile v zmerno pretri bližini prelomnic ali v drugotni prečni prepokanosti (na pr. podzemni pretoki prečkajo na Planinskem polju in drugo Idrijsko in Predjamsko prelomico, ni pa v njiju nikjer pretoka). Podzemni pretoki so starejši od površinskih sotesk oziroma so se, z močnejšimi vodami in neobteženi po prodnosnosti, hitreje spuščali do erozijskih terminant. Podobno komunicirajo lahko podzemni pretoki Krasa in podtalnice obrobnih aluvionov, tako se na pr. z ozirom na kolebanja podtalnic medsebojno dopolnjujeta na pr. spodnjia podzemna Timava in podtalnica Furlanske nižine, kar dokazujejo kemizem in bilance vode

(sušna izdatnost devinskih obrhov je 8, kraškega dotoka pa je lahko le do 3 m³/sek).

»Podzemne pretočnice«, primerjava ombrogramov in hidrogramov in drugi kraški izsledki kažejo, da so kraški pretoki definirani po podzemni retenciji navpičnega cikcakastega curlanja skozi tanke pokline, po površinski detenziji kraških polj in flišnih bazenov, ter po podzemni retardaciji formiranih podzemnih pretokov. Retencija in detenzija ugodno dušita in do 8 krat zmanjšuje kraške velike vode v primeri z nekraškimi, retencija curlanja (v določenih letnih časih s prispevki kondenzacne vode) ustvarja kraške male vode, čeprav dva do trikrat šibkejše od nekraških. Ta retencija delno zadržuje vodo deževja po dolgotrajnih sušah do blizu 10 dni, v splošnem pa kraški pretoki takoj v polnosti reagirajo na dež. Retardacije kraških podzemnih pretokov praktično ni, kolebanja vodostajev na pr. na Loškem polju in v Postojni se odražajo še isti dan na Vrhniku. Glede na pretočne brzine bi vodostajna kolebanja Vrhniko moralata zaostajati za Ložem za 2 do 3 dni. Pri podzemni Timavi traja pretok od brezna Lobodnice nad Trstom do izvirov pri Devinu od 3 do 4 dni, vplive pripiranj vode v Devinu pa je bilo opaziti v Lobodnici kot nekaj nerazumljivega že po 4 urah. Torej se tudi v kraškem podzemljju kolebanja vodostajev ne širijo z brzino pretoka temveč z brzino valov $\sqrt{gt/m/s}$ (g m/s²) gravitacijski pospešek, tam poprečna globina vode v strugi), iz česar se da obratno sklepati na morfologijo podzemnih strug. Ne da pa se iz časovnih vzaporejanj hidrogramov pretokov na krasu in obrhov, predvsem iz konic vodostajev, sklepati na podzemne vodne zvezze, razen morda z limnografi.

Deformiranje vodnih režimov po krasu

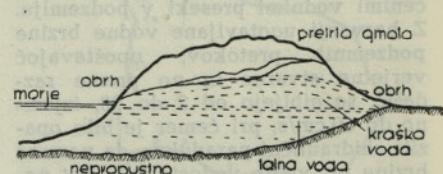
V splošnem je razširjeno naziranje, da so kraški vodni režimi sami po sebi drugačni in ugodnejši od nekraških. Proučitev in primerjava kraških in nekraških ombrogramov in hidrogramov pa nas naglo poučita o nasprotnem, da namreč kras svojstveno deformira vodne režime, kot omenjeno, duši visokovodne valove po retenciji poklin od površine do ponornic in po detenziji kraških polj in poplavnih območij ter maksimiranosti pretokov ponornic, kot slab recipient daje šibke nizke vode, da pa so v svojem sezonskem bistvu kraški kot nekraški vodni režimi funkcija podnebja. Dinarski kras ima snežno-deževne, alpskim podobne vodne režime, vendar pa ima zaradi manjših padavin poleti, zapoznelega in dolgotrajnega snega pozimi (ter šibkega zadrževanja vode v krasu) celo neugodnejše poletne in zim-

ske vode. Le reke jadranskega podnebnega območja, z izrednimi poletnimi sušami in šibkimi vodami, ter z močnimi vodami pozimi z bog obilnih poznojesenskih in zimske breznesnežnih padavin, imajo deževne vodne režime. Slovenija ima v pasu od Trbiža preko Krasa do Prezida (in dalje) zaradi vzvišenega položaja in drugih vzrokov pozimi in poleti najhladnejše toplinsko porečje (Reya O., Najnižje in najvišje temperature v Sloveniji, Geogr. vestnik 1939, Ljubljana), kar povzroča zbog snega in vplivov Krasa v Ljubljani, Krki, Kolpi, Idriji, delno in Reki (po vplivu obrha Il. Bistrica), posebno pa v »Vzhodnem snežniškem toku« in njega prelivu Rečini celo od savskih in dravskih močnejše zimske minimume. Šele Vipava in deloma Reka kažeta po vplivih celinskega podnebja obrobnega Krasa in sredozemskega podnebja dolin prehodne razmere. Prednosti kraške vodne energije, z izjemo »Jadranskih rek«, so torej le v vodnosti rek z bog obilnih padavin in močne odtočnosti, v ugodnih padcih, ter v akumulacijskih možnostih kraških polj.

Za orientacijo rešavanja kraških problemov često pomaga tudi pestro kraško nadzemno in podzemno živalstvo s svojimi pojavi in lastnostmi. Površinski polžki, ki jih raznašajo podzemni vodotoki, brezčni podzemni rakci, pajki, žuželke, predvsem pa slavni močeril (človeška ribica, proteus), pomagajo odkrivati tajne krasa (močeril zahteva toplino 8 do 9°C, živi v stranskih pritokih glavnih podzemnih vodotokov, tromo plava, ima embrionalne oči, s kožo čuti bližnje vznemirjenje vode ali svetlogo in nago odplava).

Kraško vodovje in geneza krasa

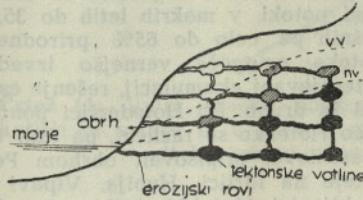
Edino s količinskimi raziskavami se da prodreti bliže bistvu hidrologije in same geneze krasa, o katerih še ni enotnih tolmačenj. Ne spuščajoč se v podrobnosti, naj omenim iz hidrologije krasa oba skrajna nazora. Grundova hipoteza (na pr. Grund, Zur Frage des Grundwassers im Karst, 1910, Wien, glej črtę 6) trdi, da



Črtă 6: Grundova teorija kraških voda

kras prepušča padavine kot prod, voda se zbira na višini morja kot talna voda, nad katero koleba glede na deževje usločena kraška voda. Pri tem so nesmiseln zanikalni ponornice, oziroma so mislili, da proti

obrhom prehajajo v podtalnico. Ves skriti pretok na krasu naj bi bil tekoča podtalnica, ki s svojim kolebanjem ustvarja presihajoča kraška polja in presihajoče izvore. Voda s CO_2 razaplja in širi od površja v globino razpoke in jame do izčrpavanja kisline, kar je seveda v nasprotju z nastankom enakih jam na vsej dolžini ponornic in samih izvornih jam. Obratno Katzer - Bockova hipoteza (na pr. Katzer, Zur Karsthydrographie, 1908, Braunschweig, glej črtež 7) in z njo mnogi krasoslovci pri-



Črtež 7: Katzer-Bockova teorija kraških voda

znavajo samo vodotoke v krasu, kraške vode tečejo sklenjeno in se ne izgubljajo v razpokah, v rovih deroč pod velikim pritiskom z gruščem in peskom stružijo stene in strope (eforacija), iz česar se je razvila s krasom popolnoma nezdružljiva genetična shema tektonskih jam v obliku skeleta, ki jih je voda z rovi povezavala in pretvarjala v vedno globlje horizonte, s čimer nastajajo suhe, poplavljene in водne Jame. Svicaški geograf Lehman (Hydrographie des Karstes 1932) zastopa vmesno naziranje, v bistvu podobni razvoj je domneval ameriški geomorfolog Davis (umrl 1934, n. pr. Davis, Origin of Limestone Caverns, 1930), slaven po znanem geografskem ciklu denudacije zemne površine v peneplenu ter dviganju v gorovja. Sprva voda razširja pokline z razapljanjem apnencu, nastajajo vedno večji rovi, voda jih ne polni več do stropa, stropi se rušijo, voda razaplja in z gruščem in peskom gloda sesuto skalovje. To traja, dokler se voda skozi razpokane ne preloži niže, nakar višje rove samo občasno prepravlja velike vode in v njih odlagajo ilovice, pronicajoče vode pa z izhlapevanjem (?) v suhih jamah tvorijo kapnike in sige.

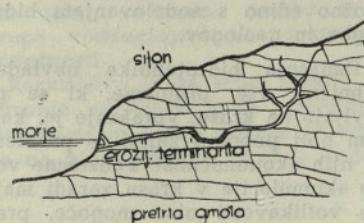
Nerazumljivo je, da se kraška hidrologija še vedno nagiba v prvo, pretežno pa v drugo skrajnost, čeprav je že dovolj izsledkov za primernejše dedukcije. Vrtanja ter meritve podtalnice in vodopropustnosti Gl. uprave za vodno gospodarstvo v Ljubljani na Planinskem, Unškem in Cerkniškem polju, vrtanja Geološkega zavoda v Zagrebu na Brionih, Visu in drugod, geofizične in ostale raziskave zadnjih let, dalje starejša vrtanja in gradnje na krasu pri nas in po svetu, vodnjaki in drugo, dokazujejo, da ima kras podobno nekraškim področjem vse prehode, vse

kombinacije in vse vrste podtalnic in vodotokov. V gričevju kašasto strtega, v debelejših gmotah nepropustnega dolomita silijo zvezne usločene podtalnice na vznožjih kot močila na dan (glej črtež 8). Zvezna



Črtež 8: Stvarne razmere v krasu, usločena podtalnica in močila v kopalnem gričevju s peskasto strtego dolomita

podtalnica stoji tudi v podobnih dolomitnih osnovah kraških polj (le v delno skrasovanih poljih je stopnja prekinjana), v skrasovanih apnencih pa nastopa sam v ravninskih razvodnih področjih. Splošno so skrasovani apnenci do globine vodoravnih pretokov samo navlaženi po poklinskih curkih, čeprav se tudi tam pojavljajo gnezda podtalnice, globlje pa so v poklinah zasičeni s »podtalnico«, vzlič temu, da so obratno tudi že pod gladino podzemnih vodotokov navrtili suhe gmote. Vse te gmote se odvodnjavajo v ponornice, katere po naglem reagiraju na dež in po drugih hidrauličnih znakih jasno kažejo, da gre za prave vodotoke in ne za tekočo podtalnico (glej črtež 9). To



Črtež 9: Stvarne razmere v krasu, podzemni vodotoki na erozijskih terminantah in v pretrtem apnencu

ne izključuje »kraške podtalnice«, to je zvezne водне gladine v pretrti gmoti, vezane na podzemne vodotoke, ki jo posebno nove geofizične raziskave (na pr. v Postojni, itd.) nazorno dokazujo. V bistvu gre za iste pojave, kot jih imamo izven kraša z zvezno podtalnico aluvionov in nevezno stopnjkasto podtalnico v preperelih magmatskih in drugih kamninah, ter z odvodnjavajočo rečno mrežo, samo da se odigrava v krasu vse v globini, na višini pripadajočih erozijskih osnov, iz česar sledi tudi vodoravnnejši potek rečnega odvodnjavanja ter navpičnejši dotok podzemnih »hudournikov« (glej črtež 10).

Iz vsega tega je mogoče tudi izločiti jasnejšo podobo o genezi kraša. Za vzrok skrasovanja navajajo v krasoslovju še vedno vse deduktivne možne in verjetne pogoje, to

so pretrrost in topljivost apnenčastih in delno dolomitnih gmot, kemijska čistost apnencev, vodoravnost skladov in dvignjenost nad erozijske osnove, podnebje itd., čeprav že dosedanje količinske hidrološke,



Črtež 10: Nekraški odtok prehaja zvezno iz navpičnosti v vodoravnost (v nasprotju s kraškim podzemnim odtokom, ki iz navpičnih curkov lomljeno prehaja v erozijsko terminanto)

geološke in kemijske analize kraša omogočajo zanesljivejše ožje zaključke. Podzemna korozija ne more raztolmačiti nastanka izmenično obsežnih podzemnih dvoran, pa ozkih sotesk in sifonov, ki bi oboji morali biti že zdavnaj izluženi, razen tega kažejo izvedene sistematske fizike-mobiološke analize kraških voda stalnost ali celo pojemanje raztopljenega apnencia v nizvodnih smerih ponikalnic. Tudi morfologija šiljgov govori proti koroziji, najmočnejši dokaz proti koroziji pod zemljo pa je kemična bilanca odnašanja raztopljenega apnencia po vodi s krasom. Iz kemijskih analiz kraške Ljubljjanice ter po odbitku neznatnih količin apnencia v padavinah iz zračnega prahu sledi n. pr., da se je v dobi blizu treh milijonov let od srednjega pliocena do sedaj orientacijsko, glede na relativnost skrasovanja in podnebja, kraška gnota samo korozionsko zmanjšala za blizu 220 m debeli sloj. Speleološko, iz vrtanj, gradenj predorov in drugega cenimo vrtlakovost kraša nad erozijskimi osnovami na blizu $\frac{1}{5000}$, kar znaša prostorninsko sloj debeline 6 cm. Nemogoče je, da bi mogočni kemični proces razapljanja apnencia na krašu v dolgi geološki dobi izlužil malenkostno podzemno prostornino, nato pa se iz neznanih vzrokov preorientiral na površino. Padavinske vode se nasesavajo CO_2 neznačno v zraku in zelo različno v humusih — trdota kraških voda je torej indikator humusa pripadajočih zlivov — pri poljenju po apnencih ga žechno razaplja do določenih presežkov CO_2 , zato samo nekaj metrov v globino, v nadaljnjem žuborenju pod zemljo CO_2 celo delno uhaja, kar povzroča ponekod izločanje apnencia. To dejstvo bogatenja CO_2 in s tem topljivosti apnencia po curlanju skozi humus je Terzaghi (Beitrag zur Hydrographie und Morphologie des kroatischen Karstes) izkoristil za tolmačenje geneze kraških vrtač in polj. S to korozionsko teorijo se dajo pojasnitvi površinske kraške oblike, v kolikor ne gre za udorne kukave in doline in izpiralna brezna, ne pa geneze kraških

polj. Po Terzaghi je z nižanjem kraških polj po koroziji in potapljanju zamrl gozd in s tem korozija; vendar so kraška polja vedno stočišča vodovij, z enosmernimi izravnanimi skeleti, često s prodom, ilovicami in brez znakov močvirij, kar vse dokazuje bolj razširjeno erozijsko - denudacijsko genezo kraških polj.

Za Dinarski kras je ugotovljeno zakrasevanje od srednjega pliocena dalje, pri čemer pa obstaja negotovost glede neposrednega povoda. Kras zahteva zaradi pretokov na erozijskih terminantah malenkostno vzvišenost nad erozijske osnove. Predkraški površinski padci so bili večji od sedanjih podzemnih padcev vodnih pretokov, dviganja krasa niso torej nujna zakrasevanju, po ohranitvi enosmerne predkraške vodne mreže na krasu sodeč tudi ni bilo od srednjega pliocena dalje močnejših orografskih dviganj na krasu, po jasno izraženih dolinah predkraške vodne mreže manjkajo hidrološki sledovi pretoka (ježe itd.). Najverjetnej je po momentu nazoru povod zakrasevanja denudacijsko kopnenje eocenskega fliša in s tem razgolovanje pretrih mezocoiskih apnencov in dolomitov. Fliš je, po denudacijskih krpah sodeč, prekrival pretežno Dinarsko področje, kopnel in se izravnaval v ravnike najhitreje v rečiščih, s čimer se je tudi izravnaval na površinsko štrleči skelet mezocoika. Iz teh razlogov tudi kaže Dinarski kras samo enkratno spontano skrasovanje v pliocenu, dočim kras po svetu izkazuje tudi večkratna zakrasovanja in vmesna prekinjanja (tako kaže n. pr. Frankovski kras v Nemčiji tri zakrasovanja, v mezocoiku, terciaru in holocenu, z vmesnimi prekinitvami v terciaru po regresiji morja in v pleistocenu po zaledenitvi). Relief prvotnega fliša se je torej prenašal na apnenodolomitno osnovo.

Geneza krasa bi se dala torej na kratko definirati takole. Vzrok je pretrst primerno krhkih kamenin, povod (za Dinarski kras) je denudiranje fliša in razgolevanje apnencev (dolomita), s čimer je omogočeno spontano zakrasevanje pod zemljo po izpiranju ter počasno nad zemljo po koroziji.

Vpliv kraških pojavov na vodno gospodarstvo

Theoretične osnove krasa so neobhodne ne samo v znanstvene namene, temveč za samo gospodarstvo in predvsem za vodno gospodarstvo krasa, ker orientirajo in pocenjujejo že same raziskave, hkrati pa olajšujejo izbiro najboljših tehničnih in ekonomskih rešitev. Gospodarski ukrepi na krasu so često neuspešni in negospodarski, ker jih izvajajo razbito in z nezadostnimi raziskavami in proučitvami. Ker gre v bistvu za skupno gospodarsko dobrino in

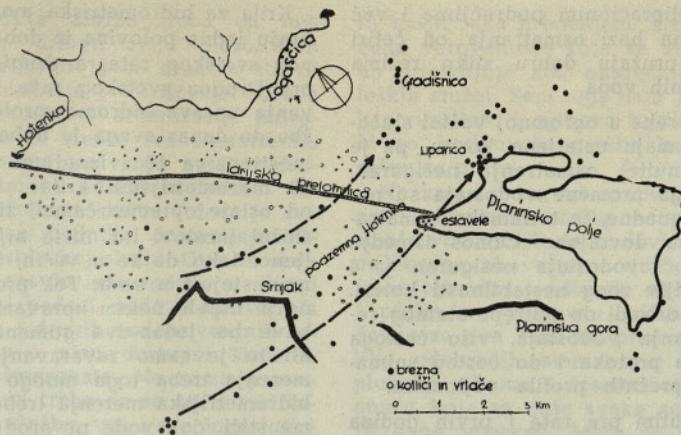
škodljivca — vodo, bodisi da jo je preveč ob poplavah kraških polj, bodisi premalo ob drugem času in na drugih površinah, so posebno za kraška porečja nujne vodnogospodarske osnove, ki često sploh omogočajo, vedno pa pocenjujejo gospodarske ukrepe (ker se na pr. iste rove in druge objekte skupno uporabljajo za hidrocentrale, melioracije in vodovode, koristi pa so še širše). Kras je odličen za gozd, čeprav ga je na ogolelih suhih, vročih in vetrovnih področjih težko obnavljati. Druga območja kraških polj in flišnih bazenov so normalna poljedelska območja, vendar s škodljivimi vodnimi razmerami, s premalo vodo, ali pa s poplavami. Vodna mreža na krasu je vodnatejša kot izven krasa, vendar, z izjemo kraških polj in flišnih bazenov, pogrenjena v globino. To so značilnosti krasa, ki hkrati kažejo, da je kras pravzaprav gospodarsko popolnoma izkoristljiv, seveda z večjimi gospodarskimi žrtvami. Če bi bila voda nafta, bi bili kraški problemi že rešeni. Voda teče Kraševcem pod nogami, vendar živa in mrtva priroda kriči po vodi, ali pa nekontrolirane poplave pustošijo polja. Prizadevati si je treba, da se na Krasu orientira poljedeljstvo na kraška polja in flišna območja, pašništvo na dolomitna gričevja (izven stočišč vodovja in zato nedenudirana), gozd pa na skrasovan apnenc. Pravilno razmejevanje poljedeljstva in gozdarstva na Krasu je torej možno edino s sodelovanjem hidrologov in geologov.

Današnja hidrotehnika obvladuje tehnično vse probleme, ki se pojavljajo na krasu, vprašanje je, kako čim bolj popolno zajeti te probleme in njih ekonomičnost. Podzemne vodne akumulacije v krasu zaradi majhne votlikavosti niso mogoče, praktično prihajajo v poštvet površinske akumulacije v kraških poljih, pri čemer je zopet odločilen njih hidrološki položaj in vododržnost dna. Če dno ni skrasovano, je akumulacija realna. Požiranje ponikov in ponarov je neodvisno od naplavin, odvisno je le od provajalnosti podzemlja (na Cerkniškem polju so svoječasno menihi zaradi ribarstva mašili in zazidavali ponikve, pa so se pojavljale nove), plombiranja poziralnikov kraških polj in še prav posebno kraških rečnih dolin so brezuspešna. Iz tehničnih, ekonomskih, turističnih in drugih razlogov je v večini primerov pravilna rešitev ilovna ali kamenoilovna tesnilna obloga, z izravnalnopodložnim filtrom spodaj ter obratnim zaščitnim filtrom zgoraj. Pri kraških poljih so običajna dočna in odtočna polja skrasovana, vmesna pobočja pa so včasih iz strategičnega dolomita in v večjih gmotah vododržna. Zaradi vprašanja zatesnjevanja bregov, pa tudi forisiranja dotoka, je nujno poznati vodne razmere ožjega in širšega zaledja polja.

Za Planinsko polje kot predvideno ključno akumulacijo na Krasu v Sloveniji se je dalo hidrološko, speleološko in morfološko pojasniti poteklo in višino dotočnih voda (priklop Škratovka, itd.), odtočnih voda (brezna Mačkovica, Logarček, Liparica, Gradišnica itd.), pa tudi najnujnejše bočne vodne razmere Unškega polja, področja izza Planinske gore (podzemni vodotoki proti Vipavi, podzemni Pivki in Ljubljanci) in širših zaledij porečja Ljubljance. To omogoča forisiranje dotoka na Planinsko polje z Bistročo, Logaščico in manjšimi potoki, v mokrih letih do 35, v sušnih pa celo do 65% prirodnega dotoka, omogoča varnejšo izvedbo zatesnjevanj akumulacij, rešenje estavel in drugo. Pri Hotederšici ponira joč Hotenko so različni, pa tudi isti krasoslovci pripisovali obrhom Področje na Idrijci, Hublja, Vipavi in Ljubljanci. Naš hidrološki račun kaže na Ljubljancico, kar je pravkar (julija 1953) po Hidrometeorološki upravi v Ljubljani izvedeno barvanje Hotenke potrdilo. Ravničasti del tega področja med Idrijco, Vipavo in Ljubljancico, je preveč kotičast in vrtačast za presojo podzemnih tokov, vlic temu se ravno tamkaj najlepše izraža povezanost podzemne hidrologije in nadzemne morfologije. Med drugim se vzporedno, vendar izven Idrijske prelomnice, v samem gorskem vencu Črnovrški Javornik — Planinska gora vleče dvojni niz brezen (po karti brezen Zavoda za raziskovanje Krasa v Postojni), ki skupno še z drugimi znaki nakazuje dve vodni žili Hotenke proti podzemni Ljubljanci: severno, mlašjo, s stalnimi vodami na Gradišnico ter južno, starejšo, z visokimi vodami na estavele pod Grčarevcem in dalje v Liparico (glej črtež 11). S tem so pojasnjene tudi estavele Planinskega polja ter olajšana njih tehnična rešitev, bodisi z dreniranjem, bodisi z vodnimi produhi (s prirejenim spodnjim filterom tesnilne oblage za drenažo).

Energetika, melioracije, vodna oskrba na krasu

Smer vodnogospodarskim rešitvam krasa narekujejo v glavnem energetika in melioracije, vodna oskrba se jim prilagaja s tem, da se veže na iste objekte (rove, vodostane itd.); le za področja, ki niso »energetsko-melioracijska«, zahteva vodna oskrba samostojne rešitve. V splošnem gre za načelno rešitev jugoslovanske kraške vodne oskrbe, ali se bo še nadalje vztrajalo pri dragem klasičnem (rimljanskem) načinu, z razprezjanjem vodoravnih vodovodov na velike razdalje in prečrpanjanjem na velike višine (na pr. severnostrski vodovod, s prečrpanjanjem v Buzetu na 1000 m višine, itd.), ali pa bo treba proučiti na osnovi lastnih izkušenj in izkušenj po svetu (sev. Afrika, ZDA, Avstralija itd.).



Črtež 11: Vpliv kraške podzemne morfološke na nadzemno, na planotah kotliči in vrtače in brezna, v gorovju samo brezna, nakazujejo podzemne odtoke, odmaknjene od geoloških prelomnic

stanja geofizike ter vrtalne in črpalne tehnike, možnost domnevno cenejše navpične dobave vode iz kraške podzemne водне mreže, posebno še, ker so kraška podzemna porečja vodnatejša od nekraških nadzemnih, samo da imajo kolebanja neugodnejša. Kot že omenjeno, se dajo na krasu podzemni pretoki ugotavljati hidrološko po količinah in približno po položajih in višinah, morfološko in speleološko pa še po kolebanjih vodnih gladin in točneje po položajih (zbog cikcakastega poteka brezen točnost približno dvakratne globine, v kolikor niso v izmerjenih breznih pretoki položajno in globinsko točno fiksirani). Nadaljnja preciziranja pa bo morala prevzeti geofizika in pa raziskovalna gradbena tehnik (jaški, rovi). Pri plitkih vodnih žilah in zadostnih kolebanjih vode v skali se običajno pojavljajo zbog izpiranja skozi pokline

udori v ilovnih ali flišnih pokrovih, ustvarjajoč pri višjih vodostajih pretoke tudi med skalo in naplavino in hkrati nakazuje z ravnimi nizi plitke vodne žile. Vendat ta izpiranja naplavini s »stropom« po kolebačnih podzemnih vodah z ničemer ne dokazujejo nevarnosti izpiranj od zgoraj navzdol bodočih tesnilnih oblog v mirnih vodah akumulacij (tesnenja bregov zaradi kolebanj in valovanj akumulacijskih voda zahtevajo možnejo zaščito). Na te načine se je posrečilo doslej odkriti in točneje opredeliti »Vzhodni snežniški podzemni tok« in Postojnski podzemni tok, ki sta važna za vodno oskrbo in za druge vodnogospodarske namene v bodočnosti.

Razumljivo je za sedaj glavno zanimanje na krasu glede energetike, melioracij in vodne oskrbe usmerjeno na hidrogeološko ugodna vodov-

ja, z višjimi erozijskimi osnovami, in na že po prirodi višje energetske potenciale. Vendat že danes je tehnično možno, in brez dvoma se bo v bodoče tudi ekonomsko izplačalo s podzemnimi zatesnjevanji, dvigati druge močne kraške podzemne toke, ki sedaj prêtežno na erozijskih osnovah morja ali obroba Panonskega nižavlja brezkoristno odtekajo v more ali drugam. Izredno vodnat »Vzhodni tok« izza Snežnika v Bakarski zaliv (podzemna Rečina) je vkleščen južno po flišu in neskrasovani gmoti pod flišem, severno po karbonskih krilih porečja Kolpe, s čimer je podana v načelu možnost podzemne zatesnitve in dviga pretoka za energetsko izkoriščanje, za navodnjavanje sosednih podolij ter za vodno oskrbo Kvarnerskega zaledja. »Trnovski podzemni tok«, ki odteka brez haska pod Banjiščicami v Sočo od Kanala do Solkana (le Gorica ga izkorišča za vodovod), se zaradi nizkih bočnih podolij Vipave in Idrije ne da dvigniti, možno pa ga bo z galerijo in manjšo zatesnitvijo zajeti za navodnjavanje in vodno oskrbo Vipavske doline. V tej zvezi naj boše poudarjeno, da je na Krasu možna dobava večjih vodnih količin v načelu edino iz kraških vodnih žil in ne iz »kraške podtalnice«. Dokaz za to so ne samo brezstevilni poizkusni vseh časov, z vodnjaki in vrtanjem v kraški gmoti priti do vode, kar se redno končava pri literskih količinah na sekundo, temveč tudi novejše meritve vodopropustnosti kraške gmoti, ki vzliči pretristi kaže na neko vododržnost (vodne izgube nekako od 2 do 10 l/min/1 m globine pri 5 do 10 atm po Lugeonu); kar obratno dokazuje na neznačno pretočnost vode v pretrti skali.

Ing. Radovan Petrović

DK 551.48(497.1)

Hidrološka služba u FNRJ i njena problematika

U cijelom svetu pa i kod nas hidrološka služba je preživela svoj početni razvoj u okviru opšte hidrotehničke službe i sada samostalno krči puteve u svome uzdizanju.

Kako je voda kao objekt hidrološkog proučavanja rezultat meteoro-loških zbivanja u atmosferi, sve više u svetu preovladuje ideja o jedinstvenosti hidrološke i meteorološke službe. Ta jedinstvenost provedena je u mnogim zemljama pa je i kod nas 1947 hidrološka i meteorološka služba objedinjena. Praksa od 6 godina je pokazala da je takvo rešenje ispravno.

Zadaci hidrološke službe

Hidrološka služba ima za glavni zadatak da prikupi pouzdane podatke o površinskim i prvim podzemnim

vodama, da ih proveri, sredi, sistematizuje i publikuje kako bi bili dostupni svima za koriščenje. Za postizanje ovoga cilja hidrološka služba:

- organizuje i postavlja osnovnu mrežu vodomernih stanica i postaja za osmatranje podzemnih voda;

- na ovoj mreži stanica vrši osmatranja vodostaja, pojave leda, temperatura vode i dr. hidroloških elemenata;

- vrši sistematska merenja protoka vode i pronosa nanosa;

- vrši osmatranja isparavanja sa vodene površine i biljnog pokrivača;

- vodi evidenciju rada dopunske mreže vodomernih stanica i vodi evidenciju prikupljenih podataka na dopunskoj mreži;

- na bazi prikupljenih podataka iz osnovne i dopunske mreže izdaje:

- Hidrološki godišnjak
- Opšti katastar voda
- Hidrološke študije i rasprave;

- da na bazi vremenske situacije i stanja voda izdaje kratkoročne i dugoročne prognoze o stanju voda.

Opšti katastar voda treba da sadrži normalne i ekstremne vrednosti za sve hidrološke elemente: vodostaj, protok i bilans vode, pronos i bilans nanosa, temperaturu vode, pojave leda i na kraju hemiske i bakteriološke osobine vode. Opšti katastar voda treba da obuhvati sve tekuće površinske i podzemne tokove, izvore i vrela i podzemne vode. Ovde moram da naglasim da se ovim obuhvata i hidrologija karsta i da za

proučivanje bilansa vode u karstu treba primeniti samo u nekim slučajevima druge specifične metode, a ne stvarati posebne organizacione jedinice. Razume se, da će mogu stvoriti instituti za proučavanje ekonomike karsta u celini, ali na bazi hidrografskih, hidroloških, ekonomske, energetskih itd. podloga koje će izraditi odgovarajuće ustanove.

Opšti katastar voda će biti podloga za izradu ostalih, specijalnih katastara vode: katastra vodnih snaga, melioracija zemljišta i regulisanja vodnih tokova, katastra snabdevanja vodom i kanalisanja naselja i kataстра bujica.

Od sviju ovih katastara radjeno je jedino na katatru vodnih snaga, i to do 1949 u Min. gradjevina FNRJ i hidrometeorološkoj službi a sada je taj zadatak preuzeo Hidroenergetski zavod »Ing. Jaroslav Černi«. Ova dva katastra se u bitnosti razlikuju i rezultat su shvatanja njihovih autora, a ne rezultat neke široke diskusije stručnjaka i zainteresovanih službi.

Vreme je da se nastavi i dovrši rad na Uputstvima i nadležnosti za izradu specijalnih katastara voda, koji je bio započet u Komitetu za vodopredružu FNRJ, kako bi se izbegao do sadašnji neorganizovani način rada.

Stanje hidrološke službe

U toku Drugog svetskog rata od 494 vodomernih stanica uništeno je 200. Po oslobođenju pristupilo se masovnoj obnovi stanica u okviru Ministarstva gradjevina, tako da je već krajem 1946 dostignut predratni nivo. Posle toga dolazi do objedinjavanja hidrološke i meteorološke službe i tempo obnove starih i postavljanje novih stanica ne smanjuje se, tako da već 1951 radi ukupno 985 vodomera. Na žalost, paralelno sa ubrzanim podizanjem vodomera nije rastao i njihov kvalitet; stoga se 1951 prestalo sa daljim proširenjem mreže stanica, pa se pristupilo poboljšanju kvaliteta opreme stanica. Ovaj zadatak se uporno sprovodi, ali se vrlo malo učinilo zbog nedostatka sredstava za kupovinu opreme.

Danas ima u pogonu okruglo 1000 vodomera za površinske vode, ili jedan vodomjer na 254 km². Ako se uzme u obzir, da u Jugoslaviji ima 44.000 km tokova dužine preko 10 km na kojima se predviđa postavljanje vodomernih stanica, onda dolazi jedna stanica na 44 km toka. Ova gustoća vodomera nije mala, i ne treba težiti njenom brzom proširenju.

Postaje za osmatranje prve podzemne vode počinju da se postavljaju tek od 1948 u našim ravniciarskim krajevima. Do sada je najviše postavljeno u Srbiji — 314 a u drugim republikama 120. Od toga je u pogonu svega 340, dok je oko 100 u kvaru. Ove su postaje postavljene u pojedi-

nim melioracionim područjima i već danas na bazi osmatranja od četiri godine pružaju dobru sliku režima podzemnih voda.

Naše reke u ogromnoj većini slučajeva nemaju ustaljeno korito, pa je i kontinuitet osmatranja nesiguran. Sem toga promene vodostaja su nagle, iznenadne, te terminska osmatranja nisu dovoljna. Odnos između protoka i vodostaja nesiguran je i promenljiv zbog nestabilnosti korita. Sve to dovodi do potrebe stalnog registriranja vodostaja, vrlo čestoga merenja protoka i do čestog snimanja poprečnih profila vodomera.

Medjutim pre rata i prvih godina posle rata nije tako radjeno. Merenja protoka vode nisu vršena sistematski, već obično po jedno ili dva godišnje na jednom profilu, i to najčešće pri niskim i srednjim vodostajima. Tako do rata na 616 hidrometeoroloških profila u toku 15 godina obavljeno je 2345 merenja protoka vode, što čini prosečno nešto manje od 4 merenja na jednom profilu. Ovo nije dovoljno za konstrukciju krive protoka ni za profile sa stalnim koritom, a kamoli sa nestabilnim koritom. Sem toga na jednom toku je bilo više profila sa ovako malim brojem merenja. Ovakav rad nije pružao nikakvu mogućnost da se dodje do bilansa vode na jednom toku.

Medjutim hidrološki je ispravnije da se merenja koncentrišu i dobije pouzdana kriva protoka makar i za jedan profil za jedan tok, nego da se merenja razbacaju na više profila. Kada se ima jedna pouzdana kriva protoka, onda se bez mnogo greške može prema veličini sliva dobiti protok i za druge profile. Otuda se sada nastoji da se obavi što više merenja protoka na jednom profilu i to po celoj amplitudi vodostaja u što kraćem periodu po mogućству u jednom poplavnom talasu na svakih 20 cm priblašta i opadanja vodostaja. U ovakom kratkom periodu čak i kod nestabilnih korita razbacanost tačaka krive protoka nalazi se u granicama tolerancije.

Merenje protoka visokih voda predstavlja najteži ali u isto vreme i najvažniji zadatak. Kod nas se do sada mogu na prste nabrojati slučajevi merenja visokih i najvećih voda. Razlog leži u nemanju opreme i nemanju prakse. U Americi, posle iskustva od 1936 godine kada je nastupila poplava na Misisipi i protok bio dvostruko veći od maksimuma za proteklih 40—45 godina, odbacili su sve račune verovatnoće za dobijanje maksimalnih 100-godišnjih ili hiljadugodišnjih voda na bazi maksimalnih protoka dobijenih ekstrapolacijom krive protoka; sada nastoje da obave direktna merenja visokih voda. U tu svrhu mobilisu se sve raspoložive snage zainteresovanih službi, kada nastupe velike vode, koje vrše merenja velikih voda.

Krila za hidrometriska merenja datiraju jedna polovina iz doba pre Prvog svetskog rata, a drugi iz doba pre Drugog svetskog rata. Od osnivanja uprava hidrometeorološke službe do danas svega je nabavljeno iz inostranstva 10 i izradjeno u zemlji 30 hidrometeoroloških krila. Medjutim od ostale opreme: čamci, žičare, poslužni mostovi itd. ništa nije nabavljeno, tako da se u većini slučajeva meri stojeći u vodi. Tek prošle godine je uspelo nekim upravama da nabave po jedan-dva gumena čamca, ali to je samo zavaravanje jer za merenje treba toga mnogo više. Za hidrometeorološka merenja treba na vreme stići, dok voda ne prodje. To do sada nije bilo moguće, pošto u svakoj republici стоји na raspoređenju samo po jedan kamion, koji je stari i više na opravci nego u pogonu. Isti se kamion koristi i za obilaske i postavljanje meteoroloških stanica.

Merenje pronosa suspendovanog nanosa započeto je ove godine. Ovo je više probna godina, pa se može smatrati da će se iduće godine preći na sistematsko merenje suspendovanog nanosa na izabranom broju profila gde se grade ili nameravaju da grade važne akumulacije.

Merenje vučenog nanosa još nije početo i nema izgleda da će se početi ni iduće godine. Uopšte, sve do sada poznate metode merenja vučenog nanosa nisu dale zadovoljavajuće rezultate, pa se ovaj isto tako važan zadatak i u zemljama sa vrlo razvijenom hidrološkom službom, obavlja samo mestimično u svrhu istraživanja jedinstvenog metoda rada. Kretanje vučenog nanosa je vrlo složeno i specifično za pojedine tokove, tako da za svaki konkretni slučaj treba konstruisati odgovarajući batometar (hvatač) nanosa. Ovo, razume se, otežava masovnost merenja vučenog nanosa. Medjutim, u praksi kod zamuljivanja akumulacija daleko je manji ideo vučenog nanosa od suspendovanog. Tako na pr. kod ravniciarskih reka vučeni nanos iznosi svega 0,3—2% od suspendovanog (Volga), 0,8—10% na Misisipi. Po Šokliću alpske bujičarske reke nose najviše do 70% vučenog nanosa u odnosu na suspendovani.

Rastvoreni nanosi nemaju značaja u vodoprivrednim proračunima, jer se oni ne istaložavaju u akumulacijama. Medjutim količine rastvorenog nanosa mogu biti znatne (kot Volge kod Kamišina rastvorenii nanos iznosi 73,4% od ukupnog pronaosa suspendovanog i vučenog nanosa).

Merenje isparavanja sa vodenе površine počinje ove godine pomoći nadzemnog suda na obali jezera, akumulacije ili reke. Ovaj tip isparitelja je pokazao dobre rezultate kod američke hidrološke službe. Ostaje da se kod nas provere i koriguju reduktioni koeficijenti koji su usvojeni za američke prilike.

Hidrološka služba treba da ima centralnu arhiv svih hidroloških podataka kako bi se svakom stavili na raspoređenje i korišćenje. Otuda su po Uredbi o organizaciji hidrometeorološke službe sve organizacije dužne da pri osnivanju novih hidroloških stanica dobiju saglasnost hidrometeorološke službe i docnije sve prikupljene podatke dostavljaju hidrometeorološkoj službi. Ovo za sada još nije sasvim sprovedeno, i mnogi hidrološki podaci sede kod vodnih zajednica i drugih vodoprivrednih organizacija i nisu dostupni širokom krugu interesenata. Ne samo proveneni podaci treba da se stiču kod hidrološke službe, već i sve hidrološke studije i proračuni raznih projektantskih organizacija i vodoprivrednih instituta treba da se dostavljaju hidrološkoj službi. Za sada to čini samo Hidroenergetski zavod »Jaroslav Černi«.

Hidrološki godišnjak se štampa svake godine za jednu godinu unazad. On sadrži srednje dnevne vodostaje, srednje dnevne protoke za odabranu niz stanica, pojave leda, temperaturu vode i vodostaje podzemnih voda.

U SAD u Godišnjacima se ne obavljaju vodostaji već samo srednji dnevni i karakteristični protoci, pošto je svrha čitave hidrološke službe davanje godišnjeg bilansa vode. Na ovaj sistem prelaze i evropske zemlje: Nemačka, Austrija, Italija. To je za sada kod nas moguće samo za jedan mali broj stanica sa pouzdanim krovom protoka (naše veće reke), ili vremenom kada se budu omasovila sistematska merenja protoka vode, broj stanica za koje će se objavljivati protoci biće znatno veći. Svakako hidrološka služba mora da teži isključivoj objavljinjanju u godišnjaku protoka vode.

Budući godišnjaci treba da obuhvate i ostale hidrološke elemente koji se budu prikupljali kao što su: pronos nanosa, isparavanje sa vodenе površine, godišnje plavljene površine i sl.

Sadašnji katastar voda pored karakterističnih vodostaja i protoka vode sadrži podatke o ledu i temperaturi, ali u budućem i on treba da bude proširen podacima o pronosu nanosa, isparavanju sa vodenе površine i dr. Do sada su izdati opšti katastri voda za Dunav, Tisu, Savu, Drinu, Bosnu, Timok, Mlavu i Pek, a u radu je opšti katastar za Dravu, Vrbas i Unu.

Od hidroloških studija izdata je studija prof. Pećinara O. Zaštitu tla od erozije i V. Jevđevića Hidrološke studije. Ova poslednja zaslužuje naročitu pažnju baš inženjera hidrotehničara, pošto su u njoj obradjeni aktuelni problemi povećanja poplava na Dunavu, Savi i Drini i prikazan metod primere parcijalnih protoka kod određivanja veličine instalisanih snaga hidropostrojenja. Sem toga tu se po prvi put na jednom prime-

ru naših reka primenjene metode računa verovatnoće koje se već odavno primenjuje kod naprednih hidroloških službi. Sem toga data je i analiza rezultata i njihova kritika, kako bi se korigovale greške koje gola računica pruža.

Na kraju jedna od osnovnih delatnosti hidrološke službe — prognoza stanja voda, izšla je iz okvira redovne dnevne obaveštajne službe za potrebe plovidbe i odbrane od poplava i prešla na prognozu vodostaja redovno za dva dana unapred za nekoliko odabranih stanica na glavnim plovnim rekama, i desetodnevnu prognozu koja se daje svake subote za 10 dana unapred. Mora se priznati, da je ova služba daleko od onoga što treba da bude, jer pored ovih dveju potreba — odbrane od poplava i plovidba — hidrološke prognoze treba da se prošire na prognoze otapanja snegova i punjenje akumulacionih bazena. Za ovo poslednje pored detaljnog poznavanja metode primene jediničnog hidrografa — nužno je i mrežu vodomernih stanica snabdeti limnografima, a mrežu kišomernih stanica snabdeti totalizatorima, sengomernim vagama i ombrografima i svu tenu mrežu povezati telefonski i drugim sredstvima veze za glavne prognostičke centre.

Na putu smo da potpuno savladamo metod primene jediničnog hidrografa u prognozi stanja voda, ali na žalost raspoređeni podaci o padavina i protoku vode su takvi da se jedinični hidrografi za pojedine točke ne mogu da uspostave. Stoga se nameće važan zadatak opremanja mreže stanica u pojedinim važnim vodoprivrednim slivovima tako da se što pre dodje do jediničnih hidrografa. Naša energetika pa i melioracije zemljišta su ovde naročito zainteresovani i trebalo bi da pruže bogata investiciona sredstva za izvršenje ovoga zadatka.

Kadrovi

Do sada pa i danas kod većine inženjera hidrotehničara vlada uverenje da je svaki od njih u isto vreme i inženjer hidrolog. Medutim to je velika zabluda. Hidrologija se znatno razlikuje od hidrotehničkih disciplina koje su primenjenog tehničkog karaktera, dok se hidrološki radovi sastoje u analizi i studiji sa naučno istraživačkim metodama rada. Te metode su specifične, zasnovane na bazi dugoročnih osmatranja i merenja, na bazi računa verovatnoće i matematičke analize i na kompleksu fizičko-geografskih elemenata, koji služe kao podloge za opravdavanje ili odbacivanje dobijenih zaključaka. Otuda dobar inženjer hidrolog može biti onaj koji se toj disciplini potpuno posveti. To su uvideli zemlje koje mnogo polažu na hidrološku službu i kod njih već postoje inženjeri hidrolozi izgradjeni kroz praksu (SAD, Zap. Evropa) ili

kroz Hidrometeorol. institut SSSR. Gledano ovako, možemo reći da je pre rata i odmah posle rata bilo vrlo malo inženjera hidrotehničara koji su se bavili isključivo hidrologijom. Time se i objašnjavaju principijelne greške u vodjenju službe, koje su se drastično izrazile kod izbora mesta vodomernih stanica i obavljanja hidrometriskih merenja. Stanice su postavljane blizu ušća reka u domenu promenljivog uspora, na nestabilnim koritima, na privremenim mostovima itd., a hidrometrika merenja razbacana na veliki broj hidrometriskih profila. Za period od 15 godina na jednom profilu je prosečno izmereno po 4 protoka mahom niskih voda, tako da, kako zbog malog broja merenja tako i zbog promenljivih uspora i nestabilnog korita, nije moguće doći do bilo kakve krive protoka.

Da inženjer hidrotehničar nije i inženjer hidrolog govore i mnogi posleratni primeri. Naši veliki hidroenergetski objekti projektovani su na bazi vrlo oskudnih, često ništavnih hidroloških podataka. To je bila jedna nužnost. Ta se nužnost mogla vrlo brzo korigovati da su u toku projektovanja izvršena potrebna istraživanja i merenja voda ili bar u toku gradnje učinjeno ono što se nije ranije učinilo. Na pr. Jablanica, naša najveća hidroelektrana projektovana je na retko oskudnim podacima o protoku vode.

Medutim ti su se podaci mogli dobiti iz jednog poplavnog talasa, koji se kod Nerete pravilno javlja u jesen i u proleće. Organizovanjem merenja protoka na svakih 20 cm porasta i opadanja vodostaj u toku jednog poplavnog talasa može se dobiti sigurna kriva protoka. Kako je profil u Jablanici stabilan, ova kriva protoka mogla se aplicirati na vodostaje iz ranijih godina i tako dobiti pouzdane karakteristike vode. Od 1946 pa do 1950 kada je početa brana, Neretvom je prohujalo ravno 20 poplavnih talasa a da merenja nisu organizovana. Drugovi hidrotehničari, projektanti i graditelji izvršili su zamašne istražne i studijske radeve iz oblasti gradnje brana i organizacija rada, ali na organizovanju merenja protoka i drugih hidroloških rada nije ništa učinjeno. Šta više i postoji vodomerna stanicu koja je osnovana 1904 izključili su iz pogona. Ovakih primera ima dosta, toliko koliko i hidroenergetskih objekata projektovanih do 1950 godine.

Moram reći da je sada situacija drukčija jer su mnogi projektantski zavodi uvideli da bez pouzdanih hidroloških podloga nema dobrih i ekonomskih projekata, pa nastaje da stvore hidrološke grupe koje treba da prikupljaju dopunske hidrološke podatke, koje ne može da im pruži hidrološka služba. No ove grupe su vrlo slabo opremljene i sačinjavaju ih mahom tehničari početnici, pa i prikupljeni podaci ne zadovoljavaju.

Do objedinjavanja hidrološke službe sa meteorološkom nije bilo inženjera hidrotehničara koji su se isključivo bavili hidrologijom. Tek 1947, po izdvajaju hidrološke službe, inženjeri koji su se u njo zatekli počeli su da se bave isključivo hidrologijom. I to se može smatrati kao pravi početak uzdizanja kadrova inženjera hidrologije i hidroloških tehničara.

1947 u hidrološkoj službi bilo je u republikama 5 inženjera i 4 u Saveznoj upravi, ukupno 9. Danas se u republikama taj broj udvostručio a u Saveznoj upravi ostao isti, tako da ih ima svega 14.

Tehničara je bilo 1947 ukupno 18 a danas ih ima 59. Ovako veliki broj tehničara dobijen je iz Hidrometeorološke škole koju je osnovala Savezna uprava hidrometeorološke službe i iz srednjih tehničkih škola hidrotehničkog smera. Pada u oči ne-srazmeran porast tehničara i da na jednog inženjera dolazi 4,2 tehničara što je svakako mnogo. Veći broj inženjera nalazi se na rukovodećim mestima pa ne može mnogo da se posveti uzdizanju mlađih inženjera i tehničara. Sem toga na našem jeku nema hidrološke literature (izuzev nešto skriptata i uputstava) pa se može reći da uzdizanje kadrova nije išlo paralelno sa njihovim brojnim porastom.

Hidrološka služba traži kvalitetne inženjere. To je naročito potrebno sada u početku kada se služba tek izgradjuje. Takvi se nisu mogli dobiti jer su radije išli u preduzeća gde su imali duplo veću zaradu. Za normalno funkcionisanje hidrološke službe treba da bude uposleno 34 inženjera i 96 tehničara. Dok će se broj tehničara popuniti brzo i lako, 20 inženjera neće se brzo dobiti. Mora se otkloniti glavna smetnja prilivu inženjera u hidrološku službu, a to je razlika u platama inženjera u privredi i ustanovama. Na drugom mestu na Tehničkoj velikoj školi treba zavesti redovne diplomske ispite iz hidrologije. Smatram da će jedino efikasno delovati na priliv inženjera u hidrološku službu, ako se zavede stalni dodatak pored plate. Taj dodatak treba da je toliki da inženjer hidrolog ne dobija manje nego njegov kolega u nekom projektantskom zavodu.

Oprema mreže hidroloških stanica

Od 1947 godine na ovamo može se reći da hidrološka služba nije ni imala investiciju za opremu mreže stanica i ekipa za hidrometriska mernja, jer one za celu zemlju ne iznose nekoliko miliona za 6 godina. Jedino su dobijene investicije za podizanje radionica za izradu hidroloških i meteoroloških instrumenata. Radionica je danas u pogonu i izraduje veliki broj tipova hidroloških i meteoroloških instrumenata. Mreža hi-

droloških stanica još uvek se sastoji samo iz vodomera sa letvom a hidrometriski profili nisu čak ni obeleženi na terenu, a kamoli uredjeni, ozidani, opremljeni poslužnim mostovima, žičarama, splavovima, motorima i čamcima itd.

Medjutim za dobijanje masovnih i pouzdanih podataka mora se mreža vodomera snabdeti sa limnografima, a hidrometriski profili urediti za pouzdano merenje protoka. U zemljama sa uredjenom hidrološkom službom broj limnografa iznosi 30—50. N. pr. u gornjem sливу Dunava površine 77050 km² od 368 vodomera 168 je snabdeveno limnografima. Sava pak, uzvodno od ušća Bosuta, ima isti sлив kao Dunav uzvodno od austrijske granice i skoro isti broj vodomera ali svega 10 limnografa što je 16,6 puta manje.

U Nemačkoj n. pr. troškovi podizanja jednog limnografa na Rajni (građevni radovi i oprema) iznose 50—70.000 nemačkih maraka ili 3,500.000 do 5,000.000 deviznih dinara. Pa ipak broj limnografa iznosi preko 30% od ukupne mreže vodomera. Ovako visoki troškovi oko limnografa na Rajni dolaze otuda što se pored njega podiže i ugledna stanbena zgrada za osmatrača, linije za prenos vodostaja na daljinu, uredjaji za pokazivanje vodostaja koji se mogu videti i sa druge obale. Za naše prilike može se računati prosečno po limnografu oko 600.000 do 1.000.000 dinara. Ako usvojimo da 20% vodomera treba da ima limnografe, onda to iznosi oko 150.000.000 dinara. Ovim investicijama treba isto toliko dodati za uređenje hidrometriskih profila, izgradnju preliva, venturi kanala, ozidanih profila i pragova, podizanje žičara, poslužnih mostova i sl. One će izneti oko 200—300 miliona dinara. Za brzu i pouzdano merenja treba nabaviti vozeći i plovni park i opremu za ljudstvo, što će izneti takodje oko 70—100 miliona dinara, tako da ukupni troškovi investicija ne bi premašili 400—500 miliona dinara. Ove bi investicije bile dovoljne za period od 5 godina, tako da bi 100.000.000 godišnje bilo dovoljno za opremanje hidroloških stanica i ekipa za hidrometriska merenja.

Moram da naglasim da su za istražne radove poedinih velikih hidroobjekata utrošene milijarde, ali da je procenat za hidrološka istraživanja ništaštan. To će biti i dalje, ako se ne izdvoje sredstva za hidrološke istražne radove i investicije. Istražni radovi za pojedine objekte će biti potrebni i dalje, ali hidrološka služba treba da pruži osnovne pouzdane i brojne hidrološke podatke na kojima će se moći izgradjivati hidrološke podloge za pojedine velike hidrotehničke objekte.

Da se posebne investicije moraju dodeliti hidrološkoj službi, pokazuje prošlost. Do sada su za velike hidroelektrane i melioracije odobravane

miliarde za istražne radove, uključujući tu i hidrološke. No od toga nije ništa videla hidrološka služba, jer su ti istražni radovi bili ograničeni na jedan objekat i vremenski ograničeni, a hidrološki radovi se odnose uvek na ceo sлив i na vremenski neograničen period. Primer Jablanice, koji je ranije spomenut to najbolje pokazuje. Ova hidroelektrarna treba po najnovijim podacima da košta preko 25 milijardi deviznih dinara, a od toga na hidrološke radove na terenu nije ništa učinjeno. Da su prvo bitne hidrološke podloge proverene i dobijene pouzdane karakteristike vode, sigurno bi se postigle zнатне uštede, bilo sada u gradjenju, bilo time što bi se izbegle štete od eventualno potencijenih visokih voda koje se u budućnosti mogu dogoditi.

Po podacima Odbora za koordinaciju izvoza električne energije iz Jugoslavije, u 23 hidroelektrane, po prvim proračunima treba da se investira 250 milijardi deviznih dinara. Ovi objekti obuhvataju sлив Drine i oblast zapadno od atla, bez Drave, desnih pritoka Save i samog toka Save. Ako se uzmu u obzir hidroelektrane i na ostalom delu Jugoslavije, onda će se ta suma popeti sigurno na 400 milijardi deviznih dinara. Pretpostavimo da se u toku 5 do 10 godina utroši 500 milijardi dinara. Ako bi se od toga hidrološkoj službi dodelilo samo 0,1%, ona bi izvršila svoje zadatke i sigurno dopričela da se uštedi više milijardi dinara kod investicija.

ZAKLJUČAK

1. Hidrološka služba treba da se osposobi što pre da za sva vodoprovredna projektovanja pruža sigurne podloge. Hidrološka služba prethodi svima tehničkim zahvatima na vodama, pa otuda njoj treba pokloniti punu pažnju.

2. Konstatuje se da hidrološka služba u pogledu opreme stanica, hidrometriskih profila, voznog parka i opreme osoblja stoji na vrlo niskom nivou. Takvo stanje se negativno odražava na opštu vodoprovrednu planiranju i povećava troškove investicija.

Da se to stanje popravi treba hidrološkoj službi obezbediti u toku 5 godina po 100.000.000 dinara.

3. Priliv inženjera u hidrološku službu je vrlo slab. Razlozi su ne-srazmera u platama inženjera u privredi i hidrološkoj službi i slaba mogućnost zarade inženjera hidrologa van redovnog posla.

Da se to popravi treba ih stimulirati stalnim dodatkom. Visina dodatka treba da bude toliki da se inženjeri i tehničari hidrolozi izjednače sa platama inženjera i tehničara u privredi.

4. Na tehničkim velikim školama treba zavesti diplomske ispite iz hidrologije, a specijalno kurs hidrologije u 9 semestru proširiti.

Zakon o vodama

Ogromni zamah u privredi država, koji je nastupio početkom ovog stoljeća uslijed razvoja elektrotehnike, prinukao je skoro sve evropske države, da svoje vodno zakonodavstvo reformiraju i prilagode novim potrebama i načinima korišćenja i upotrebe vode. Dotadašnji su se zakoni o vodnom pravu zasnivali uglavnom na principima rimskog ili germanskog prava u pogledu zaštite javnih i privatnih interesa, ali i na nazorima feudalnog doba o pravima korišćenja voda i o individualnim obavezama u odbrani od vode. Njihove su odredbe o proceduri za traženje i dobijanje odobrenja za podizanje vodnih postrojenja predstavljale velike smetnje u preduzimanju inicijativa ili u razvijanju daljnje zamaha u savremenjem i racionalnijem korišćenju voda.

Prvi su nacrti zakonskih novela po vodnom pravu bili podnešeni tadašnjim saborima naših zapadnih krajeva još 1911. god. Zemlje, koje su poslije prvog svjetskog rata ušle u sastav Jugoslavije, donijele su svoje stare zakone o vodama i o vodnom pravu ili neke druge propise sa odredbama u pogledu upotrebe i uređenja voda. Tek 1931. god. donešen je novi zakon o iskorišćavanju vodnih snaga, kojim je jedinstveno za sve oblasti države regulisana ta materija u pogledu tehničkih normi za korišćenje vodnih snaga, prava i obaveza korisnika i zainteresiranih, kao i u pogledu nadležnosti i postupka za izdavanje dozvola — koncesija i odobrenja gradnje. Pored toga u ovaj su zakon ušle i odredbe u pogledu pravnog svojstva voda, kojima se propisuje, koje sve vode spadajo u javno dobro, a koje su vode svojina vlasnika zemlje. Ovo ubaćeno osnovno načelo vodnog prava, koje ne spada u jedan organizaciono - administrativni zakon, kao što je ovaj iz 1931. god., prouzrokovalo je raznu primjenu u sudskoj i upravnoj prijeratnoj judikaturi po imovinskim i vodopravnim sporovima. Do drugog su svjetskog rata donešeni još neki pojedinačni propisi iz vodnog zakonodavstva (o uređenju bujica, o kreditiranju vodoprivrednih radova iz državnog melioracionog fonda, o sredjivanju vodnih zadruga itd.).

Poslijeratno društveno - ekonomsko in socijalno uređenje naše države, eliminiralo je potrebu primjene tog prijeratnog vodnog zakonodavstva. Ovo iz razloga, što je s jedne strane sadržavalo odredbe protivne nastalim promjenama u uređenju narodne vlasti i u društvenim i privrednim odnosima u narodnoj zajednici, a s druge strane što ne odgovara današnjim potrebama privrednog razvoja zemlje i zahtjevima uznapredovanog životnog standarda čovjeka.

Voda je ne samo bezuvjetna potreba za svaki organski život nego i izvor motorne snage neophodno potrebne u svima granama privrede i ljudskog progresa. A kako se često ne može udovoljiti svim tim potrebama ili ih uskladiti, nastaju sukobi interesa, koje je nemoguće izglatiti bez čvrstih pravnih normi. Dosadašnji slučajevi sukoba, koji su različiti i mnogostruki, ukazuju na opasnost, da se »najviše pravo« nekih općih interesa osjeti kao »najveća nepravda« za životne i privredne potrebe zainteresiranog dijela narodne zajednice.

Stoga je krajnji čas, da se i u oblasti korišćenja, gospodarenja i uređenja voda doneše zakon, koji će zaštititi osnovna prava gradjana na korišćenju i očuvanju voda ali i društvenu zajednicu od nepravilnog i neracionalnog korišćenja voda, ustanoviti regulative za to korišćenje i odrediti pravne norme za zaštitu gradjana i narodne privrede od opasnosti, koja im prijeti od vode ili od vodnih postrojenja. Vodoprivredna rješenja mogu biti pravilna samo onda, ako su uskladjena sa pravnim i tehničkim propisima, koje je kao obavezno važeće postavila društvena zajednica odnosno od nje izabrani zakonodavni organ.

U 1951. god. izradjeni su u upravama za vodoprivredu narodnih republika Hrvatske i Srbije nacrti zakona o vodama, koji su trebali da posluže kao baza za diskusiju. Istovremeno je i bivša savezna Uprava za vodoprivredu izradila svoj nacrt o vodama, koji je trebao da da zakonsku podlogu za organiziranje vodoprivrede i za donošenje zasebnih zakonskih propisa o pojedinim granama vodoprivrede. Ovaj je nacrt izmjenjen u 1952. god. sa nacrtom zakona o vodoprivredi, koji je sadržavao osnovne odredbe o upravljanju vodoprivredom i njenim zadacima, o organiziranju njene službe, o funkcijama njenih organa u sklopu novog sistema upravljanja privredom i o financiranju investicija za unapredjenje vodoprivrede. Pored toga bila su ubaćena u taj nacrt zakona neka opća načela vodnog prava, ali bez njihove osnovne razrade. Usljed izvršenog preuređenja saveznih organa državne uprave taj je nacrt zakona o vodoprivredi postao izlišan. Uprave vodoprivrede osnovane su republičkim uredbama skoro u svim republikama.

Ta okolnost još više potencira hitnost donošenja novog zakona o vodama, koji bi okvirno za sve republike jedinstveno normirao osnovna materijalno - pravna i tehnička načela o upravljanju i raspolažanju vodama i o njihovom uređenju i korišćenju, skladjena sa savremenim naučnim

principima i prilagodjena društvenom, privrednom i tehničkom razvoju narodne zajednice.

Stvarnost nas uči, da ni potoci — a kamo li rijeke — ne pokazuju sklonost, da u svom ponašanju respektiraju granice narodnih republika. Daljnja je pouka o saznanju, da loše gospodarenje vodom u jednoj mora imati osjetljivih i loših posljedica u drugoj zemlji, što proizlazi iz neophodnosti korišćenja i uređenja voda i iz faktične povezanosti režima vode bez obzira i na državne granice. Neosporna potreba za uskladivanjem i jedinstvenim rješavanjem vodoprivrednih djelatnosti na režimima i zalihama voda, koje su od zajedničkog interesa za široku privrednu područja bez obzira na teritorijalne granice, ukazuje na prednost jednog općeg okvirnog zakona za cijelokupno područje države, koji bi obuhvatio jedinstvena osnovna materijalno-pravna i tehnička načela po svima granama vodoprivrede, prioritete odnose društvenih organizacija i pojedinih grana narodne privrede u korišćenju voda kao i obaveze korisnika voda i zemljišta u njihovom slivu u cilju očuvanja i poboljšanja režima i upotrebitosti voda. Detaljnija razrada nekih od tih osnovnih načela okvirnog zakona pripada republičkom zakonodavstvu, koje može uspješnije uskladiti specifične potrebe i prilike svoga područja postavkama i regulativama općeg zakona.

Premda ustavnom uredjenju naše države donošenje zakonskih propisa o vodama spada u republičko zakonodavstvo. Ali čak i u slučaju kada bi postojao savezni nacrt zakona o vodama, na kojem bi pojedine narodne republike zasnavale svoje vodno zakonodavstvo, nije vjerojatno, da bi se moglo ostvariti istovremeno i ujednačeno normiranje bar onih bitnih načela i regulativa, koje se nameću iz jedinstvenosti režima voda, koje su od zajedničkog interesa za dvije ili više narodnih republika. Stoga je u interesu državne zajednice, da se donese savezni opći zakon o vodama. To traži i povezanost privrednih odnosa zemlje. Uspješnost takvog jedinstvenog uredjenja vodnog zakonodavstva dokazuju i iskustva.

Ustav naše države proglašio je vode općenarodnom imovinom. Ovo važi za sve vode bez obzira, da li ih treba tretirati kao javno dobro, namjenjeno za opće i zajedničko korišćenje, kamo spadaju javni vodotoci — prirodni i umjetni, more, termalne i radioaktivne vode, ili kao demandalno dobro, kamo spadaju solne i druge rudne vode. Zakon treba da precizira, koje vode ostaju na korišćenje i upravljanje vlasniku zemljišta, na kojem se nalaze i čine nje-

gov sastavni dio, kao što su vode u bunarima, cisternama, lokvama, zatim izvorske i podzemne vode i njihova oticanja do granice zemljišta, i da postavi norme u pogledu ograničenja prava vlasnika zemljišta na korišćenju i upravljanju takvim vodama s obzirom na javne i opće potrebe i na zaštitu prava drugih zainteresiranih.

Zakon o vodama ne bi trebao da obuhvati i materiju solnih i drugih rudnih voda već i s obzirom na pravni karakter opće narodne imovine. Zakon o rudarstvu rješava pitanja o njihovom korišćenju, upravljanju i uređenju. Isto tako taj zakon ne treba da tretira ni materiju upotrebe i korišćenja mora za plovvidbu i ribarstvo s obzirom na specifičnost problema, koje ona postavlja. Međutim s obzirom na savremene metode desalitizacije morska se voda već iskorišćava za snabdjevanje naselja i industrija pitkom vodom, potrošnom i pogonskom vodom, što je od naročite važnosti za naše Primorje. Stoga zakon o vodama treba da sadrži i regulative za iskorišćavanje morske vode u cilju snabdjevanja naselja i industrija, naročito vode izvora pri morskoj obali ili u samom moru (vrulje), a isto tako i regulative za odvodjenje fekalnih i ostalih odpadnih voda iz naselja u more.

Ali glavni sadržaj zakona treba da obuhvati pravne norme za unapredjene intenzivne vodoprivrede kako u planini tako i u nizini, kao i regulative prava i obaveza u korišćenju, uređenju i zaštiti voda. Pri postavljanju tih regulativa treba se pridržavati načela, da se radi zaštite zdravlja gradjana i radi sigurnosti njihove imovine, naselja, kulturnih dobara i privrede zajednice — sve kolektivne i individualne djelatnosti na vodi moraju zasnovati na zakonu i da moraju biti od mjerodavnih organa narodne vlasti dozvoljene i kontroliране.

Od bilo kakvih ograničenja treba svakako izlučiti one opće upotrebe vode, koje moraju biti slobodne svakom gradjaninu bez potrebe za kakvom dozvolom i odobrenjem organa vlasti; samo u izuzetnim i određenim slučajevima može se lokalnim odredbama regulirati vršenje prava tih općih upotreba (piće, pranje i kupanje, pojenje stoke itd.). Za sva ostala korišćenja i upotrebe voda potrebno je predviditi dozvolu vlasti. Ovo i iz razloga, da bi se mogla ocijeniti prijestolivost namjeravane djelatnosti sa gledišta vodoprivrede i općih interesa i ispitati racionalnost vodoprivrednog poduhvata. U dozvolama za korišćenje i uređenje voda mogu se postaviti uvjeti i obaveze samo u granicama, koje zakon regulira u svrhu zaštite vršenja općih upotreba vode, javnih interesa i prava zajednice. Zakon treba da sadrži i odredbe, kada i pod kojim uvjetima dozvoljeno pravo korišćenja i upotrebe vode presta-

je odnosno utrnuje, i što se dešava sa preostalim vodogradjevinama i uredajima.

Za izgradnju i preinaku objekata, koji su potrebni radi dozvoljenog korišćenja voda ili radi uredjenja i zaštite od voda, treba predviditi pretvodno odobrenje po zakonu o vodama, koji za davanje tog odobrenja ima pa propis tehničke norme, kojima vodna gradjevina treba da odgovara sa vodoprivrednog gledišta, kao i regulative za ocjenu sigurnosti, racionalnosti i uticaja vodogradjevine na režim voda i na javne i privatne interese, a zatim i odredbe u pogledu postupka za davanje dozvola odnosno odobrenja.

Načela zakona u pogledu odbrane i zaštite od voda treba da obuhvate osnovne odredbe u pogledu preduzimanja privrednih mjera i tehničkih radova, kojima je cilj da uplivisu na oticanje voda sa slijiva i da sprečavaju njihovo razorno djelovanje. Amo spadaju ne samo norme i regulativi za odvodjenje voda i odbranu od poplave (regulacije, odbranbeni nasipi, uređenje bujica, odvodnjavanje podvodnih i isušivanje močvarnih zemljišta, vodojače itd.) nego i sve mјere i djelatnosti, kojima je cilj sprečavanje erozije tla u slijivu, konsolidacija površine i preudešavanje njeone vegetacije i obrade. Ove su mјere i djelatnosti u glavnom pasivne za pojedinu granu privrede, ali imaju najveću važnost za vodoprivredu, te u okviru cjelokupne narodne privrede postaju aktivne investicije. Stoga zakon o vodama treba da postavi osnovne regulative za korišćenje zemljišta u slivovima bujičnih vodotoka i u područjima odrona i klizišta pored vodotoka. Isto tako zakon ima da postavi i norme za obaveznu kolektivnu izgradnju odbrane naselja, obrađenog zemljišta i drugih privrednih objekata od poplava i razrajućih velikih voda, kao i za zaštitu i održavanje izgradjenih objekata.

Snabdjevanje naselja i industrija vodom nailazi na sve veće teškoće ne samo u nizinama, gdje dolazi u obzir podzemna ili površinska voda, nego i u krajevinama, u kojima ima izvorske vode dovoljne izdašnosti. Potrebno je, da se zakonom osigura prioritetsko pravo naselja na korišćenje svih raspoloživih voda radi snabdjevanja stanovnika vodom za piće i ostale kućne i javne potrebe. Nadalje zakon treba da predviđa obavezno preduzimanje mjeri i radova potrebnih za zaštitu voda i vodoopskrbnih naprava od zagradjivanja i da postavi ograničenja u načinu obrade i kultiviranja zemljišta u zaštitnim područjima i u preduzimanju radova, koji bi mogli imati uticaja na izdašnost izvora ili na visinu njihovog izbjivanja. S obzirom na presudnu važnost, koju vodoopskrba naselja higijenski ispravnom vodom i u dovoljnoj količini ima za zdravlje i za kulturni i privredni razvoj stanovništva, potrebno

je zakonom normirati kolektivno obavezu izgradnje i održavanja vodoopskrbnih naprava od strane korisnika sa odnosnog područja. Organiziranje i ostvarenje te obaveze treba da spada u osnovne zadatke narodnog odbora odnosnog naselja.

Pitanje odvodjenja otpadnih voda postalo je posljednjih godina od naročite važnosti za javni život s obzirom na veliki prirast stanovništva u gradovima pored rijeke i ostalih većih vodotoka i na ogromni razvoj industrija i rudnika. Na održavanju čistoće voda i sprečavanje slobodnog upuštanja otpadnih voda sa štetnim sadržajem organskih i anorganskih tvari, često i otrovnih, zainteresirani su u punoj mjeri ne samo vodoopskrba naselja nego i poljoprivredu, ribogostvo, njega zdravlja i kulturni život stanovništva. Novi zakon o vodama mora postaviti higijenski zahtjev za očuvanjem ispravnosti voda kao najvažniji princip ispred svih ostalih korišćenja i upotreba voda i propisati osnovne regulative i tehničke norme za upuštanje otpadnih voda u javne vodotoke ili u podzemlje ne samo u aluvijalnim nizinama nego i u brdskim kraškim predjelima.

Radi osiguranja dobave vode za natapanje poljoprivrednih površina treba u zakonu predviditi i mogućnost ograničenja u vršenju svih ostalih prava na korišćenje vode osim vodoopskrbe naselja. Nadalje zakon treba da propisuje osnovne regulative za vršenje natapanja, kako bi se sprečilo zamočvarenje zemljišta, ispiranje površinskog plodnog sloja navodnjavanog zemljišta i pogoršanje slatinastih terena.

Svjedoci smo ogromnog napretka u izgradnji hidroenergetskih postrojenja, koja treba da omoguće najširu elektrifikaciju zemlje i osiguraju jeftinu pogonsku snagu industriji, koja se s obzirom na bogastvo sirovina i potrebe naše privrede razvija punim zamaxom. Iskorišćavanje vodnih snaga se postavlja danas u drugim razmjerama i u drugim odnosima na privredne prilike zainteresiranih područja i na moguća vodoprivredna rješenja, sasvim različitim od odnosa, koje treći zakon o iskorišćavanju vodnih snaga iz 1931. god. Stoga ovaj zakon ne može više imati bilo kakve primjene. Ovo u toliko prije, što ni u svojim materialno-pravnim odredbama ne odgovara postavkama današnjeg državnog i društveno-ekonomskog uređenja države.

Zakon o vodama treba da postavi princip iskorišćavanja vodnih snaga samo pomoću hidroenergetskih postrojenja, a izuzetno za taksativno odredjene potrebe pomoći ostalih hidrauličkih naprava. Nadalje treba da predviđi, da se iskorišćavanje vodnih snaga ima vršiti u skladu sa rješenjima vodoprivredne osnove za odnosno slivno područje. Od ostalih regulativa, koje bi zakon trebao da ob-

uhvati i u osnovnim načelima razrađadi, najvažnije je pitanje usklajivanja namjeravanog postrojenja sa potrebama ostalih privrednih grana u pogledu korišćenja i upotrebe iste vode, zatim sa prirodnim ljepotama vodotoka i područja i sa zahtjevima u pogledu očuvanja prirodnih rijetkosti. Nadalje zakon bi trebao da regulira odnose pojedinih korisnika voda u slučaju potrebe izgradnje racionalnog hidroelektričnog postrojenja, regulacije ili kanalizacije rijeke, uređenja vodotoka, odvodnjavanja ili navodnjavanja zemljišta, kao i izvođenja drugih radova od općeg interesa, a isto tako i u slučaju potrebe prilagodjavanja postojećih postrojenja i objekata ili njihovog uklanjanja.

U pogledu plovidbe i splavarenja na javnim vodotocima zakon o vodama trebao bi da regulira odnose ostalih privrednih grana, koje su zainteresirane na korišćenju i upotrebi vode iz tih vodotoka, i da normira podudrenost tih upotreba plovidbi, koja treba da ostane glavna namjena plovnih rijeka, plovnih kanala i prirodnih jezera. Isto tako treba da normira uvjete, pod kojima se može vršiti preuređenje i izgradnja plovnih vodotoka radi drugih upotreba i namjena. Ovo je od naročite važnosti za osiguranje i poboljšanje oticanja ve-

likih voda u plovnim rijeckama. Regulisanje upotrebe vode za plovidbu i splavarenje kao i samog pogona treba da je predmet posebnih zakona i pravilnika.

Najzad zakon o vodama trebao bi da propiše materijalno-pravne i tehničke norme u pogledu projektiranja, izgradnje, održavanja i rada akumulacija voda, potrebnih za izravnavanje doticajnih i oticajnih količina. Treba da regulira odnose na korišćenju akumulacija od strane vodoprivrednih grana, koje su zainteresirane na izgradnji i radu akumulacije, naročito u slučaju kada je akumulacija voda namjenjena prvenstveno akumulaciji električne energije u cilju izravnavanja njene proizvodnje. Zakon treba da normira i uvjete, kojima projektiranje i izgradnja akumulacije i njene visoke brane treba da udovoljava, kao i obaveze korisnika akumulacije u pogledu stalnog nadziranja i ispravnog održavanja brane. Isto tako zakon treba da normira obavezno preuzimanje mjera i radova potrebnih za uklanjanje štetnih posljedica od izgradjene akumulacije, naročito na stanje i kolanje podzemne vode u kraškim predjelima.

Materija zakona o vodama je mnogostruka i složena. Ali s obzirom na međusobnu povezanost svih vodoprivrednih grana, nijednu ne izuzimaju-

ći, i na potrebu usklajivanja njihovih potreba i izgradnje, taj bi zakon trebao da obuhvati sve grane i da postavi jedinstvene principe u korišćenju i uredjenju voda za sve grane. Reguliranje međusobnih odnosa pojedinih grana vodoprivrede raznim zakonima propisima za svaku granu posebno — ne da se pravilno riješiti, a praktična primjena takvih propisa ne bi time bila olakšana.

Zaključak.

Unapredjenje vodoprivrede, zaštita interesa društvene zajednice i pravilna sigurnost gradjana nameću potrebu donošenja jednog općeg zakona o vodama, koji bi s obzirom na povezanost režima voda i njihovog korišćenja i uredjenja trebao da bude jedinstven za sve narodne republike. Ovaj zakon treba da normira osnovna materijalno - pravna i tehnička načela o korišćenju i uredjenju voda, uskladjena sa savremenim naučnim principima i prilagodjena društvenom, privrednom i tehničkom razvoju narodne zajednice. On treba da zaštiti kako zajednicu od nepravilnog i neracionalnog korišćenja voda tako i osnovna prava gradjana na korišćenju i očuvanje voda.

Zakon o vodama treba da obuhvati sve grane vodoprivrede.

Ing. Stevan Ćirković — Mostar

DK 627.88 (497.1 Jablanica)

Zaštita akumulacionog bazena za Jablaničku hidrocentralu od zamuljivanja

Na prvom savjetovanju stručnjaka za visoke brane u Jugoslaviji održanom u Zagrebu u vremenu od 18. do 23. septembra 1950 g. jedan od zaključaka bio je: »Da se zasipanjem akumulacionih bazena nanosom, izučavanju kretanja nanosa u rijekama, uređenju bujica i konsolidaciji terena, do tada, nije posvećivala skoro nikakva pažnja, te je naglašena potreba sistematičkog proučavanja i mjeđenja nanosa na širokom frontu!«

Misljam da je nama svima poznato, da je za sada Jablanička hidrocentrala, koja je doduće još u izgradnji, jedna od najvećih u našoj zemlji. Isto tako i vodojaža, t. j. brana čija korisna visina iznosi 70 m, jedna je od najvećih do sada podignutih. Akumulacioni bazen ili vještačko jezero, koje će se zatvaranjem brane stvoriti u koritima rijeke Neretve i Rame, po svojoj zapremini iznosi 318 milijuna m³ vode. Površina jezera kod normalne vode iznosi 14,38 km², dužina će mu biti 25 km, a širina od 1 do 2 km. U ovo jezero ulijevaće se dvije velike rijeke — Neretva, čija cijelokupna dužina iznosi 218 km, i Raša sa dužinom od 25 km. Neposredno u

jezero ulijevaće se i nekoliko većih riječica, koje su po svome karakteru izrazito bujičke a to su: Neretvica, Ibar, Kraljuščica, Trešanica i nešto manje od ovih: Tomčanica, Nevizdarski potok, Drecelj, Orahovica, Crnaja, Obaščica, Papraska i Ribička rijeka u slivu rijeke Neretve, i Lizoprac, Ustoramski potok, Kućanski, Mala i Velika Lomnica i Trišćanski potok u slivu rijeke Raše. Cijelokupno slivno područje za ovaj bazen iznosi 2.236 km² i administrativno pripada Hercegovačkoj oblasti, obuhvaćajući uglavnom teritorije srezova Konjic, Prozor a djelimično manje teritorije Nevesinjskog i Gatačkog srezova, kao i teritoriju jedne opštine sreza Kalinovik (Bosna).

Na cijelokupnom ovom slivnom području živi oko 70.000 stanovnika, koji se uglavnom bave stočarstvom i poljoprivrednom proizvodnjom.

Geološka formacija cijelokupne teritorije po svemu sudeći, bila bi kenozojska perioda sa tercijalnom formacijom, što se da zaključiti sa velikom količinom pješčanih dolomita. Geološka karakteristika mu je erupтив (gabro-diorit).

Akumulacioni bazen je na verfenskom škriljcu i slojevima oligomiocenske serije. Gabro je u predjelu brane a trijaski krečnjak kod Ostrošca. Verfenski škriljci su pretstavljeni laporastim škriljcima nepropustljivim za vodu. Oligomiocenska serija pretstavljena je dobro vezanim konglomeratima laporca i sladkovodnog krečnjaka.

Pored granita, kojega nalazimo samo mjestimično i to na jednom jednom mjestu, krečnjak je osnova petrografskog sastava pored porfira, škriljca i laporca.

Klima je u ovom predjelu naročito interesantna i igra veliku ulogu sa našeg stanovišta zaštite akumulacionog bazena. Naime, predio Neretvanskog gornjeg toka, t. j. od izvora pa skoro do brane podliježe oštroj kontinentalnoj klimi, koji je od uticaja blage mediteranske klime odsječen visokim planinskim masivima Čvrsnice 2228 m, Prenja 2155 m, Veleža 1969 metara i Crvna 1921 m. Ali ipak se može desiti kao što se već više puta desilo, da i pored ovih visokih masiva tople struje mediteranske klime prođu i do duboko u jesen ili rano

proljeće i u slivno područje akumulacionog bazena i u to doba izazovu nadolazak velikih voda, naglim topnjem snijega, pljuskovima i dugotrajnim kišama, kao i velikim podzemnim vodama - izvorima.

Meteorološke vode i intenzitet padavina naročito je promjenljiv. Srednja godišnja padavina kreće se od 2000—2200 mm. Ali maksimalna dnevna zabilježena je u Prodoru i od 400 mm!

Doticaj vode u rijeci Neretvi u toku 24 časa obzirom na visinu u koju može dostići i do 14 m. U posljednje vrijeme zabilježen je katastrofalan vodostaj 1934 kad je Neretvom prohujalo u jednoj sekundi 1600 m³. Ovo se desilo kada se uslijed odrona jednog brdskog masiva kod mjesta Uloga stvorio uspor, te je voda najednom prodrla. Ali je zato 12. XII. 1950. god. zabilježeno 1.020 m³ u sekundi a 16. XII. 1952. god. 1400 m³ u jednoj sekundi. Maksimalna katastrofalna voda kod statičkog računa za branu predviđena je ca 3000 m³ u sekundi.

Vjetrovi:

Južni a osobito sjeverni vjetrovi (bura) su veoma jaki, te svojom dinamičkom snagom uglavnom odnose zemlju sa strmog obezumljenog i ogoljelog slija akumulacionog bazena tako da isti iz godine u godinu sve više pokazuju svoj kameni kostur. U predjelu Idbra ovi vjetrovi katkada pokreću i krupniji kamen u dolinu. Nešto blaži od ovih je t. zv. »krivac« koji duva sa sjevero-zapada. Južni vjetrovi donose obično pljuskovce i provale oblaka, odnosno kiše velikog intenziteta.

Konfiguracija terena odlikuje se reljefom najnepogodnijim za zaštitu jezera od zamuljivanja.

Velike nadmorske razlike od 200 do 2200 m, sa visokim i strmim stranama karakteristični su za čitav sлив. Teren je sav ispresjecan klisurama, dubodolinama i jarugama sa bezbroj rijeka, riječica i vododerina. Bregovi i planinski masivi kao da prosto čekaju kada će se srušiti u duboderinu i zatrpati je. Ne samo da se ruše i rasipaju raztresita tla, već i čvrste i kompaktne stijene sa najviših vrhova. U najvećem dijelu tlo je degradirano, koga intenzivno kiše iz dana u dan sve više spiraju, a degradirane čestice bujice odnose.

Šumovitost teritorije je potpuno nezadovoljavajuća. Samo jedan mali dio ove ogromne teritorije nalazi se pod dobrom, u punom sklopu sastojnom visokom šumom. Veći dio je kod unačaženom i devastiranom srednjom i niskom šumom, veliki dio naročito u blizini naselja je šikarastog oblika, a najveći dio može se slobodno reći, jeste golet, mršav seoski ili predplaninski pašnjak. Preko 50% od ove površine je poljoprivredno zemljiste koje je više od 80% na nagnutom terenu od 10 stepeni.

Flora t. j. biljni pokrov u šumskim predjelima je različita i bogata po vrstama. U degradiranim predjelima nastao je gotovo cijeli iole vrijedan biljni pokrov i trave, a pojavile su se tu i tamo bezvrijednosne i bodljikave vrste, i to kako trava tako i grmlje.

Poljoprivredno zemljiste najmanje je pod voćem, a najveći dio su oranice, katkada na nagibima i od 30 stepeni i više. Ovih oranica najviše je pod žitaricama moću kojima je najviše zastupljen ječam, ovas, raž, kukuruz i psenica. Sve ove žitarice a naročito kukuruz daju vrlo mali a katkada i nikakav prinos.

Dakle ako hoćemo da povedemo uspješnu borbu protiv zamuljivanja, vidimo da ćemo naići upravo najne-povoljnije uslove da bismo to mogli postići: Izduženost jezera u koje se ulijevaju ove opasne rijeke koje se kod veće atmosferske padavine pretvaraju i same u bujice, kao i čitav niz bujica, koje se neposredno ulijevaju u jezero; krečnjačka podloga i raztresitost terena; jaka konfiguracija i izbratzdanost čitavog slica; intenzivne kiše i nepovoljni klimatski uslovi; obezumljenost i degradiranost tla; ekstenzivno gazdovanje sa šumom kao i neproduktivnost poljoprivredne proizvodnje; neprosjećenost i kulturna zaostalost naroda čitavog područja; to bi uglavnom bila karakteristika u opštima crtama.

Nas ovdje sada naročito interesira kakav je vodeni režim, kakva je dotična voda, mjesto meteoroloških talog, procenat mulja u rijekama, bujični nanos i sve ono što utiče na zapisanje jezera.

Rekli smo da jezero ima korisnu akumulaciju od 300 milijuna m³ vode. Najveća katastrofalna voda je 3000 m³ u jednoj sekundi a najmanja zabilježena na Neretvi je 20 m³. Radna voda za Jablaničku hidrocentralu je 176 m³ a srednja voda u srednjoj godini je 126 m³ u jednoj sekundi.

Jezero za godinu dana treba da se deset puta napuni i deset puta da se izprazni. Najviša kota radne vode je 270 a najmanja 230 n. m. To su uglavnom elementi koji nas interesiraju.

Za pogon i pravilno funkcionisanje u punom kapacitetu hidrocentrale, koja se zasniva i gradi na principima akumulacije, za Investitora je najvažnije da se preko cijele godine uviđek i neprekidno akumulacioni bazen puni čistom i bistrom vodom bez ikakvih primjesa mulja, šoderu, pjeska i kamena kao i drugih organskih materijala, drveta, žilja, listinca, osoka itd. u najboljem slučaju. Zato i naša nastojanja za uredjenjem slivnog područja koje će tom bazenu da osigurava takvu vodu, treba u tom smislu i da se kreće. Rukovodeći se ovim ciljevima mi ne samo da ćemo hidrocentrali osiguravati ovaku vodu i produžavati joj život, već ćemo istovremeno osiguravati od upropasćenja

i sve druge objekte na tom području, kao saobraćajne veze, ceste, željeznicu, mostove, propuste, tunele kao i druge saobraćajne naprave, osiguravat ćemo naselja od rušenja i propadanja, gradove i u njima ljude, selja, poljoprivredna imanja, stoku, rastinje i bilje. Podizati će kulturni i prosvjetni nivo stanovništva i prosvećenost uopšte. Produktivnost i rentabilnost tla i uloženoga rada, standard ljudi koji tu žive i rade naglo i visno će se iz dana u dan podizati, osim toga zaštititićemo i samo tlo od daljeg degradiranja i potpunog uništenja t. j. spiranja.

Podizanje hidrocentrale nije usko vezano samo radi dobijanja električke energije potrebne našim tvornicama i gradovima ili unapredjenju saobraćaja, što je neosporno od ogromnog privrednog značaja za što brže i uspešnije ostvarenje socializma u našoj zemlji, ono ima i širi značaj. Podizanjem sistema hidrocentrala na Neretvi regulisće se i vodni režim ove tako nagle i strahovite rijeke, koja u danima katastrofalnih voda prsto čini pustoš najplodnijim nizinskim krajevima od Čapljine prema Metkoviću i dalje prema Kardeljevu. I to ne samo što plavi plodna polja i uništava ljudski imetak, zgrade i naselja, već izaziva i ljudske žrtve, uništava stoku i stočnu hranu, kao i plodove ljudskog rada na njivama i poljoprivrednim imanjima, nego i jednim dobrim dijelom zaspava ta plodna polja pijeskom i šoderom i pretvara ih u neproduktivno tlo u srcu najbogatijih krajeva, u kojima raste odlično industrijski bilje: duvan, pamuk, i. dr., razno voće i najraniji povrtarski proizvodi.

Podizanjem hidrocentrale i vodojava na rijeci Neretvi u mnogome će se i melioracije, koja su takodje sastavni dio ovog velikog i zamašnog plana. Vodom dobijenom iz rijeke Neretve moći će se natapati prostrana polja sušne Hercegovine: Bijelo i Bišće polje kod Mostara sa svojih 6000 ha. Sva polja leže na aluvijalnom nanosu, površinski slojevi zemlje vrlo su tanki. Po gdje samo nekoliko mm bez skoro nikavog biljnog pokrova. U danima najveće zege, mjesec juli - avgust, ovim poljima osigurano je 8 lit. vode u sekundi odnosno ukupno 19 m³/m. Nizvodno od Bune do Čapljine, lijevo i desno pokraj Neretve protežu se plodni predjeli sa oko 2000 ha, a na Mostarskom blatu, koje je isušeno, a kome će se davati takodje u ljetnim mjesecima voda za natapanje iz Neretve, putem električne energije i natapati površina od 2500 ha, osigurana je voda od 6 m³/s. ili 14 lit. za m². A za plodnih 3000 ha, nizvodno od Čapljine 5 lit po 1m² osigurano je 4 m³ u sekundi ili za sva natapanja ukupno predviđena je količina od 37 m³/sek. što u sadašnjem minimalnom vodostaju Neretve nedostaje ni za ova natapanja. Ako uporedimo onih 900 ha.

poljoprivredne zemlje u okolini Ostrošca, koja se potapaju, sa ogromnim meliorisanim površinama, koje se dóbijaju u predijelima žarkoga sunca, onda možemo i sami sebi predstaviti koliko čemo ovim poduhvatom dobiti i koliko izgubiti.

Nadalje i plovidba rijekom Neretvom od Kardeljeva prema Metkoviću i Čapljinu biće osigurana i obezbedjena od zamuljivanja dna.

Ali, koliko god je voda korisna, ona je i štetna, te stoga i ovoj štetnosti moramo da posvetimo onu pažnju, koju ona i iziskuje.

Vatra i voda bili su prvi gospodari na zemlji. Nosilac života u obliku koji nazivamo prastanicom, jeste živa protoplazma. Elementarni sastav protoplazme potpuno je razjašnjen. Čitava supstanca živa sastavljena je iz svega desetak hemijskih elemenata, od kojih su od najveće važnosti oni elementi, koji se vežu u različita organska jedinjenja. Medju ovima vodonik i kiseonik, koji sjedjenjem daju vodu, osnovni su biogeni elementi za gradnju protoplazme. Iz ovoga proizlazi, da je voda elemenat, bez koga se ne bi mogao zamisliti uopšte život u prirodi. Medjutim, voda se javlja u prirodi i u oblicima koji za čovjeka mogu biti vrlo opasni i nanijeti mu veliku štetu. Radi ovih svojstava vode, čovjek je, boreći se da savlada prirodu, smislao sredstva i načine, kako da, s jedne strane mnogo bolje izkoristi korisna svojstva vode, a s druge strane, da se obezbjedi od njezinog štetnog djelovanja. Čak je i praćovjek, kad je istesao prvu kamenu sjekiru da od kamene pećine napravi mjesto za stanovanje, nadvio sebi krov nad glavom protiv kiše. Štete koje prouzrokuju prirodni vodotoci bilo razaranjem ili odnošenjem zemlje, bilo plavljenjem većih površina kulturnoga tla ili konkretno u našem slučaju, materijalom zapunjaju akumulacioni bazen, nanose našoj privredi ogromne gubitke.

Ove štete se pojavljuju gotovo kod svih neuredjenih vodotoka, naravno sa raznim osobenostima i različitim razmjerama.

Stoga i mi gradeći hidrocentrale u želji da izkoristimo vodu kao najeffiniju sirovину, taj »bijeli ugalj« za dobijanje električne energije, istovremeno moramo da se borimo protiv vode i od njenog štetnog dejstva i razaranja.

Lebdeći i vučni nanos. Posmatramo li vodu u rijeci Neretvi okom običnog posmatrača, vidjećemo da je Neretva u bezkišnim danima bistra i čista sivo-zelene boje, koja joj u predjelima kanjona obraslih zelenom šumom daje naročitu car privlačnu za turiste iz zemlje i inostranstva. Ali, ista ta Neretva, na prvi pogled bezazlena, kod jačih pljuskova brzo se zamuti, podivlja i njenim koritom ne ističe više ova blaga i tihia voda, već voda neobično zamućena, tamno-žuta ili zatvorenosive zemljane boje, brza

i valovita noseći na svojoj površini bezbroj isčupanih velikih stabala; klapa, greda i raznog materijala, tako, da se obalno stanovništvo, priviknuto na ovu pojavu, već snabdjelo raznim dugačkim motkama i kukama, te nizvodno od Konjica pa sve do Čapljine i Metkovića u takvim danima pušta se u lov za ovim plivajućim materijalom. Neretvine obale poslije ovakvih pojava liče na drvna skladišta nekog velikog preduzeća za snabdjevanje stanovništva ogrijevom.

To je ono što oko posmatrača vidi ali ono što se tada po dnu korita rijeke Neretve valja i kotrlja u takvim danima to oko posmatrača ne vidi, pa zato za ovu pojavu nije ni zainteresovano i zanemaruje je. Kada tmurni oblaci sa nebeskog svoda nestanu i rijeka se Neretva ponovo izbisti i spadne na svoj normalni nivo (tok), na obalama se pojavljuju nove, čiste i svježe naslage mulja, pjesaka ili šoderu. A u nizijskim predjelima ovi slojevi postaju po debljini sve veće i nove površine plodnog zemljista.

Nas ovdje interesira da približno ocjenimo koliko mulja, t. j. onoga sitnog lebdećeg suspendovanog materijala, prenosi Neretva u ovakvim prilikama sa 24 časa, a koliko to od prilike može iznjeti za godinu dana. Osim toga, koliko prenosi onog krupnijeg vučnog nanosa. Kolike i kakve su to količine, da bi smo od prilike znali kroz koje će nam se vrijeme jezero zapuniti, ili još preciznije gdje i na kom mjestu možemo očekivati najveće količine toga nanosa, da bi smo znali da u tom pogledu preduzmemmo odlučne mjere za sprječavanje pridolaska ovog materijala i obezbedjenje onih objekata, koji su u pitanju.

Sastav mulja zavisi od predjela kroz koji voda prolazi na svom putu do rijeke a sastoji se uglavnom iz sitnih sastojaka ilovače sa silikatima, krećom i organskim materijama. Količine ovoga mulja mogu biti vrlo velike, pa se raznim mjerjenjima u svijetu došlo do podataka od kojih ćemo neke navesti: Sena u 1 m^3 vode ima posječno 2,74 kg mulja; Misissipi pronese za godinu dana 180 milijuna tona; Nil ima u 1 m^3 1,58 kg mulja, a Dunav kod Pešte 3,00 kg; pristaništa na rijeci Rajni zamulje se svake godine za 20 cm; izdizanje korita rijeke Neretve kod Metkovića na rijeci Neretvi izpod mosta decembra 1950 godine iznosilo je 2 metra.

Taloženje mulja na obali rijeke Neretve kod starog Ostrošca u roku od 3 dana u mjesecu septembru 1952 godine iznosilo je 20 cm.

15. XII. 1952 godine vodostaj rijeke Neretve dostigao je toliku visinu da je površinska voda prodrla u halu strojare za buduću hidrocentralu u Jablanici i za nekoliko sati vodostaj u hali iznosio je 13 m, od 152 na 165. Površina hale iznosi $90 \times 20 = 1800 \text{ m}^2$, što znači da je u hali tada bilo 23.400 m^3 vode. Iz tehničkih razloga voda

iz hale izpumpana je tek nakon nekoliko dana, tako da se je voda potpuno izbistrla u momentu izpumpavanja. Poslije izpumpavanja vode na dnu hale po daskama i skelama, u sloju od 0,08 cm., ostao je talog (mulji). Ako uzmem specifičku težinu za mulj 1800 kg, dobicećemo da je u vodi, koja je tada napunila halu bilo 11,7 kg po 1 m^3 . Mjerjenjima koje sam vršio na rijeci Neretvi na raznim mjestima i kod raznih intenziteta kiša, u proljeće i leto 1951 godine, dobijao sam različite podatke. Kod Ostrošca je ing. Pliverić u 101 vode dobio 25 grama, a tehničar Ljubiša Nikolić kod Žuglića 25 grama. Šimun Marić, radnik, kod Grabovice dobio je 34 grama, dok sam ja u Mostaru kod raznih mjerjenja dobio u 10 l vode i to kod malih voda 15 grama, kod srednjih voda 22,5 grama, a kod velikih katastrofalnih voda 12. XII. 1950 godine i 16. XII. 1952 godine po 29 grama. Mjerjenje je uvijek vršeno na površini i na obalama, tako da je srednji procenat učešća mulja u vodi prema ovim mjerjenjima nešto veći. Ali, ako uporedimo ova mjerjenja sa talogom koji smo dobili u hali, možemo da približnom tačnošću računati, da Neretva kod velikih voda prosječno nosi prema ovim podacima tri kilograma u 1 m^3 kod Mostara, dok se kod Konjica i kod bujica, koje se neposredno ulijevaju u akumulacioni bazen, može računati i sa većom količinom u 1 m^3 , što zavisi od toga da si kiša odnosno prvala oblaka zahvata veći ili manji dio slivnog područja istovremeno. Ako predpostavimo da će se bazen u toku jedne godine deset puta napuniti i izprazniti, to znači da se u njemu očekuje voda od 3 milijarde m^3 . Blistre vode obično su male vode, tako da će se bazen prazniti kad ga ova bistra voda bude napunila. Bazen će uglavnom puniti velike mutne vode, Uzmimo da će se bazen puniti kroz letne mjeseca maj, juni, juli, avgust, septembar i u zimskom periodu januara, t. j. 184 dana, kod srednje male vode od 60 m^3 u jednoj minuti, u svemu će se jezero napuniti malom bistrom vodom za oko jednu milijardu m^3 , dok će druge dvije milijarde biti napunjene mutnom velikom vodom za prosječno 120 m^3 u sekundi. Ako ovome dodamo i jednu milijardu prelivne velike vode u toku jeseni i proljeća, onda možemo reći da će oko 3 milijarde m^3 vode prosječno za godinu dana unjeti mulja u jezero za oko 9 milijardi kg., odnosno za oko 5 milijona m^3 mulja. Ako ovu količinu razdeljimo na površinu bazena od $14,38 \text{ km}^2$, dobicećemo da na svaki m^2 dolazi $0,34 \text{ m}^3$ nanosa ili akumulacioni bazen pretriće cijelom površinom za jednu godinu dana sloj mulja od 34 cm, što je sasvim moguće i vjerovatno, samo sa tom razlikom što ovaj mulj neće biti svuda jednako raspoređen već negdje manje a negdje više. Najviše ovoga mu-

lja nataložiće se na mjestima gdje se rijeka Raša i Neretva i ostale bujice ulijevaju u jezero i u pravcu strujanja vode prema ukazanoj gradjevini u Papraskom.

Bučni nanos se mnogo teže može procijeniti sa nekom tačnošću nego što se to može sa muljem. Nikakvi instrumenti batometri, pa ni procenat prema količini mulja konkretno za akumulaciono područje ne može ni približno dati količinu vučnog nanosa. Ovdje ne preostaje ništa drugo, nego da se izvrši tehnički snimanje terena dna jezera prije zatvaranja brane i punjenja jezera, te da se poslije svake godine ova snimanja vrše sa istog mesta. Bilo bi poželjeno, da se čak izvršne snimanja poslije svake provale oblaka nad pojedinim područjem, te ustanovi intenzitet i dužina pljuska.

U praksi se obično uzima 10—20% od količine mulja u rijekama. Međutim ovaj procenat kod nas je daleko veći nego što praksa dozvoljava, što se dade zaključiti iz slijedećeg:

U bujici Velikoj Lomnici 26. XI. 1947 godine odpočela je da pada blaga jesenja kiša i padala je sa prekidima do 3. XII. iste godine. Toga dana nad tom istom bujicom desila se provala oblaka. Prije provale oblaka bila je potpuno završena brana 4 m korisne visine u 32 m širine, koja je toga dana zaustavila 16.000 m³ nanosa, a koliko je nanosa još kroz usta na pregradi moglo se ocjeniti u koritu izpod brane na propustu izpod mosta i na utoku ove bujice u Rašu kod Gračaca. Cjelokupna količina nanosa te noći, koju je ova bujica promjela, procjenjena je na 70 hiljada m³.

U bujici Crnaja 1950 godine bilo je podignuto 6 komada pregrada. Provala oblaka na dan 12. XII. 1950 godine zabušila je ove pregrade sa 32 hiljade m³ materijala, a da se količina, koju je ova bujica pronijela, ne može procijeniti. 1952 godine u bujici Kraljušćica podignuta je brana 8 m visoka, koja je zadržala u toku iste jeseni oko 100 hiljada m³ nanosa. Isti je bio slučaj sa bujicama Nevizdračkim potokom, Idbrom, Neretvicom i drugima. Sa ušća Neretvice u Neretu u toku 1951 godine i 1952 godine izvezeno je na hiljadu vagona materijala, šodera i pjeska. U toku jeseni 1952 g. to isto ušće bilo je zapunjeno dvostruko višom količinom šodera nego što je izvezeno. Isti slučaj je sa ušćem Bijele i Trešanice kod Konjica, kao i bezbroj drugih bujica u čitavom sливу rijeke Neretve i Raše.

Pri obilasku bujičnih tokova i njihovih perimetara i onih mesta odakle taj materijal najviše dolazi (a što nam pokazuje ovo nekoliko najuočljivijih fotografija), dolazimo do ubedjenja da je vučni materijal skoro ravan lebdećem, ako ga i ne prevazilazi. O ovome ćemo se najtočnije uvjeriti i osvjeđočiti kad izvršimo prva mjerjenja poslije punjenja bazena.

Ovaj materijal neće biti vučen po jezeru, već će se on gomilati na ušćima rijeke Neretve i Raše i onih bujica, koje se neposredno ulijevaju u akumulacioni bazen. Ovaj materijal će biti najopasniji za komunikacije, za željeznički putni saobraćaj, za objekte na ušću rijeke Neretve u Jezero, a naročito za grad Konjice i vojnu industriju u Konjicu. Zato se od njega u prvom redu treba i obezbjediti.

Koje i kakve mjere treba preduzeti i šta treba uraditi da bi se smanjila erozija i korozija tla u slivnom području?

Vidjeli smo da količina vodenog taloga u toku jedne godine iznosi 2000 mm a da intenzitet dnevnih pljuskova prelazi često puta 100 mm. Znači da ovako velike količine oborina, ako se sruše na golo i degredirano tlo, ne samo što će same da se sjure u koritu rijeke Neretve, već će sa sobom da povuku ogromne količine mulja, pjeska, šodera i kamena, i posred toga će da razore i unište sve objekte, koji im budu na putu, smanjujući se zapremina akumulacionog bazena za unešenu količinu taloga.

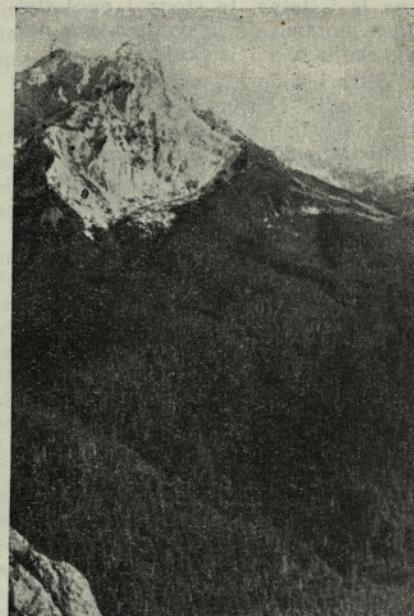
A da toga ne bi došlo, odnosno da bi se smanjilo što je moguće više donošenja u jezero ovog vučnog nanosa, neophodno je potrebno, da izvršimo zaštitu tla od erozije i korozije.

Hocu i ovom prilikom da podvućem da za zaštitu tla od erozije i korozije šuma ima najodlučniju ulogu. Ne slažem se sa nekim šumarskim stručnjacima koji to osporavaju (inž. Afanasijec) u šumarskom listu br. 11 — 1938 godine, tvrdi n. pr.: »Da je uloga pošumljavanja pri radovima na uređenju bujica mnogo manja nego što se obično misli!« Ja opet mislim da se uloga šuma u stvaranju erozije i korozije i suviše potcjenjuje, i da se zaštiti šuma ne poklanja ona pažnja koju ona to zaslužuje! Bujičar inž. S. Rosić kroz članak publikacije »Šuma i meteorska voda« te inž. F. Rajnera »Uticaj šuma na vodni režim« citirajući i neke inostrane stručnjake (Englera), Batesa i Henerija, Burge- ra, Vaneka i druge (dokazuju suprotnost, odnosno na osnovu ispitanih činjenica i fakata dokazuju važnost šume za sprečavanje erozije, prema tome i pošumljavanje, o čemu svakako ne bi trebalo biti jednoga trenutka dvoumiti.

Profesor Pećinar u publikaciji: »Konzervacija tla« veli: »Bujičarski radovi koje vršimo da bi otklonili štetne posljedice ove pojave, nemocni su pred sve jačim donošenjem nanosa, oni samo prevremeno uspostavljaju saobraćaj. U krajnjoj liniji oni su potpuno iluzorni, bez solidnog rada na vezivanju tla u široj zoni erozije zahvaćenog tla.«

Ovo se kod nas u Jugoslaviji najbolje može i ocijeniti. Gdje imamo najveći broj bujica, i gdje su one najopasnije? Svi znamo da su one tamo

gdje je nestalo šuma, tamo su one. U Srbiji — Grdelička klisura. U Makedoniji se njihov broj ne može ni prebrojati. One su već do sada 10% poljoprivrednog zemljišta uništile. U Dalmaciji, u Hrvatskom Primorju kao i u Hercegovini, svaka »draga« može se reći istovremeno je i bujica. Bujica nema samo tamo gdje se sačuvala šuma: Bosna — sлив Sručice (fotografija br. 1), divno nas u to uvjerava.



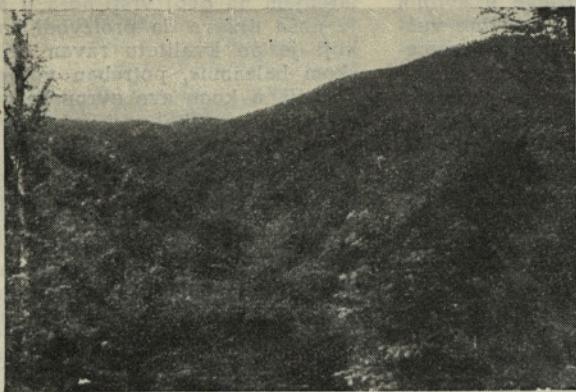
Fotografija 1

I mi u području akumulacionog bazena imamo divnih primjera koji nam očito govore da šumu moramo bezuslovno svuda i na svakom mjestu, do poslijednog stabla začuvati.

Ako uzmemo samo slivno područje rijeke Neretvice, koja se kod Ostrošca ulijeva u Rašu i prostudiramo ga, ona će nam samo reći kojim se putevinama trebamo rukovoditi da začuvavamo akumulacioni bazen od zamuljivanja.

Neretvica je duga oko 30 km i u nju se slijevaju nekoliko manjih drugih slivnic područja, kao što su: Djanići, Podhum, Seonica, Kostajnica, Garovnik, Crni potok kao i čitav niz malih potocića.

U prostoru izvora pa skoro samih Djanića — Dobričevići sa lijeve strane i požetva sa desne strane, slivno područje Neretvice obrasio je gustom visokom šumom. U tom području apsolutno nema znakova za stvaranje bujica (fotografija br. 2). U susjednom predjelu Djanića, šuma je jednim dijelom izkrčena obično paljenjem — predjeli »Bitovnje« slika br. 3, i već se pojavljuju bujična područja, stvaraju se duboke vododerine (slika br. 4). Do ovoga slica je predio Podhum, slika je još gora, šume ima još manje a vododerina mnogo više. Predio Seonice (slika br. 5, 6 in 7) koji



Fotografija 2



Fotografija 6



Fotografija 3



Fotografija 7



Fotografija 4



Fotografija 5



Fotografija 8

se do ovog područja nadovezuje, pruža bijedu ali uočljivu sliku kako se jedno područje može degradirati nestankom šume a naročito ono stjenje, koje se u šumi stvara, a koja jedino ovakva područja može sačuvati.

Ovdje, u ovom slivu najljepše se mogu vršiti ispitivanja, sa koga sa gore navedenih područja pri istom intenzitetu padavina u Neretvicu doći će vode, kakva je ta voda, koju količinu materijala ona sobom vuče, i koji je procenat ulijevanja vode?

Svima nama je dobro poznato da šuma zadržava vodu, ali ne i koliko i kako, a za nas ovo u akumulacionim bazenima je najvažnije, pa ćemo se u ovom problemu malo zabaviti.

Premda švajcarskim podacima (Engler) u krošnjama jelovih i smrčevih šuma zadržava se 19%, u borovim 27% a u bukovim 5%, cijelokupnog atmosferskog taloga.

Uslijed isparavanja od cijelokupnog taloga ispari se u šumi na biljkama 15% a na zemlji 5%, dok se na otvorenom zemljištu ispari 24%, što znači da se skoro sav atmosferski talog, koji je pao i zadržao se u krošnjama drveća, i ispari, t. j. ne dopre na zemlju.

Uslijed transpiracije biljaka u šumi ostane 20% oborinskih padavina, dok na golom zemljištu svega 6%. Upijanje vode u zemlju u šumskim predjelima iznosi 23% od tačke zasićenja a livadama 12%. U šumi zemlja je ispresjecana mnogobrojnim kanalima, hodnicima i raznim šupljinama od mnogobrojnih vrsta životinja, izumrlom korjenju, žilja, glista i larva i drugog kojetega. Uslijed ovoga rastresitost tla je mnogo veća, svi ovi kanali ispunjeni su vazduhom, tako, da ovakva zemlja ima svojstvo da naglo upije velike količine vode upravo kod velikih padavina, provalja oblaka i intenzivnih kiša, što ostala zemljišta, naročito oranice i goleti, nemaju. Ovo je jedan vrlo važan činilac za sprečavanje erozija kod naglih padavina.

U šumi na zemljinoj površini osim biljnog pokrivača nalazi se debli sloj listića i grančica — stena — šušnja, ispod koga je opet sloj humusa. Sve ovo utječe na naglo upijanje katastrofalnih voda.

Po stablima pojedinih vrsta drveta nalaze se razne pečurke, mahovina i lišajevi koji poput sundjera upijaju vodu. Na jednoj 300-godišnjoj jeli pronađeno je 200 kg lišaja, koji je u stanju da zadrži i do 200 litara vode.

Sve u svemu, šume blagotvorno utiču na zaštitu tla od intenzivnih padavina: sprečavaju naglo doticanje vode u vodotoke, povećavaju vlažnost u vazduhu, održavaju intenzitet podzemnih izvorskih voda, te zajedno sa biljnim pokrivačem i raznim travama sprečavaju spiranje i rastvanje zemlje, t. j. zamuljivanje atmosferske vode u vodotocima; sprečavaju eroziju i koroziju odnosno spre-

čavaju da nabujale rijeke u svojim koritima nose ogromne količine vučnoga nanosa, pjeska, šodera i kamena, protiv čega se upravo mi imamo da borimo u svrhu zaštite akumulacionog bazena od zamuljivanja.

Stoga je i prirodno a i nužno da: šumama i šumarstvu na području jednog ovakog važnog bazena posvetimo najozbiljniju pažnju i šume u tom području stavimo pod najstrožiju zaštitu; da ogoljele, iskrčene i devastirane površine, kao i dobar dio oranica na nagnutim stranama, gdje god možemo očekivati da će doći do spiranja i degradacije tla, pošumimo. To je jedan od osnovnih zadataka, koji u tom području imamo izvršiti.

Vlada NRBH u tom pogledu učinila je već prilično: donešen je Zakon o preorientaciji poljoprivredne proizvodnje na nagnutom zemljištu! Zabranjeno je držanje koza, čak i sanskih; zabranjeno je kresanje lisnika.

Ali, u pogledu zaštite šuma ima još mnogo štoša da se učini, pa da stanje na terenu bude zadovoljavajuće.

Još uvijek se vrši prekomjerno iskoristavanje šuma. Na teritoriji akumulacionog bazena postoji Pilana u Konjicu, a Narodni odbor sreza Prozor bavi se mišlju da podigne pilanu i u Prozoru!

Mi međutim mislimo da ne samo, da je neophodno potrebno sprječiti podizanje novih pilana, već je isto tako potrebno i postojeće ukinuti. Uopšte biće bar u prvo vrijeme potrebno da se sprječi svaka sjeća ne samo šuma, već i svakog pojedinog stabla, pa čak i grane, jer je tlo toliko devastirano da ono traži prašumski pokrov, traži zaštitu.

Investitoru za podizanje hidrocentrala u slivu rijeke Neretve isplatiće se više, da u svako selo, svaki zaselak i pojedina kuća uvede električno osvetljenje, električne štednjake i električne peći, nego što će dozvoliti, da se šuma sjeće i uništava. A slobodno se može reći da gotovo 80% stanovništva ima još danas otvorena ognjišta!

Zar je neophodno potrebno da u područjima, gdje mislimo podizati hidrocentralne na principu akumulacija, istovremeno da vršimo i eksploataciju drvnih masa, kada ove iste služe nama za zaštitu? Zar se šuma ne može drugaćije, bolje i korisnije na ovakom području izkoristavati, nego što je sjeća drveta?

Engler kaže: borove šume 27% atmosferskih taloga zadrži u krošnji! Pa kad je tako, zašto da ih posjećemo? Zar mi u ovim šumama ne možemo vršiti smolareњe, zar ne možemo sakupljati sjeme itd. Na ovom području, t. j. na Prenju, raste jedna od najdragocjenijih vrsta borova tzv. Munika (*Pinus leukodermia*). Smolareњe na ovoj vrsti bora naročito je donosno iako je prinos smole prilično mali (zbog velike nadmorske visine i kratkog vegetacionog perioda) ali je zato kvalitetan, odnosno smo-

larenjem na ovoj vrsti bora u stanju je naša država da proizvodi balzam, koji je po kvalitetu ravan »Kanadskom balzamu«, potreban vojnoj industriji, a koga sve evropske države uvoze iz Amerike, pa i naša (ispitivanjem dokazao ing. Terzić).

Ogromne površine potpuno ogoljeli na Prenju i Čvrsnici, na kojima bi mogla uspjevati ova vrsta bora, moglo bi se sa malo više volje, truda i zalaganja pošumiti i dobiti tako dragocjeni kompleksi šuma u budućnosti. Oni bi nam istovremeno zaštitali i tlo.

Munikino sjeme isto tako dragocjen je i skupocjen izvozni artikl, traži ga Švajcarska.

I druge vrste drveća ne moraju se iskoriscavati za sjeću drveta, pa da ipak budu korisne i rentabilne našoj privredi.

Pitomi kestin, koji je prilično rasprostranjen na jednom dijelu područja, svojim plodovima isto kao i orah može više koristiti nego li drvenom masom. Hrastov žir, bukvica, lješka, drijen, oskoruša, jabuka, divlja jabuka, smreka, lipa i bragrem mogu koristiti za unapredjenje privrede jedne teritorije a da ne budu posjećene. Osim toga, u šumi rastu mnogobrojne druge korisne vrste, čiji se plodovi takodjer mogu odlično iskoristiti i unovčiti, kao n. pr. maline jagode, kupine, borovnice, šipak, razne jestive gljive, ljekovito i medosnosno bilje.

U šumi živi čitav niz plemenitih divljači, a u planinskim rijeckama raznovrste slatkodovne ribe, naročito parstraka i rakovi, tako da ona igra naročito vidnu ulogu za razvoj lovnog turizma, kao turizma, a istovremeno i ugostiteljstva uopšte, kao i za razvoj planinarstva.

Šuma podiže i poboljšava zdravstveno stanje naroda, ona omogućava bolnima da se operave u njenim vazdušnim banjama, a trudbenicima da se poslije težkog i napornog rada osježe i odmore. Šuma nas štiti i brani od neprijatelja i raznih drugih nepogoda.

Vidimo dakle, kakve bi sve koristi u jednom slivnom području imali od šume, a da nam šuma ipak korisno posluži kao jedina racionalna kultura na strmim i vrletnim stranama za zaštitu tla.

Na površinama na kojima bi bila moguća poljoprivredna proizvodnja trebalo bi forsirati unosnije vrste od žitarica. Na mnogim područjima sije se ječam, zob, pšenica i kukuruz, koji daju vrlo male ili skoro nikakve prinose. Šta može dati koristi ova kultura kukuruza (slika br. 8). Koliko truda, koliko pažnje, a na kraju ipak ništa!

Vesti sjetuži žitarica na najmanju mjeru, značilo bi podizanje privrede u ovom području. Jednom malom analizom naši ekonomičari sa lakoćom bi mogli dokazati šta je unosnije i korisnije u ovakvom području gajiti, pa

ćemo to prepustiti njima. Možemo samo tvrditi da ako bi jedan dio ove površine zasadili krmnim biljem, drugi dio povrtlarskim produktima, te uz mrežu natapnih kanala, u ovom kraju industrijsko-turističkom prenartpanom radništvom iz čitave Republike, a oskudnom povrćem, prinos polja udesetostručio bi se.

Raznovrsna je privreda kojom bi se stanovništvo ovoga kraja trebalo baviti, a da njegov rad bude u prvom redu koristan i plodan, da mu omogućava podizanje standarda, da ga ekonomski ojačava i kulturno uzdiže i prosvjećuje.

Ne može se dozvoliti da pored jedne tako ogromne hidrocentralne, elektrificirane željeznice, široke i moderne autostrade, krasnih stambenih zgrada, vila i hotela pokraj obala velikog vještačkog jezera, kolone mladih djevojaka u primitivnoj odjeći, natovarene bremenom granja, žilja i sušika sa pletivom u ruci koračaju za stadom mršavih, sitnih, uprljanih, nerasnih i nerentabilnih krava i žgoljavih pobucanih ovaca, koračaju bezputnim vrletnim kamenim ili blatnjavim stazama satima sa šumskog napasišta u pravcu svoga jošjadnijeg i primitivnog začadženog, smrdljivog i zagadjenog naselja.

Zar ove mlade djevojke ne bi mogle svoje rukotvorine, vezivo, čipke, maramice, torbe ili kakve druge proizvode prodavati stotinama hiljada turista iz zemlje i inostranstva, koji će posjećivati ovu našu najveću hidrocentralu.

Zar škola Smaila Kulenovića ne može ospozobiti na stotinu omladinača koji će svoje rezbarske, drvorezačke i duborezačke rukotvorine, muštikle, tabakere, kutije, ramove sa fotografijama brane, jezera, grada Konjica itd. takodje unovčiti kod ovih mnogobrojnih posjetilaca ovih krajeva.

Zar se u ovim krajevima ne bi mogla razviti pletarsko-košarska industrija pletenog namještaja od vrbovog pruća.

Zašto da ovako kršni i bistri mladići i djevojke provode svoju divnu mladost u svakidašnjoj trci za stokom po strmim padinama, koje će se nadvišavati nad jezerom?

Zar ne bi bilo korisnije da ova omladina skuplja razno ljekovito bilje, tako potrebno našoj farmaceutskoj industriji? Ili skuplja razne šumske plodove i predaje ih ili preradi uvačkoj industriji ili na svakidašnjem pazaru? Zar ne bi bilo korisnije odnijegovati i ospozobiti generacije pčelara?

Zašto su na pr. svi podignuti pčelinjaci zapušteni, upropasti ili nastanjeni stanovništvom, i umjesto pčelarstva, koje je za ovaj kraj korisnije, dozvoljeno paljenje mnogobrojnih krečana i razvijena ova primitivna industrija kreča, koja upravo ide za uništavanjem šuma?

Zar se u ovim krajevima ne bi moglo razviti peradarstvo, živinarstvo, kuničarstvo i dr.

Upravo u ovim krajevima, pored raznovrsne kućne radinosti, treba forsirati i razvijati razne zanate i odnijevati čitave generacije zanatlja, čiji će produkti imati veliku prodaju.

Pored poslova, odnosno dugogodišnjih radova na podizanju čitavog sistema hidrocentrala, objekata usko povezanih sa hidrocentralama, cestama, željeznicom pored podizanja gradova i naselja, unapredjenja i preorientacije poljoprivrede, godinama će se stanovništvo čitavog sливног područja baviti radovima na pošumljavanju, konsolidaciji i vezivanju tla, uređenju bujica, hidrotehničkih radova, melioracijama i dr.

Nema prema tome nikakve bojazni od čega će, i kako će živjeti ovo stanovništvo ako se ne bude bavilo primitivnom ekstenzivnom poljoprivrednom proizvodnjom, i jednostavno reći: »Nema mu mesta, treba ga iseliti.«

Naprotiv, broj stanovnika u ovom području sasvim je mali da bi mogao one radove koji su pred nama, izvršiti. Sa masom naprotiv treba raditi, učiti je, boriti se, ubjedjivati, dokazivati i uzdizati je, da bi mogla da shvati šta joj nameće jezero i hidrocentrala, šta joj donosi socijalizam!

Da bi mogli uspješno da se borimo protiv zamuljivanja akumulacionog bazena od zasipavanja i da sprovodimo sve one potrebne mјere koje nam ova borba nameće, potrebno je da imamo jedno organizaciono tijelo, jednog čuvara akumulacije, koji će sprovoditi u djelu sve potrebne, privedne i administrativne mјere i koji će izvoditi sve potrebne građevinske, melioracione, šumske-kulturne, odbrambene i zaštitne radove, kao i naučno-stručno ispitivačke i eksperimentalne.

Da bi se jezero sačuvalo od zamuljavinja, potrebno je izvršiti slijedeće:

1) U svrhu zaštite i konsolidacije tla proglašiti cijelokupno područje »Nacionalnim parkom«, te nastojati da se kao takvo uredi u pravom smislu riječi.

2) Proglasiti sve šume na teritoriju sливног područja akumulacionog bazena za dvadeset godina zaštitnim i zabraniti u njima svaku eksplotaciju drvnih masa i sjeću, kresanje ili potkresavanje ukoliko to šumsko-uzgojne mјere ne zahtjevaju u svrhu nege.

3) Izvršiti detaljnju preorientaciju poljoprivredne proizvodnje na strmim zemljistima.

4) Posvetiti najveću pažnju na unapredjenju poljoprivrede i poljoprivredne proizvodnje uopšte.

5) Na osnovu savremenih urbanističkih principa izvršiti grupisanje razbacanih seoskih domova, te novopodignuta naselja snabdjeti svim modernim i savremenim, za ekonomski i kulturni život potrebnim uredajima, mašinama i spravama za selo.

6) Izvršiti elektrifikaciju svih naselja.

7) Izgraditi saobraćajnice i ceste od naselja do glavnih puteva.

8) Unapredjenju voćarstva sa kvalitetnim voćem posvetiti najveću pažnju.

9) Povećati poljoprivrednu proizvodnju sa krmnim biljem.

10) Preorientisati stočarstvo krupne stoke sa lutajućeg na stajsko gospodarenje. Zamjeniti brdsko goveće sa plemenitijom i krupnjom vrstom.

11) Povećati proizvodnju povrtarskih proizvoda.

12) Razgranati mrežu voćnih rasadnika.

13) Izvršiti hidrotehničke melioracije u onim predjelima pogodnim za natapanje.

14) Unapredjenju pčelarstva posvetiti što veću pažnju.

15) Osnovati pčelarsku školu.

16) Razvati farmersko živinarstvo i kuničarstvo.

17) Unaprediti stajsko svinjogojstvo išhranom žira i kestena.

18) Obezbediti razvoj vinogradarske trasiranjem nagnutih terena.

19) Izvršiti meliorisanje svih predplaninskih i planinskih pašnjaka.

20) Izgraditi niz čatrinja na planinskim pašnjacima.

21) Izvršiti pošumljavanje i zatravljanje svih ogoljelih površina.

22) Gajenju i podizanju riba i ribolovu obratiti što veću pažnju. Podići veći broj mrijestilišta.

23) Posvetiti pažnju ugostiteljstvu.

24) Razviti zanatstvo.

25) Razviti kućnu radinost: čipkarstvo, vez, pletenje, tkanje, šivanje, duborez, drvorez, kujundžiluk i dr.

26) Razviti korparsku industriju i industriju pletenog namještaja.

27) Razviti i razgranati mrežu sakupljanja ljekovitog bilja.

28) Razviti i razgranati mrežu sakupljanja sporednih šumskih plodova i proizvoda.

29) Za područje akumulacionog bazena u Konjicu podići tvornicu za preradu i konzerviranje voća i povrća i bezalkoholnih pića sa pokretnim putnim stanicama u voćarskim krajevima bazena.

30) Radi snabdjevanja stanovništva u žitaricama podići u Konjicu i Prozoru silose.

31) Radi snabdjevanja stanovništva kolonijalom i drugim potrebama organizovati u udaljenim mjestima okupno-prodajne stanice, t. j. prodavaonice.

32) U cilju zaštite šuma organizovati požarne stanice i postaviti čuvare. Obratiti pažnju čuvanju i zaštiti šume od šumske štetočine, insekata, snjegoloma i vjetroloma.

33) U cilju zaštite šumskog tla, zabraniti vlačenje drveta i svakog drugog materijala po zemlji, zabraniti sruštanje drveta suvim zemljanim rizama.

34) Zabraniti podizanje i paljenje krečana.

- 35) Zabraniti paljenje čumura.
 36) Zabraniti podizanje ograda od drveta i granja, već od kamena, betona ili od žice, ili živice.
 37) Zabraniti samovoljno podizanje mlinova potočara bez osiguranja.
 38) Zabraniti ispašu u šumi krupnog stoci u mjesecima razvijanja vegetacije (aprili - maj).
 39) Zabraniti otvorena ognjišta.
 40) Zabraniti sakupljanje šušnja i stelje.
 41) Zabraniti prodaju i preprodaju drveta.
 42) Izkorištavati pilotinu za ogrijev.
 43) Orientisati iskorištavanje šuma na smolareњe i eksplotaciju šumskih plodova i sjemena.
 44) Izraditi dvadesetogodišnji plan uređenja šumarstva.
 45) Sačiniti katalog bujica.
 46) Izraditi perspektivni plan uređenja bujica.

Ing. Sergije Lazarev

Uredjenje bujica i erozioni procesi u NRBiH

Može se reći, da Narodna republika Bosna i Hercegovina spada među one naše Narodne Republike, gdje borba protiv štetnog djelovanja bujica i protiv erozije, treba da zauzme vidno mjesto.

Prema zadnjim, ali na žalost nepotpunim podacima, u Bosni i Hercegovini ima 546 što većih što manjih registrovanih bujica. Vjerujem, da kad bi se izradio jedan solidan katastar bujica, da bi taj broj bio znatno veći.

Tako veliki broj bujica, kao i pojava erozije na površinama yan bujičnih područja, javio se kao posljedica devastacije šuma i nepravilnog načina korišćenja zemljišta na bregovitim i planinskim terenima kojima obiluje Bosna i Hercegovina.

Nama je dobro poznato kakav značaj ima biljni pokrivač na zaštitu tla od erozije. On svojim nadzemnim di-

zelovima vrši retenciju oborinske vode, lomi njenu snagu na njenom putu po strmo nagnutim terenima, one mogućavajući joj da stvori živu silu pomoći koje bi mogla razarati i nositi razoreno zemljište, a svojim pod-

47) Prići sistematskom i brzom uređenju najopasnijih bujičnih tokova.
 48) Organizovati bujičarsku službu zaštite od katastrofalnih provala obala, čuvanja i održavanja podignutih objekata.

49) Organizovati razgranatu hidrometeorološku službu sa meteorološkim stanicama.

50) Postaviti posmatrača vodostaja i organizovati službu obavještavanja i hitne zaštite.

51) Organizovati stanice za ocjenu i osmatranje doticanja vode iz pojedinih bujičnih područja.

52) Organizovati stanice za unapređenje i zaštitu biljnog pokrivača.

53) Fotogrametrijski snimiti cjelokupno sливно područje akumulacionog bazena.

54) Tahimetrijski snimiti stanje terena akumulacionog bazena sa stalnih određenih spojnih tačaka, repera, i

ovako snimanje nastavljati svake godine, radi tačne evidencije o smanjivanju zapremine jezera od zamuljivanja.

55) U prosjećivanju i kulturnom uzdizanju naroda uložiti što više naporu.

56) Razviti ljubav omladine prema sportu: plivanju, veslanju, kajaštvu, strelijaštvu, lakoj atletici, bicikлизму, planinarstvu i drugim sportovima.

Pomoću ovih mjera i čitavog niza drugih mjera prema prilikama i naštoj potrebi, koje će se morati obaviti u kratkom periodu ukoliko budemo primorani i nagnani sticajem okolnosti, moći ćemo dobrim dijelom da zaštitimo tlo, da sprječimo eroziju i koroziju a istovremeno da osiguramo mjesnom stanovništvu jedan bolji, kulturniji i srećniji život u našoj divnoj i hrabroj socialistički domovini.

627.141.2 : 551.3.053

svakom koraku, a u pojedinim krajevima doveli su i do jako zabrinjavajućeg stanja.

Samo ilustracija radi, naveo bi jedan primjer iz sливног područja rijeke Neretve, koji nam očito svjedoči o naglom propadanju zemljišta i o intenzitetu erozionih procesa.

Tako u vrijeme izrade katastra za vrijeme Austro-Ugarske monarhije bilo je u čitavom sливном području r. Neretve i Rame do mjesta brane HE Jablanice 27.216 ha oraničnih površina, dok ih je za vrijeme popisa iz 1951 godine nadjeno svega 13.873 ha ili cca 50% od prvobitne površine. Ako bi to proračunali u zapreminsку količinu spranog zemljišta, dobili bi, da se godišnje spira cca 4000 m³ zemljišta na 1 km² oraničnih površina. A uvezši u obzir stanje neplodnog zemljišta u tome području, vidjeli bi, da je njegova površina za vrijeme izrade katastra iznosila 3.465 ha, a 1951 godine 12.342 ha, što znači da se površina neplodnog zemljišta povećala za cca 3 puta. Ovaj podatak nam najbolje svjedoči o stanju erozionih procesa, koji se odigravaju u sливovima naših rijeka.

Ne analizirajući u detalje sve faktore koji su pogodovali stvaranju bujica i degradiranih terena, može se samo konstatovati, da su štete od bujica i od erozije zemljišta vrlo velike i da nema skoro ni jedne privredne grane, koja ne bi od toga trpila.

Većina naših glavnih saobraćajnica prolazi dolinama rijeka u koje se slijevaju sa brdskih padina bezbrojne bujice i prema kojima gravitiraju degradirani tereni, zatravujući te saobraćajnice i njihove objekte nanos-



Slika br. 1. Erozioni procesi na desnoj obali »Karljušice« u sливу u Neretvu

Slika br. 2. Erosija na poljoprivrednom zemljištu u sливу bujice »Neretvice«

zemnim djelovima armira tlo i čini ga kompaktijim i otpornijim protiv razaranja, a da ne govorim, da ga štiti i od raspadanja pod uticajem raznih faktora.

Nepravilan odnos prema biljnom pokrivaču, njegovo neracionalno korišćenje i pretvaranje šumskih površina na strmo nagnutim terenima u druge vrste kultura dovelo je u našoj Republici do pojave snažnih eroziono-destruktivnih procesa, čije se teške posljedice osjećaju skoro na

nim materijalom, tako da često dolazi do prekida saobraćaja. Ovo prouzrokuje velike materialne štete zbog obustavljanja saobraćaja, te velike izdatke oko njegovog uspostavljanja. Između ostalog najviše su ugroženi željeznička pruga Mostar — Sarajevo, Tuzla — Dobojski Šamac — Sarajevo i dr. a da ne spominjem skoro i sve puteve. U prošloj godini samo jedan prekid saobraćaja na pruzi Mostar — Sarajevo, koji je trajao nekoliko dana, nonio je našoj narodnoj privredi štetu od 92,000,000 din.

Neobuzdane i razbjesnile bujice ne štede ništa na svome putu do prijemu riječnih voda, a snoseći u iste velike količine nanosnog materijala, menjaju im pravilan tok, što izaziva podribovanje i oburvavanje obala, često na račun smanjenja poljoprivrednog zemljišta, stvaraju se razni pličaci, sprudovi i brzaci, izdiže im se korito što prouzrokuje poplave.

Za odbranu od toga moraju se praviti odbrambeni nasipi, čija je izrada i održanje dosta skupo. Ali i ovo u krajnjoj liniji je samo palijativna mjeru iz razloga, što sa stalnim pridolaskom nanosnog materijala korito im se stalno izdiže, a prema tome treba vršiti ili bagerovanje ili povisivanje nasipa. Logično je da pravi način borbe protiv toga jeste saniranje bujičnih područja i degradiranih terena te zavodjenje pravilnog načina korišćenja zemljišta.

Kod nas na žalost nije vršeno mjeru nanosa na našim rijekama, ali vjerujem da su te količine velike. Ilustracije radi naveo bi slijedeći slučaj: Prošle godine rijeka Neretva kada je imala protok od 1800 m³/sek kod Jablanice ona je prelila u strojaru HE Jablanica i ostavila sloj vode u visini od 10 m. Kada se nanos istakao izvršeno je ispumpavanje vode, te je tom prilikom konstatovano, da je na dnu ostao sloj mulja debljine 10 cm. To znači da je u 1 m³ vode bilo 0,01 m³ nanosa. Ako se uzme, da je srednja protoka kroz 24 sata bila 1200 m³/sek dobija se, da je rijeka Neretva pronjela kroz to vrijeme oko 1,000,000 m³ lebdećeg nanosa. Ako bi tome dodali i količinu vučnog nanosa koji nije mjerjen, a za koji se iz iskustva zna da ga u ovom bazenu ima prilično, dobili bi jednu zamašnu cifru o ukupnoj količini nanosa.

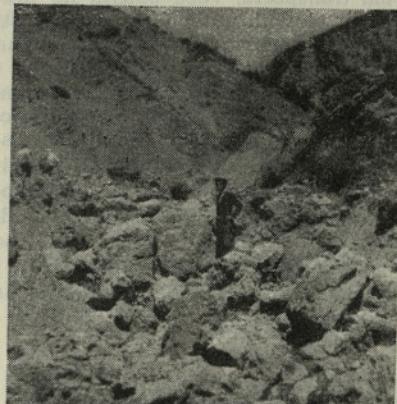
O jakim erozionim procesima u sliju naših rijeka svjedoče nam i takozvani »teško prohodni sektori« na r. Savi. Takav sektor kod ušća Une iznosi 18 km, kod ušća Vrbasa 5 km, ušća Ukraine 9 km, Šamački sektor (ušće Bosne) 39 km, Račanski sektor (ušće Drine) 17 km itd. Kakve sve to imaju teške posljedice za plovidbu i za odbranu od poplava, mislim da o tome ne treba govoriti. Jedino bi htio nagnjeti, da sve dotle dok se naše rijeke budu punile nanosom, neće se moći tačno proučiti njihov režim, a prema tome teško će se moći postaviti

sigurna i pravilna osnova za njihovu regulaciju i korištenje vode u energetske svrhe.

S obzirom na tako veliki broj bujica i na intenzitet erozionih procesa, ugrožen je i pravilan rad Hidro-



Slika br. 3. Nanos u bujici »Lizoperac« kao produkt erozije



Slika br. 4. Nanos u srednjem toku bujice »Lizoperac«, kao posljedica erozije

centrala iz razloga što u njihove akumulacione bazene pridolazi velika količina nanosnog materijala, smanjujući na taj način rezervu potrebnе količine vode, što je smetnja pravilnoj i ekonomičnoj izgradnji, dobrom pogonu i jeftinom održavanju istih. Od Hidrocentrala koje su već u pogonu ugrožen je akumulacioni bazen HE Bogatići i HE Mesići, a od onih koje se nalaze u izgradnji HE Jablanice, HE Jajce II i HE Zvornik. Ovdje bi spomenuo da prema jednom aproksimativnom računu u akumulacioni bazen HE Jablanica može godišnje doći preko 3,000,000 m³ nanosa.

Imajući pred očima ovako stanje erozionih procesa, čiji se intenzitet stalno povećava, mislim da se to više ne može tolerisati i da im treba stati na kraj, ako se ne želi jednoga dana doživjeti katastrofu. Ovo znači da treba što prije i na što široj osnovi

pristupiti uređenju bujica i saniranju degradiranih terena, kao i na sprečavanju pojave erozije tamo gdje ona još nije otpočela. Za ovo trebaju velika materijalna sredstva i dovoljan broj stručnih kadrova.

S obzirom na brzi tempo naše izgradnje na polju elektrifikacije, saobraćaja, industrializacije itd. postavilo se i pitanje brze intervencije u svrhu zaštite objekata navedenih grana privrede. Pošto rezultat radova na sprečavanju procesa erozije, koji se postiže izvedbom šumsko-kulturnih radova ne može na žalost doći do izražaja za relativno kratko vrijeme, to se s toga nameće potreba intervencije otm radovima i mjerama koji daju momentano veći efekat — a to su gradjevinski radovi u zavodjenje pravilnog načina korišćenja šumskog i poljoprivrednog zemljišta ne zanemarujući pri tome dabome i šumsko-kulturne radove.

Prvi su dosta skupi, jer se obično izvode daleko u brdima na nepristupačnim mjestima gdje često na licu mjesta nema potrebnog gradjevinskog materijala, a transport istog na mjesto gradnje je dosta skup, te se sav taj rad obavlja pod vrlo teškim okolnostima.

Sprovodenjem pak administrativnih mjera u svrhu zaštite tla t. j. zavodjenje pravilnog načina korišćenja šumskog i poljoprivrednog zemljišta zahtjeva duge predradnje, a u krajnjoj liniji opštu ekonomsku preorientaciju čitavih krajeva. Ali ipak, da bi se ovo moglo sprovoditi donešen je u našoj Republici Zakon o preorientaciji poljoprivredne proizvodnje na strmim zemljištima kojim se zabranjuje kopanje, oranje i zasijavanje jednogodišnjih kultura na strmim zemljištima koje se nalaze u bujičnim područjima ili im je nagib preko 20°, a izložena su spiranju i odronjavanju čime pričinjavaju štetu važnijim privrednim objekima, komunikacijama i drugim zemljištima. Na takvim terenima predviđeno je uzgajanje kultura kao što su višegodišnje trave, voćnjaci i šume, koji prema terenskim i klimatskim uslovima dočićnog kraja najbolje štite ta zemljišta od spiranja i odronjavanja. Na takvim zemljištima može se odobriti sjetva jednogodišnjih kultura samo tada, ako se ta zemljišta prethodno zaštite od spiranja i odronjavanja. Istim zakonom predviđeno je, da Izvršno Vijeće određuje reone na kojima će se sprovoditi primjena ovoga zakona, a to su oni reoni gdje se preduzimaju radovi na sprečavanju procesa erozije.

Imajući pred očima napred navedene činjenice pristupilo se kod nas u Bosni i Hercegovini saniranju onih bujičnih područja i degradiranih terena, koji ugrožavaju našu industriju, saobraćaj, hidroelektrična postrojenja i poljoprivredu.

Uredjenjem bujica u Varešu išlo se zatim da se zaštite industrijska po-

strojenja, uređenjem bujica u dolini r. Bosne zaštiti Omladinska pruga Šamac—Sarajevo i državni put Brod—Sarajevo, u dolini r. Butišnice pruga Knin—Bihać i Kninsko polje, a u dolini r. Drine pruge Foča—Ustipraca. Poduzeti su radovi i na zaštiti Virskog i Ljubinjskog polja.

Da bi se zaštitili akumulacioni bazi Hidrocentrala Jablanice, Bogatići i Jajce II također su poduzeti radovi na saniranju bujičnih područja.

Pošto se najveći broj bujica i degradiranih terena nalazi u slivu budućeg Jablaničkog bazena, to se radovima u ovom području poklanja

najveća pažnja, a i sada se ti radovi tamo forsiraju. Napominjem, da s obzirom na opasnost koja preti tom akumulacionom bazenu od zatrpanjavanja nanosom, treba te radove izvoditi u još većem obimu za što je potrebno osigurati i dovoljna novčana sredstva...

Smatram za potrebno naglasiti, da će se u vrlo bliskoj budućnosti postaviti pitanje saniranja bujičnih područja u slivovima rijeke Trebišnjice i Spreče kao i u Kraškim poljima.

Budući, da uređenja bujica kod nas zadira u čitav kompleks privred-

nih pitanja i grana, to smatram, da ono mora da dobije i širi značaj, a s toga to pitanje treba rješavati na mnogo široj osnovi i to u prvom redu kao borbu protiv propadanja i erozije zemljišta.

Od toga, kakva će se pažnja pokloniti tome pitanju zavisće nesmetani razvoj naše narodne privrede, a u krajnjoj liniji podizanje društvenog i životnog standarta najširih narodnih masa. Ovo naša privreda može ostvariti samo tada, kada bude oslobođena štetnog djelovanja neobudanih prirodnih faktora i prirodne stihije.

Ing. Milko Janežić

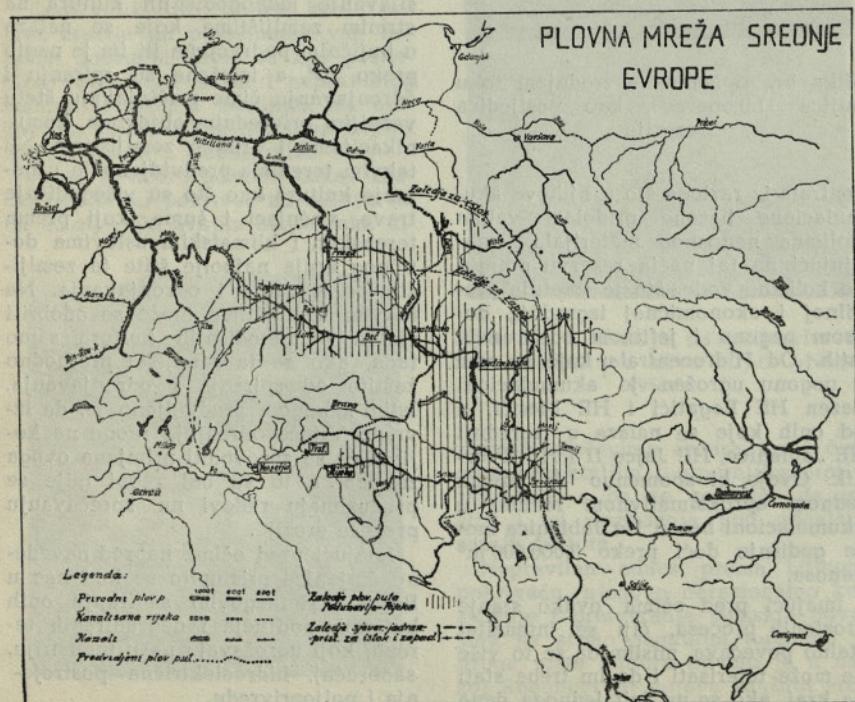
656.628 (497.1)

Plovna mreža Jugoslavije u sastavu srednje evropske mreže

Uvod

Danas su kod nas, plovni putevi, u uporedjenu sa željeznicom, dosta slabo iskorišćavani, što nije u skladu sa privrednim nastojanjima zemlje. Treba imati na umu, da plovne puteve Jugoslavije, u najvećoj mjeri sačinjavaju rečni tokovi koji su dio našeg prirodnog bogatstva. Njih treba, u cilju ekonomskog napretka, što intenzivnije iskorišćavati, kao i sva ostala prirodnna bogatstva. Za željeznice i puteve to ne važi — jer oni ne sačinjavaju prirodno bogatstvo, njih nije stvorila priroda, već težak rad naroda. Samim

tim bilo bi pogrešno posvetiti željeznicama, odnosno skupom željezničkom transportu, veću pažnju no uređenju plovnih puteva, tamo gdje isti postoje i tamo gdje postoji masovna roba, koja već po svojoj prirodi i količini teži ka jeftinom vodenom transportu. Ako se postupi suprotno, grijesi se protiv racionalizacije transporta, što će indirektno, ali neminovno uticati nepovoljno na ekonomski razvoj zemlje. Stoga je neophodno posvetiti plovnim putevima, kao i plovnom parku, potrebnu pažnju i dvesti iste u skladnu funkciju sa željeznicama.



Slika 1

1. Srednje Evropska plovna mreža

Ta pažnja se svuda osjeća. Cijela Europa prepletana je već odavnina plovnim mrežama, koje se stalno dopunjaju regulisanim i kanaliziranim rijekama i kanalima. To važi za istočnu, srednju i zapadnu Evropu, od kojih svaka ima svoju sopstvenu plovnu mrežu i to u toliko gušću u koliko je, pored ostalih prirodnih mogućnosti, i kraj privredno razvijeniji.

Plovna mreža srednje Europe može se podijeliti na dva plovna sistema i to na sjevero-zapadni, koji sačinjavaju Rajna, Vezera, Laba, Odra i Visla, sa mnogim kanalima, i jugoistočni, koji sačinjavaju plovne rijeke dunavskog sliva.

Ta dva plovna sistema, koje dijeli vododjelnica iduća preko Bavarske, Česke i Moravske, još dosad nisu povezana međusobno kanalima i pored mnogih nastojanja iz daleke i nedavne prošlosti. Ta nastojanja propadala su ranije u glavnom iz tehničkih razloga, a kasnije zbog oba dva svjetska rata, koja su prekinula već otočete radove. I današnja nesrednja politička situacija u srednjoj Europi onemogućava uspješan daljnji rad na ostvarenju tih, za prosperitet srednje Europe, toliko važnih plovnih veza.

Osim toga jugoistočni plovni sistem, koji doduše veže cijelo Podunavlje u jednu ekonomsku cjelinu, nije povezan na povoljan način, sa morem, kao što je to slučaj sa sjeverozapadnim plovnim sistemom, koji blagodeti pomorske trgovine, prenosi daleko u unutrašnjost zaledja Sjevernog i Baltičkog mora. Da bi se i za jugoistočni plovni sistem postigle iste blagodeti, pojavila se već u prošlom vijeku ideja izgradnje jedne plovne veze preko Balkana, direktno za Jadransko ili Egejsko more, a koja je još i danas aktuelna.

2. Tendencijski pri planiranju i izgradnji plovne mreže srednje Europe

U ranijim stoljećima tendencijski su izgradnji pojedinih kanala koji bi vezivali sjeverozapadni i jugoistočni plovni sistemi, nisu temeljile na nekim širim srednje-europskim interesima. One su se odnosile na čisto lokalne interese pojedinih zemalja oko vododjelnice, koje su željele da poboljšaju svoje transportne mogućnosti prema zapadu i prema istoku. Tek kasnije, sa nastankom velikih političko - ekonomskih organizama, kao što su bile Austro - Ugarska i Njemačka, prevladala je šira ekonomska koncepcija, naime koncepcija izgradnje kanala tranzitnog značaja, kao što su Rajna - Majna - Dunav, Rajna - Nekar - Dunav i Dunav - Laba - Odra - Visla. Ti kanali bi, preko srednje europske vododjelnice, medusobno zbližili dvije gospodarske sfere, t. j. sjevero - zapadnu, industrijsku i jugoistočnu, poljoprivrednu i olakšali medusobnu razmjenu dobara.

Osim toga su Austrija i Madjarska, dižući se privredno, osjetile sve veću potrebu za plovnom vezom Podunavlja sa Sredozemnim morem, odnosno Trstom ili Rijekom, jer ih veza Dunavom preko Crnog mora i Dardanela nije mogla zadovoljiti.

Težnju za ostvarenjem takve veze podupirala je i velika njemačka industrija, koja je tražila svoj životni prostor na Balkanu i bliskom Istoku.

U toku nekoliko posljednjih decenija izvršene su u tom pravcu mnoge tehničke i ekonomske studije i oko 15 raznih projekata — što sve svjedoči o stvarnoj potrebi i životnom interesu za tu plovnu vezu.

Srednja Europa gravitira u pogledu svoje prekomorske trgovine s jedne strane ka Sjevernom i Baltičkom moru, a s druge strane ka Sredozemnom (Jadranskom i Egejskom) i Crnom moru. Granica gravitacije ide više — manje po srednje europskoj vododjelnici, ali s obzirom na glavne pravce prekomorske trgovine t. j. zapad i jugoistok, ta granica pomjera se u zavisnosti od pravca ili prema jugoistoku ili prema sjeverozapadu.

Za promet sa Levantom, dalekim Istokom i Afrikom, Čehoslovačka, pa i veliki dio Bavarske i Poljske, gravitira prema Jadranu, a za promet sa Amerikom, osim označenih zemalja i sjeverna Austrija i sjevero-zapadna Madjarska, gravitiraju prema Sjevernom i Baltičkom moru.

Danas još ne postoje plovni putevi, koji bi prelazili preko srednje-europske vododjelnice, ali čim bi se isti ostvarili, u velikoj mjeri povećali bi zaledje onog mora kojemu bi vodili.

3. Stav Jugoslavije prema tendencijama razvoja srednje europske plovne mreže

Tranzitni saobraćaj je za svaku državu od velikog značaja, i to u toliko većeg u koliko vodi ka njezinim pristaništima. Tranzitni saobraćaj, a naročito manipulacije u tranzitnom pristaništu, stoje u vezi sa znatnim direktnim i indirektnim prihodima, sa unapredjenjem domaće trgovine i domaćeg pomorstva.

Stoga je i Jugoslavija u najvećoj mjeri zainteresirana na tendencijama razvoja srednje europske plovne mreže u pravcu juga, t. j. na izgradnji plovne veze između Podunavlja i Jadranskog mora.

Zahvaljujući svome geografskom položaju, ta veza može da se ostvari jedino preko teritorija Jugoslavije i to na Solun, Kardeljevo, Sibenik, Rijeku ili Trst. Svakako da bi izgradnja plovnog puta koji bi vodio ka tudjem pristaništu kao što su Trst ili Solun, bila u protivnosti sa interesima Jugoslavije, zbog čega se ona sa naše strane, ni u kom slučaju, nebi mogla poduprijeti.

4. Plovna mreža Jugoslavije danas

Jugoslovenska plovna mreža sa svojih 2079 km dužine, pretstavlja važan dio srednje-europske plovne mreže. Ona sačinjava čvoriste dunavskog plovnog sistema u kojem se sastaju sve veće plovne pritoke Dunava t. j. Sava, Tisa, Drava i Begej.

Osim toga jugoslovenska plovna mreža omogućava podunavskoj plovbi da se najviše približi Sredozemnom moru (Kup).

Ali iako je naša plovna mreža vrlo značajna po svojoj dužini i položaju, ona ipak ne zadovoljava ni naše unutarnje ni spoljne transportne potrebe. Ona u današnjem stanju sačinjava samo grubi skelet jedne plovne mreže sastavljen od prirodnih plovnih rijeka (87%) skoro bez potrebnih nadopuna kanalizanim rijeckama i kanalima (danasa 13%), neobuhodno potrebnim radi njezinog pravilnog formiranja.

Karakteristika naše današnje plovne mreže u pogledu unutarnjih trans-

sportnih mogućnosti je vezivanje istočnih krajeva sa zapadnim, a u pogledu spoljnih, vezivanje naše zemlje sa sjeverom i istokom. No ti pravci razmjene, kako što slijedi iz dalnjih izlaganja, nisu dovoljni.

5. Ekonomski potrebi zemlje

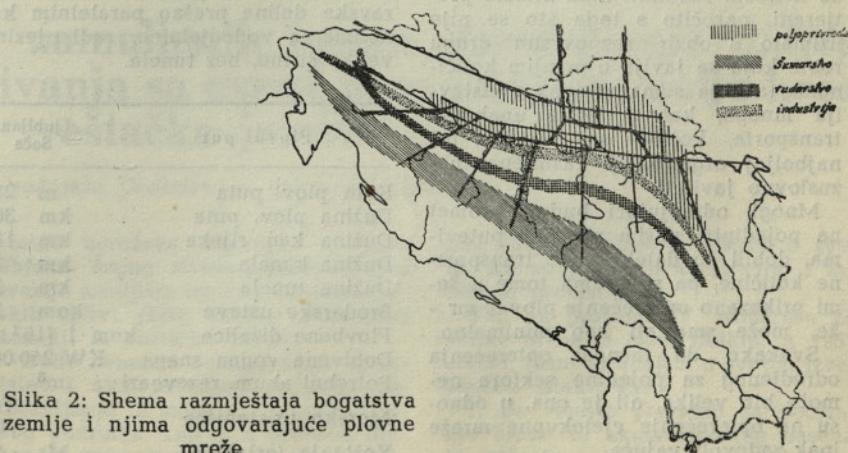
Razmještaj glavnih proizvodjačkih i potrošačkih središta masovne robe, koja i u svojoj prirodi teži ka vodenom transportu, predočen je u šemici Sl. br. 2. U toj šemi prikazana je šematski i plovna mreža koja bi mogla zadovoljiti razmjenu između tih središta. Iz nje se vidi, da je razmjena u glavnom usmjerena na pravac sjever-jug, t. j. na onaj pravac koji našoj mreži nedostaje, a koji se danas savladjuje željeznicom.

Prije rata dok je zemlja imala prvenstveno poljoprivredni karakter, odnos između vodenog i željezničkog transporta iznosio je 1 : 6, poslije oslobođenja, sa razvojem naše privrede u pravcu industrijalizacije, koja svakako traži intenzivniju razmjenu masovne robe, taj odnos pao je na 1 : 19. Ta činjenica je vrlo nепovoljna za našu saobraćajnu politiku, jer znajući da je voden transport znatno jeftiniji od željezničkog, državna privreda trpi teške gubitke.

Ako se ne uzme u obzir da je sportski kapacitet plovnog puta daleko veći od željezničke pruge, trebalo bi da odnos između željezničkog i vodenog transporta bude barem proporcionalan dužini željezničke i plovne mreže t. j. 2100 : 11600 = 1 : 6. Da stanje danas nije takvo, između mnogobrojnih uzroka, u dominantnijem je svakako pomanjkanje plovibeni mogućnosti u pravcu sjever-jug, kao najintenzivnijem pravcu naše unutarnje razmjene.

Da bi se odredila ona plovna mreža koja bi našoj privredi danas pa i u budućnosti najbolje odgovarala, izvršena su obširna ekonomsko-saobraćajna proučavanja u Komitetu za vodoprivredu FNRJ u 1951 god.*

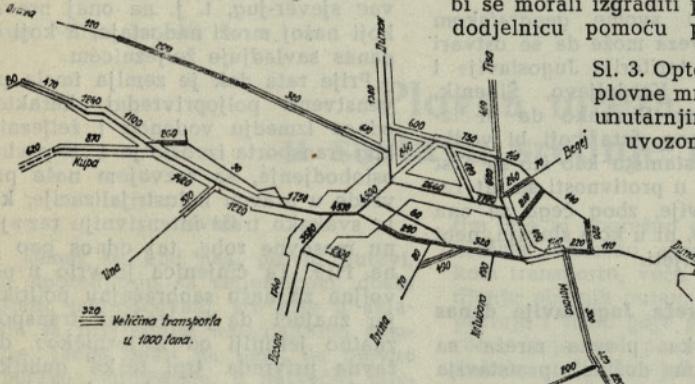
* U tim proučavanjima sudjelovali su sa autorom i dr. B. Cvetković, ekonom. i dr. inž. V. Slepinger.



Slika 2: Shema razmještaja bogatstva zemlje i njima odgovarajuće plovne mreže

Tom prilikom proučena je ona masovna roba koja dolazi u obzir za vodenim transport, kao što su cerealijske, ugalj, drvo, gradjevni materijal i nafta. Svaka od tih roba proučena je posebno s obzirom na mjesto proizvodnje i potrošnje, današnju i buduću količinu proizvodnje i najracionlij i najkraći transport. Svakako se pri tome uzimalo u obzir i povećanje broja i životnog standarda stanovništva.

Na osnovu tih proučavanja određeno je za svaku robu opterećenje pojedinih sektora naše buduće plovne mreže, pa se sumirajući iste, došlo do rezultata predviđenih u slici br. 3.



Pri određivanju količina i pravaca transporta, nije se služilo predratnim statističkim podacima, koji svakako nebi mogli dati pravu sliku o budućem stanju naših transportnih potreba radi danas potpuno izmjenjenog pravca privrednog razvoja, već isključivo mogućim proizvodjačkim i potrošačkim središtima, između kojih mora doći najbližim i najracionlijim putem do razmjene.

Ako se do toga uzmе u obzir i tranzit iz i u srednju Europu preko naše plovne mreže koji bi se mogao postići izgradnjom plovnog puta preko Jadranske vododjelnice, sika budućeg opterećenja naše plovne mreže bila bi još potpunija.

Napomenuti treba da se pri određivanju veličine transporta išlo sa pesimističkim pretpostavkama, tako da konačni rezultati nisu nimalo preterani, naročito s toga što se nije uzimalo u obzir raznovrsnu drugu robu, koja se javlja u manjim količinama, a koja sumarno ipak predstavlja mnogo, kao i razne unakrsne transporte, koji će se uvjek i pri najboljoj organizaciji razmjene, bezuslovnojavljati.

Mnogi, određujući budući promet na pojedinim našim plovnim putevima, dobili su daleko veće transportne količine, pa se prema tome u šemi prikazano opterećenje plovne mreže, može smatrati kao minimalno.

Svakako da tačnost opterećenja određenog za pojedine sektore ne može biti velika, ali je ona, u odnosu na opterećenje cijelokupne mreže ipak zadovoljavajuća.

6. Geografske i tehničke mogućnosti za ostvarenje plovnih veza srednje Europe sa Sredozemnim morem preko naše zemlje

Dunavski bazen odjeljen je od Jadranskog i Egejskog mora visokim vododjelnicom, koja omogućava samo nekoliko prelaza i to teških i visokih. Ti prelazi od kojih bi svakako samo jedan mogao doći u obzir za buduću trasu plovnog puta, iznjeti su, zajedno sa svojim karakteristikama, u tabeli i prikazani uzdužnim profilima.

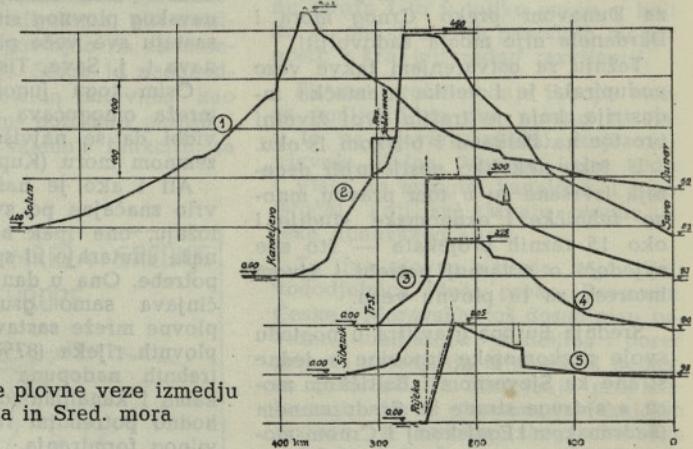
Svi ti plovni putevi koristili bi u glavnom postojeće plovne rijeke, zatim kanalizane rijeke i kanale, koji bi se morali izgraditi pa bi prešli vododjelnicu pomoću plovnih tunela.

Sl. 3. Opterećenje buduće plovne mreže Jugoslavije unutarnjim transportom uvozom i izvozom

Iz ekonomsko - političkih razloga treba svakako dati prvenstvo onim varijantama koje vode u naša nacionalna pristaništa t. j. u Rijeku, Šibenik ili Kardeljevo. Ostale dvije varijante na Trst i Solun, abstrahirajući njihovu tehničku stranu, mogu bi doći u obzir samo u slučaju da Jugoslavija sebi osigura izvjestan stalan političko-ekonomski uticaj u tim pristaništima. Sa tehničkog gledišta bila bi najpovoljnija varijanta ona na Rijeku, jer je najkraća, jer ima najnižu kotu prelaza, i najmanje objekata, a osim toga ulazi već u postojeće veliko pristanište i postojeći grad.

Pošto je i sa saobraćajnog gledišta Rijeka pored Trsta najpovoljnija za srednju Europu, jer leži najbliže njenom središtu, to bi plovna veza sa Rijekom, sa našeg stanovišta, — a ono mora biti mjerodavno i pri međunarodnom izboru varijante — bila najracionlijija.

Iz tog razloga treba perspektivni plan naše plovne mreže koja, kao sastavni dio sred. europske plovne mreže mora omogućiti Srednjoj Evropi plovnu vezu sa Jadranskim morem, izraditi tako, da bi u konačnoj fazi osigurao plovnu vezu sa Rijekom. U tom cilju trebalo bi u prvom redu predvidjeti izgradnju kanala Vukovar—Samac i regulaciju, odnosno kanalizaciju Save do Siska, u



Sl. 4. Moguće plovne veze između Podunavlja i Sred. mora

Izuzetak čini jedino plovni put Morava—Vardar, koji bi veliki dio Moravske doline prešao paralelnim kanalima, a vododjelnicu, radi njezine velike širine, bez tunela.

drugom kanalizaciju Kupe do Karlovca, pa dalje proučiti mogućnosti i pripremne radove za probijanje velikog tunela od oko 32 km duljine, između Kupe i mora.

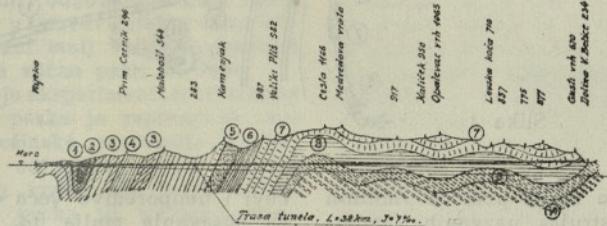
Plovni put	Ljubljani. Soča	Kupa Riječina	Una Krka	Bosna Neretva	Morava Vardar
Kota plov. puta	m 237	205	275	490	433
Dužina plov. puta	km 300	260	330	400	650
Dužina kan. rijeke	km 189	218	295	320	410
Dužina kanala	km 82	2	—	53	240
Dužina tunela	km 29	37	35	27	—
Broderske ustave	kom 36	11	50	80	75
Plovobene dizalice	kom 1 (167 m)	1 (30 m)	—	1 (80 m)	—
Dobivena vodna snaga	KW 250.000	40.000			
Potrebni akum. rezervoari	m ³ 2	1	2	1	1
Morsko pristanišče	Tržić (Trst)	Rijeka (Bakar)	Šibenik	Karde-ljevo	Solun
Koštanje (orientac.)	Mr 90		70		

Taj poslednji, i jedini težak objekat te plovne veze proučavan je sa geološke strane već od geologa stare Austrije.

Predočeni geološki profil ukazuje na znatne poteškoće na koje bi se vjerojatno naišlo prilikom presjecanja donjih glinovitih slojeva pod velikim pritiskom i donje granice karstnih slojeva sa znatnim količinama vode, ali današnja tehnika bi takve poteškoće vjerojatno mogla savladati.

prostranstvima, za razliku od rudarstva i industrije koji se sakupljaju u pojedinim centrima.

U tranzitnom saobraćaju preko naše zemlje služio bi u pravcu istoka Dunav sa novim kanalom kod Černavode u Dobrudži (u izgradnji) u pravcu juga, plovni put Vukovar — Šamac — Sava — Kupa — tunel — Riječina ili Bakarski zaljev, a u pravcu jugozapada (Italija, Alpski krajevi) Sava do Ljubljane kao krajnjim tranzitnim pristaništem.



Slika 5. Geološki profil Rijeka—Dolina V. Belice (Kupa) od prof. Franc Kossmat-a: 1: staro tercijarni fliš; 2. numulitni i alveolinski krečnjak; 3. rudistični krečnjak; 4. donja karstna formacija; 5. beli krečnjaci gornje Jure; 6. sivi krečnjaci srednje in donje Jure; 7. svetli krečnjaci gornjeg Trijasa; 8. ispučan dolomit srednjeg Trijasa; 9. Werfenski pješčani škriljavci; 10. Werfenski i karbonski škriljavci i pješčari

7. Budući izgled plovne mreže

Prema gore izloženom, perspektivni plan naše plovne mreže, koja bi zadovoljila unutarnji i tranzitni promet, odgovarao bi ranije iznetoj šemi plovne mreže. Dunav i Sava do Ljubljane, Kupa do Karlovca kao i Drava do Austrijske granice, omogućavale bi saobraćaj u pravcu istok - zapad, a južne pritoke Save i Dunava sa Tisom, Begejom, kanalom Vukovar Samac i drugim bačkim i banatskim kanalima u pravcu sjever — jug. Gušća mreža kanala u poljoprivrednim područjima Slavonije i Vojvodine, odgovarala bi poljoprivrednoj proizvodnji, zasnivajućoj se na velikim

Ta mreža imala bi dužinu od oko 3550 km od toga bi iznosili prirodno plovni tokovi 1810, kanalizane rijeke 1090, plovni kanali 625 i plovni tuneli 37 km.

Ukupni unutarnji promet prema izvršenom približnom proračunu iznosi bio je oko 9,970.000 tona godišnje. Tranzit oko 8,000.000 tona.

8. Mogućnosti realizacije

Danas se plovnoj mreži s obzirom na druge važne privredne zadatke, ne može posvetiti dovoljno pažnje i ako je ista od ogromne važnosti za racionalnu privredu. To dokazuju plovne mreže privredno visoko razvijenih država Europe, naročito onih

gdje je izgradnja plovne mreže, s obzirom na konfiguraciju terena, moguća.

Gradjenje kanala i kanalizacije rijeka, isključivo u cilju plovidbe je sa finansijskog gledišta toliko težak poduhvat i toliko veliko opterećenje za narod, da ga može podnijeti, i to u periodu dužeg mira i blagostanja, samo jedan privredno jaki organizam.

Ali ako se izgradnja plovnih puteva poveže sa hidroenergetskim i melioracionim radovima, koji donose brze i očigledne koristi, ona se može daleko lakše ostvariti.

U Jugoslaviji postoji u glavnom još neriješeni energetski i melioracioni problemi. Oni će postepeno doći na red, pa se tom prilikom moraju rješavati tako, da se od njih izvuče maksimalna korist, t. j. da se povežu sa problemima plovidbe.

Da bi zadovoljila potrebe zemlje, energetika mora postepeno iskoristiti padove većih rijeka pomoći niskih pregrada odnosno stepeničastog profila, što potpuno odgovara i potrebama plovidbe, a poljoprivreda mora meliorisati plovna, močvarna i suha zemljišta t. j. izgraditi odvodne ili navodne kanale, koji opet mogu zadovoljiti potrebe plovidbe. Izgradnjom akumulacionih rezervoara, u cilju rješavanja raznih vodoprivrednih problema, znatno bi se olakšalo rješenje raznih plovidbenih problema.

Ako bi se tim putem išlo ka realizaciji unutarnje plovne mreže, onda izgradnje u toku nekoliko decenija, nebi pretstavljalja nepremišlje teškoće.

Mnogo teže pretstavlja se pitanje plovne veze Podunavlja sa morem t. j. veze Kupa - Riječina. Finansijski, a vjerojatno i tehnički, Jugoslavija neće biti u stanju taj plovni put realizirati sama, bez saradnje drugih, na tom plovnom putu zainteresiranih srednje europskih država. Ali s obzirom na važnost takove veze za srednju Europu, međunarodnu suradnju na tom polju neće biti teško postići.

627.8.034.3

Ing. Branko Šegvić

Automatsko čišćenje zamuljenih jezera, sprečavanje daljeg zamuljivanja i zamuljivanja sa event. pronošenjem mulja kroz veštačka jezera

(Slučaj vodojaže Grošnica — grada Kragujevca)*

Uvod

U Jugoslaviji kao i u ostalom svetu, naročito u aridnim-bezvodnim krajevima, nameće se studija spasavanja današnjih i budućih vodojaža-jezera od nagomilanog mulja koji ih

stalno ugrožava. Nažalost »to nisu objekti dugog života«, pošto proces erozije zemljišta izazvan od atmosferskih upriva (kiše, leda i vetrova) brzo zamulji ta veštačka jezera.

Ovde nemamo nakanu uči u specijalne i ako povezane probleme zaustavljanja ili smanjenja erozije slivnog područja, kao ni u problem ubrzanih pošumljavanja čitavog sliva,

* Izvod iz predavanja održanih u DIT-u (u hidroteh. sekciji) i na Gradj. Fak. u Beogradu.

koji izaziva velike poteškoće u svezu, što su predmeti svestranog i zasebnog proučavanja.

Već na prošlom IV. Kongresu za velike brane u New Delhiu, u 1951 godini, razni stručnjaci u svojim izveštajima istakli su:

1. Da »mesto pogodno za podizanje brane ili akumulacionog basena je prirodno bogatstvo tog kraja.«

Znači i to mesto, a pogotovo skupi sagradjeni objekt-brane, dužni smo spasti, odnosno, produžiti joj vek života, a time omogućiti da se i amortizuje.

2. Konstatovali su da na pr. u Alžiru, a verovatno i u svetu da »vodojaže gradjene krajem prošlog veka, danas su još vrlo retke u upotrebi, a među onima gradjenim poslednjih 25 god. neke su već zabrinjavajuće«, a mi možemo dodati, da su neke kod nas zamuljene uz branu već posle 13 god., odnosno voda po svom kvalitetu i kvantitetu ne odgovara za potrebe snabdevanja stanovništva za sušnih godina (slučaj vodojaže Grošnice).

Potrebno je upoznati se sa mišljenjem i najpozvanijih stručnjaka iz Bureau of Reclamation (za opravke) des Etats-Unis E. Lane i šefu United States Army Owen G. Stanley, izloženim u članku »Važnost borbe protiv taloženja«, a koji je bio objavljen dozvolom Generalnog sekretara Ujed. Nacije. U članku se ističe »Borba protiv taloženja je sve više i više smatrana kao faktor čuvanja i iskorišćenja hidrauličkih izvora energije, na način, da unapređuje ove izvore. U svakom slučaju, još nije dobila pažnju koja njena važnost zasluguje. U današnjem stanju naučnih pronašlazaka poteškoće stvorene taloženjem postavljaju vrlo odredjene granice trajanja jednom velikom broju naših hidrauličkih objekata, a i progres koji od njih zavisi; na posletku će ih učiniti neupotrebljivim, ukoliko se ne pronadje način koji će dozvoliti borbu protiv taloženja, što pretstavlja problem velike važnosti.« I konačno ističu »u stanju današnje tehničke spoznaje, ako se ne reši otstranjivanje taloženja ili magaziniranje vode drugim načinom, ili ne pronadju drugi izvori električne energije, napredak civilizacije biće doveden u pitanje.«

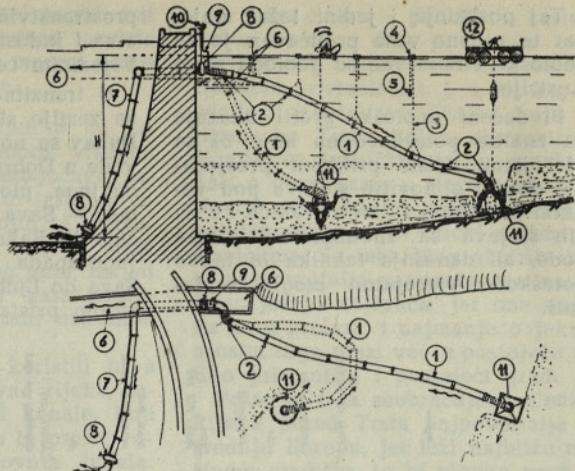
Sve ovo neupućenima malo čudno zvući, ali borba protiv zamuljivanja odavna traje, a naročito je uzela maha u svetu poslednjih 50 god. U najnovije doba otvara se jedno novo područje nauke u hidrotehnici, koje zovu »mehanika taloženja«.

Postojeće metode, tretirane i objavljene u izveštaju IV. kongresa,

koje se nabrazaju radi uporedbe, ne naglašavajući poznate istaknute prednosti, već nedostatke koji nastaju ili mogu biti izazvani.

1. Potpuno praznjenje basena, u cilju čišćenja mulja. To je retko moguće a i rizik je velik da se u sledećoj sezoni rezervoari ne napune.

2. Bagerisanjem, gde to nameće potreba bez obzira na koštanje, i ako se zna da je bagerisanje ponekad i »skuplje od gradnje nove brane« prihvata se, jer hitno obezbeđenje života ljudi i stoke, imperativno nalaže tu osnovnu fiziološku potrebu, a k tome bezvodno stanje redovno prati i opasnost od raznih epidemija.



Slika 1

3. Čišćenje mulja pomoću »mutnih podvodnih struja« nazvanih »ander-flo« (Underflow) odnosno »kuran de dansite« (Courants de densité), što je takođe teško sprovesti, jer treba imati ogromne količine suvišne vode (slučaj vodojaža za sprečavanje poplava), a i kad ima vode izlazi skoro čista, odnosno sa vrlo malom koncentracijom mulja od oko 1%, a iskustvo pokazuje i manje. Poteškoće kod postojećih brana izaziva i to, što ovaj način često nameće i probijanje brana na donjem najširem delu i to u raznim visinama sa spec. hidrauličkim zatvaračima, što je jasno da izaziva i ispuštanje celokupne vode, a što nije uvek ni moguće.

4. I konačno, pomoću »razvoja vegetacije na delti« ili sasma uzvodnom delu jezera, u cilju sprečavanja zamuljivanja donjeg dela jezera, a što ukazuje na velike nedostatke.

Mulj koji bi vegetacija i uspela kolmirati kod delte u roku od tri sezone, za vreme niske vode, ostaje skoro redovno na suhu i letnji pljuškovi prsto ispiraju kolmirani mulj na delti, menjajući često i smer korita. Tako ispirući mulj sa delte pronose lebdeći nanos pojačan koncentracijom opet i nizvodno uz branu i to zamutivši nisku jezersku vodu u najnepovoljnijoj letnjoj sezoni.

I. Automatsko čišćenje mulja uz branu ili na nizvodnom delu jezera bez bagera i refiliranja-transportovanja*

Prva ideja vodilja, bilo je sifoniranje mulja preko brane.

Pošto su se za vreme laboratorijskih opita pokazali stanoviti nedostaci, kao stalna potreba vakum crpke, pomerenje čitave teške konstrukcije po gornjem delu brane i osjetljivost naprave na prekide usled vazduha na spojivima cevi, a i hidraulički udari koji nastaju kod prekida, što izaziva duže i češće prekide u poslu, a k tome punjenje vode crpkama u spoljnem delu

* Patent No 1806 P 172/52-21-VII-1952.

cevi i neuporedivo veća dužina cevi za isisavanje mulja itd., predložena je sledeća usavršenija naprava, koja nema nikakve veze sa principom sifona - krive natege.

Sl. 1. Automatska naprava, sastoji se od azbest-cementne cevi (1), spojene sa elastičnim zglobovima (2), a podržana u jezeru pomoću alum. žice (3) i plovka (4), sa kontra tegom (5).

Ako se namerava jezero čistiti samo za vreme visokog vodostaja kad rade preliv, gornji kraj cevi (1) može se spojiti sa donjim delom preliva (6), što izaziva potrebu produženja cevi (7), po dnu preliva do dna brane, sa zatvaračem (8) na vrhu ili na dnu cevi (7).

Na vrhu cevi (7) postavi se tanka cev (9) sa zatvaračem (10) za ispuštanje vazduha.

Na donjem delu usisne cevi (1), montirano je spec. bet. zvono (11) koje se dade prilagoditi vrsti mulja a i sistemu čišćenja.

Ima više principa na kojima se zasniva ovo usisno zvono ili nekoliko usisnih cevi sa rešetkom na dnu. Ovo zvono ili usisne cevi (11) ili se podižu i pomeraju, ili se mogu i same da pokreću bilo vertikalno ili horizontalno ili da postepeno seku mulj ili pak da rade u vidu mlaznica vode, svojom vlastitom snagom.

Snaga kojom voda i mulj izlaze računa se sa pritiskom celokupne visine vode (H) u jezeru, odbivši uobičajene uspore-gubitke u cevima (1) i (7), koji zavise ne samo od profila i ukupne dužine cevi, već i od vrste i specifičnosti materijala koji se izbacuju. Na brzinu isticanja naročito utiče procenat i vrsta mulja i brzina će biti tim veća što bude viša visina vode i profil cevi. Ni vreme ni brzina isticanja nemaju toliku važnost, koliko odnos procenta mulja sa vodom, koji treba da bude što veći.

Kretanje usisne naprave (11) može biti radialno ili po nategnutoj žici sa jedne obale jezera na drugu, a pridržavana je od čamca (12) ili splava na buradima; ili se po potrebi uzvodno i nizvodno pokreće produžuju-

ći cevi (1), što omogućava izbacivanje mulja pod pritiskom ceće visine (H), bez obzira na dubinu mulja u jezeru i visinski položaj usisne naprave (11).

Dok razni najmoderniji motorni bageri - refuleri sa svrdlovima i usisnim cevima bacaju maksimalno oko 10—20% mulja a ostalo je voda, do tle laborat eksperimenti po ovom sistemu bez ikakve pomoćne usisne naprave na dnu izbacuju kroz cev premera 12 mm (na visinu vode $H \approx 1,2$ m) sitni pesak sa glinom što u prirodi skoro odgovara sitnom šljunku, dok je u prirodi defakti samo lebdeći koloidni mulj veličine nekoliko mikrona, a sličan pasti za zube.

Proporcija eksperimentom izbačenog glinovitog peska je zapreminske oko 37%, a težinska proporcija konstatovana je od 0,56 kg peska i gline na 0,75 kg vode, što znači 42,7% glinovitog peska ili težinski odnos vode i mulja od 1 : 0,71.

Slučaj vodojaže Grošnica kod Kragujevca

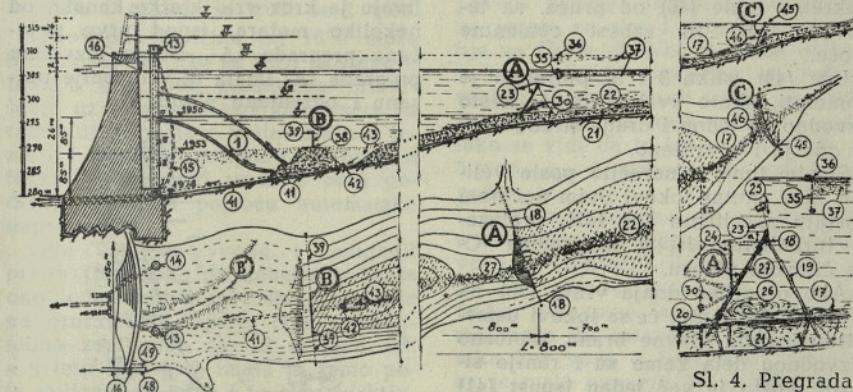
Grad Kragujevac ima oko 40.000 stanovnika sa vrlo razvijenom industrijom, koja bi po mišljenju nekih trebala preseliti, a zbog pomanjkanja vode. Vodojaža Grošnica u pogonu

jući najpovoljnije zimske okolnosti (vodostaj II. sl. 2).

Originalna zapremina jezera kod krune preliva je 2,171.000 m³, a »zапреmina jezera u 1950 god.« za vreme krize bila je sa muljem oko 700.000 m³, a vrlo muljevite i topile vode bilo je svega oko 500.000 m³ i to preko 83% u nekorisnom (mrtvom) delu jezera, a preostalih 17% muljevite vode nije bilo za upotrebu i narod se žalio na kvalitet i kvantitet vode.

Od 5 usisnih korpa 1950 god. I i II odozdo (sl. 2) bile su pod muljem, V. gornja ostala je bez vode, a III. je davala »vrlo mutnu vodu sa mirisom po budži« higijenski potpuno ne-upotrebljivu i koja zagrušuje filtre, a IV. korpa pod površinom davala je takodje »mutnu i toplu vodu +20°C«. Mišljenja sam, opetuje li se sušna godina 1950 bilo već u sledećoj godini, da će grad Kragujevac ostati 100% bez vode.

Pomanjkanje vode u gradu od 40 hiljada stanovnika sa industrijom, a bez kanalizacije i bilo kakve higijenske podzemne ili izvorske vode u bližini, može izazvati nepredvidjene posledice i smrtnе slučajevе, koji mogu imati uplivu i na okolne gradove i sela.



Sl. 2 in 3 vodojaža Grošnica.

je od 1938 godine, a 1950 već je bilo 7 m mulja (danас već ima skoro 9 m) uz branu, i 10 m vode, dok je visina brane do preliva 26,0 m. Originalna površina jezera od 21,4 ha bila je smanjena za niskog vodostaja u XI. 1950 na oko 10,5 ha, kad je »procent zasipanja« uz branu iznosio oko 41%, a jezero od 1500 m dužine povuklo se na 750—800 m dužine.

U ovoj godini (pri kritičnom vodostaju 1950 god. (vodostaj I. sl. 2) zamuljenje bi već bilo 51%, a kad bude 65 do 69% potpuno će prestati da teče i nekvalitetna muljevita voda, a onima na periferiji već i puno ranije. Znači, neračunajući gole zidove brane, zamuljenje vode može se računati 41% : 69% = 59% u 1950 godini, odnosno bilo bi 51% : 69% = 74% zamuljenja u ovoj 1953 godini, a ne »samo 14,75%« kako to neki bespomoćno žele tešiti uzima-

Način rada i osiguranje potrebnih količina vode

Ova vodojaža ima dve zahvatne kule (13) i (14) sl. 2 i 3, za odvod vode i po 5 usisnih korpa. Na gornje dve korpe (IV) i (V) montiraće se dve cevi od azbest-cementata premera 25 cm. Kula (14) biće za zahvat vode, a kula (13) isključivo za mulj ili obratno.

Kod novih vodojaža preporučljivo je postaviti cev (1) na sam ispušt i to sa zglobovima i povezati ih na vrh kule u položaj (15). Glavna usisna cev (15) ako ima ulogu da hvata i mutne podvodne tokove, na početku cevi postavi se okomito perforirana cev u vidu usisača prašine.

Da bio osigurala i što veću količinu vode u jezeru, a za potrebe automatskog čišćenja ili snabdevanja, može se podići preliv (16) za oko 2 m visi-

ne (od vodostaja II. na III.), pošto do vrha brane ima 2,5 m. Samim time, umesto, da preliv izbacuju najčistiju vodu, godišnje bi se osiguralo oko pola miliona m³ više vode, a što je vrlo važno, minimalni nivo jezera iz 1950 god. time bi se podigao za 3 do 4 m (od nivoa I. na Ia) i time bi se vidno smanjilo pojačano isparavanje nastalih plićaka u mulju.

II. i III. Sprečavanje daljeg zamuljivanja i zamulčivanja nizvodnog dela jezera uz branu*

Mutni podvodni tokovi (17), nazvani Courants de densité ili Underflow, kreću se po prirodnom kosom dnu jezera, usled povećane razlike specifične težine i fenomena nemehanja sa čistom vodom.

Zaustavljanje i kolmiranje ovih tokova vrši se većinom uz branu, ako je jezero srednje dužine, dočim kod vrlo dugih jezera, ovaj nanos u zavisnosti od krupnoće i količine suspenzija, može da se kolmira po sredini ili pak i u gornjem uzvodnom delu jezera.

Skoro redovno ovaj lebdeći nanos koji zamuljuje jezera u srednjem ili nizvodnom delu, sastavljen je od 90 posto do 99% od lebdećeg nanosa, dok je ostalo većinom vučeni — krupni nanos i nešto malo plovećeg skrama (slučaj Grošnice).

Cilj je zaustaviti ove teške podvodne tokove i prisiliti ih da kolmiraju gde nam najmanje štetaju i ne dozvoliti da se isti podižu u vidu mutnih virova po čitavom jezeru, a zbog svoje povišene temperature, pošto su za 5—10°C toplijii od hladnih i dubokih jezerskih voda. (Sl. 4.)

S obzirom da smo nivo jezera ekonomično podigli za oko 2 m visine, podigavši preliv (16), to je neophodno potrebno poseći okolnu šumu oko jezera (2×1.5 km), da nepotrebno ne troši vodu — korisne zapremine jezera. Od ove posećene šume napraviće se zelena pregrada -A- (sl. 4 i 3) u polovini jezera na oko 800 m od brane t. j. na ivici donjeg presušenog dela jezera.

Pregrada -A- je od posećene i rezane šume, u gornjem delu spojene na čelično uže (18), nategnuto od jedne do druge obale jezera. Visina ove pregrade je 4—5 m, s tim što je nagnuti i od straga poduprta tanjim deblima (19) od iste šume, a u donjem delu je pričvršćena kolcima (20) u postojećem mulju (21), koji je na ovom mestu oko 2 m debeline.

Ova će pregrada -A- već posle prvog podizanja nivoa u jezeru možda za uvek ostati potpuno preplavljen vodom, usled povišenog nivoa jezera za 3—4 m i podignutog preliva (16).

Pozadi ove pregrade -A- akumulirajuće se podvodni mutni tokovi (17) i kolmiraju svoje ostatke-suspenzije u novo nastalom basenu (22), koji će jednog dana postati nekorisni — mravi deo jezera.

* Patent No 1854 P 224/53.

Mutna voda dolazeći po dnu jezera iza pregrade, podiže najhladniju i čistu vodu uzvodnog dela jezera i prebacuje je preko pregrade -A- u vidu čiste struje (23) u nizvodni deo jezera.

Samim tim prestaje svaka mogućnost zamuljivanja i zamuljivanja donjeg nizvodnog dela jezerske vode koji ugrožava branu.

Ukoliko hidraulički priračun pokazuje da bi niska voda mogla sići i ispod užeta (18) na vrhu pregrade -A-, neophodno je i korisno predvideti da se u sredini jezera postavi 3—5 kom. jačih drvenih greda ili montažnih bet. gredica (27) i (19) prema slici (4). Gornji deo pregrade -A- (27) je stalno otvoren, dok se srednji deo automatski otvara pomoću pokretnih vrata (24) na osovinu (26), kad niska jezerska voda spusti plovak (25).

Na dnoj strani ove betonske pregrade (27), postoje preklopni otvori (30) sa tegom, koji su stalno zatvoreni, a po potrebi otvaraju se pomoću užeta na plovku (32) podržanim sa kontra tegom (33), a sve je uvršćeno unakrsnim košnicima i alum. žicom.

Teška podvodna struja (17) najviše se pojavljuje za vreme niskog nivoa u jezeru odnosno krajem leta, kada kišni tokovi prolaze kroz suhu zamuljenu deltu i ispiraju je odnosno povećavaju koncentraciju.

Površinske mutne struje (37), pojavljuju se za vreme visokog vodočaja u jezeru, prešavši visoko iznad zamuljene delte, a specifično su lakše od hladne i mutne jezerske vode i ako su i one mutne.

Ove se površinske struje (37) mogu zaustaviti poprečnom plovnom pregradom (35) napravljenom od gustih tankih grana, širine 1—2 m, sa tegovima na zategnutom užetu (36), podržanom plovicima ili pregradom od tankog Jugovinila (Jugoflex).

Pregrade -A- na dnu jezera i plovna (35) na površini, zaustavljale bi podvodne i površinske struje, akumulirale ih iza ograde -A- u gornjem delu jezera, odakle bi čista voda u vidu struje (23) prešla u donji nizvodni deo jezera, a mutni tokovi bi polako kolimirali svoje suspenzije i bez mutnih virova čak i u gornjem delu jezera.

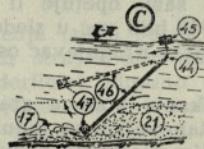
Po što bi iz ovog gornjeg dela jezera hladna voda prešla u donji deo, time je ekonomično i samo od materijala nadjenog na licu mesta sprećeno dalje zamuljivanje i zamuljivanje donjeg ugroženog dela jezera. (Laboratorijski opiti potvrđuju ekonomičnu mogućnost realizacije.)

IV. i V. Pronošenje mulja kroz velike basene i sprečavanje kolimiranja u sredini ili uzvodnom delu Vel. jezera*

Taloženje nanosa u korisnoj zapremini bilo u sredini ili na uzvodnom delu jezera, a često vrlo daleko od

brane (slučaj velikih vodojaža za sprečavanje poplave i za energetske svrhe ili kombinovano sa snabdevanjem vodom), primorava nas na primenu neekonomičnih bagera sa refulerima. Drugi način čišćenja je potpuno ili bar delimično sruštanje operativnog nivoa za vreme čišćenja, ali i posle još duže vremena nastaje zastoj dok se rezervoari napune; što redovno nanosi velike štete poljoprivredi i industriji, zbog zastoja i gubitka električne energije, a time je izazvana dvostruka šteta.

Pronošenje mulja kroz basen, često će se moći postići pojačavši koncentraciju nanosa, pomoću pregrade -C- (sl. 5, 2 i 3) iznad zamuljene delte u korisnom delu basena. (Ovo je za sada nepotrebno na Grošnici, iznosi se radi primere).



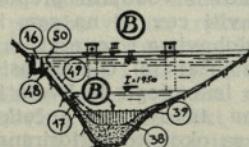
Sl. 5. Pregrada -C-, za intenzivnije zamuljivanje, sastavljena je od užeta (44) koje pridržavaju mali plovci (45), po volji regulisani iznad užeta (44), na koji su pričvršćene pomicne pokretne table (46) od pruća, sa tegovima (47) ili azbest cementne ploče.

Uže (44) (slika 3 i 5) potrebno je pomerati, skoro svakog dana, nešto uzvodno sa jedne i druge strane obale gde je i učvršćeno.

Samim time, a naročito posle velikih kiša, mutni tokovi ovim načinom postaju specifično još teži, prolazeći turbulentno ispod pregradica -C- na čitavom potezu.

Ako otvorimo donja vrata (30) na pregradu -A- mutni će se tokovi usmeriti u pravcu glavne brane, odnosno nizvodnog dela kamo su i ranije silazili. Pošto je već jedan ispust (41) postavljen za vreme gradnje vodojaže Grošnice na oko 70 m od kule (13), isti je samo stvorio kod svog usisnog grla (42) jedan veliki levak (43).

U cilju sprečavanja podvodnih struja (17), da ne dodju do same brane i da ponova zatrpuju očišćenih 40—50 m prostora uz branu, za koje se sad vrće pripreme čišćenja (čišćenje dalje od ovih 40—50 m od brane nije potrebno, pošto je to inače mrtva i nekorisna zapremina jezera), postaviće se popreko na jezero podvodna zavesa -B- (sl. 2, 3 i 6).



Sl. 6. Podvodna zavesa -B-, nategnuta je i srušena pomoću užeta (39) sa malim plovicama, na čijem se dnu nalaze tegovi (38).

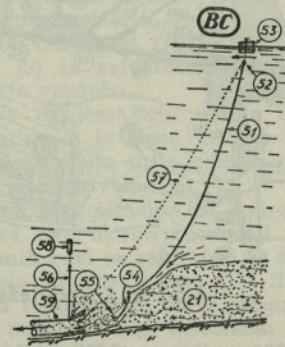
Zavesa -B- je od Jugovinila 0,3—0,4 mm debeline, koji se nameće usled svoje ekonomičnosti, pošto 50—60 m² ove zavese košta koliko 1 m³ armiranog betona.

Ukoliko su ispusti, a što je redovno, uz samu branu, onda se zavesa -B- srušta u položaj -B'- prema sl. 3, to je izmedju dve kule.

Samim time kula (13) je predodređena za ispuštanje na ispustu muljevitih struja, dok je kula (14) za čistu vodu.

Preliv (48) sl. 6 i 3, može se adaptirati pomoću zavesa (49) i plovka (50) da izbacuje podvodnu struju (17). Samim time po potrebi i preliv, osim ispusta, može da baca mutne podvodne struje, a delimično otvoreni preliv (48) sa strane na površini može da primi površinske mutne tokove (37) i ploveći skram.

Stvar je studije, na svakom pojedinačnom jezeru, da se odrede mesta pregrade -A-, -B- i -C- i da se ne dozvoli kolimiranje u sredini jezera, pa makar delta velikih i dugih jezera iziskivala i dvostruku fiksnu pregradu -A-, umesto -B- i -C-, s tim da iza prve jače i čvršće pregrade -A-, koja može ostati delimično i izvan niske vode, postavi se više pomoćnih periskopskih prelivova koji hvataju gornji istaloženi najčistiji deo vode i prelivaju je kroz vrlo kratke kanale, od nekoliko metara, ispod prve pojedine pregrade -A-. Druga nizvodna pregrada -A- imala bi već ranije opisanu i odredjenu ulogu.



Slika 7. Kombinovana zavesa -BC-

Ukoliko je već zamuljena sredina ili uzvodni deo jednog većeg postojićeg jezera (za sprečavanje poplava ili u energetskim svrham), koji dnevno troši ili ispušta količine vode od nekoliko metara kub/s; kombinacijom zavesa -B- i -C- (sl. 7) može se postići automatsko podkopavanje mulja i pronošenje mulja kroz jezero.

Presek sl. 7 pokazuje veću poprečnu zavesu (51) kroz samo jezero, a od nešto jačeg Jugovinila (tepisi medju sobom povezani tankom alum. žicom), koji je obešen na užetu (52) i plovicama (53) čije se udaljenje može lako regulisati. Na donji deo zavesi postavljen je takodje uže, na kojem su pričvršćene pomicne table (54) od istog materijala sa tegom (55) ili od azbest - cementnih ploča. Ove

* Patent No 1854 P 224/53.

ploče svojom težinom stalno se naranjanju i udaraju po mulju koji turbulentna vodena struja ispira i odnosi do manje zavese (56) sa plovkom (58), a sve pričvršćeno na nekoliko metara nizvodno od zavese (51).

U sisna cev (59) koja je event. od istog (nizvodno jačeg) materijala, spojena je dužim užetom za uže (52), a njen nizvodni kraj spojen je sa ispuštom na brani, i može velikom usisnom snagom da odvodi izazvane mutne struje izvan brane.

Ove zavese (51) i (56) zajednički se pomeraju uzvodno pomoći užeta (52) pričvršćenog na obalama jezera, a svojom ulogom preliva zamenjuje neophodne specijalne taložnice sitnog peska.

Ova mutna voda izbačena na ispuštu pod pritiskom, može biti dvostruko korisno upotrebljena u energetske svrhe (postavivši spec. zaštite na manje turbineske lopate) a potom i u poljoprivredne svrhe, radi korisnih sastojaka u muljevitoj vodi.

VI. Ploveći brzi filtri u jezeru i njihov značaj ekonomije

Ako jezero služi za snabdevanje pučanstva vodom ili kombinovano, vidimo da brzi filtri troše i do 10% celokupne količine vode, a što je ista mutnija i oskudnija troši se i više.

Celokupna količina od 10% može biti uštedjena, ako se filtri postave u tankim arm. bet. komorama pričvršćeni uz branu na površini jezera; u tom slučaju prljave vode ostaju u jezeru i same se potpuno istalože, a teški i gusti mulj se 2–3 puta godišnje izbacuje pomoći automatske naprave (1).

Ova uštedjena voda i podignuti preliv (16) mogu da donesu godišnje oko jedan milion m^3 uštedjene vode na grošničkom jezeru, čija je originalna zapremina oko 2 miliona m^3 , a u letu 1950. god. imala je samo pola miliona m^3 vode i to skoro isključivo u nekorisnom — mrtvom delu jezera; znači više nego udvostručuje ljetnju zapreminu vode u jezeru.

Ako je godišnja potrošnja vode oko 3 miliona m^3 , znači ušteda od 10% iznosi samo 300.000 m^3 , što ne pretstavlja glavni razlog ovog izlaganja i ako je od važnosti u aridnom kraju.

Glavni razlog ovog izlaganja je u tome što voda iz jezera odlazi gravitacijom na 36–38 m niže, potom se diže kao prečišćena za pranje filtera za 10–15 m, a onda se opet prečišćena crpkama diže na 37 m visine, i to sa 4 agregata od 65 l/s, radeći 10 časova dnevno, a za potrebe snabdevanja gradskih rezervoara, koji bi se inače mogli direktno puniti gravitacijom iz visokog vodostaja jezera.

Zbog prostora ukratko izneto, a studija je u razradi, ovi taložnici i koagulanti i filtri (spec. bet. komore i ploveći taložnici od Jugovinila — sve na principu normalnih brzih filterova), koštaju kompletno izradjeni

oko 1 milion dinara, a u 10 godina ukupno sa potrošnjom energije za čišćenje filtera maks. oko 15 miliona dinara, dok potrošnja energije i nabavka crnih agregata i održavanje današnjih filterskih instalacija i cevi za postojeći sistem iziskuju u 10 godina preko $\frac{1}{3}$ milijarde dinara i to ne računajući već izradjene postojeće filterske instalacije, koje bi se isplati napustiti, zbog ogromnih troškova i loše amortizacije. (Ovo je izneto idejno, a detaljna studija je u radu).

VII. Višegodišnji račun ekonomične akumulacije vode i podizanje brane uz pomoć automatski izbačenog mulja

Pitanje No 14 »Taloženje u rezervoarima i srodnim problemima«, iz konгресnog generalnog izveštaja R. G. C., ne odvaja problem podizanja brana i veštačkih jezera za potrebe snabdevanja vodom od onih za energetske svrhe. Tim više što su u pitanju životi ljudi i stoke, ništa manje važni od svih drugih energija, a bez pitke vode i vozila i industrija obustavljuju rad.

Iz prednjeg poglavlja vidi se da filtri u jezeru i potpuno obustavljanje rada preliva i ispusta može da poveća korisnu akumulaciju-zapremenu jezera za oko 1 milion m^3 godišnje na Grošnici. Ako su sušne godine u ovom kraju zapažene od prilike svakih 10 god., znači uzet sa 100% sigurnosti da je suša svakih 5 god., lako se vidi da to iznosi $1,000,000 \times 5$ god. = 5 miliona m^3 uštedjene vode.

Ako se uz to uzme da stanovništvo u krajevima sa nesigurnim dotokom vode na periferiji, delom troši i rasipa prikupljenu vodu kad im sveža dodje, a k tome jedna otvorena česma može da ostavi 500–700 stanovnika bez vode u tom danu; izradjena je mala naprava za prisilno automatsko zatvaranje javnih i privatnih točila, nazvana »Ekonomizator«.* Uloga je ove naprave, da silom spreči gubitke na česmama, naročito gde nema vodomera, a naplata je paušalna (slučaj grada Kragujevca). Ova je naprava izradjena od plastične mase i automatski zauzavlja vodu posle 2–3 litra protoka, a prebacivanjem male ručke na drugu stranu voda pod pritiskom ponovo izbacuje istu količinu vode. (Mehanizam jednostavan vidi Tehnički list br. 13 – 1939 god.). Stručnjaci smatraju, da »ova naprava može da reši 90% krizu vode u gradovima«, a naročito tamo gde je naplata paušalna. (Sl. 9.)

Ako uzmemo da se može postići štednja ovom napravom od samo 10% na utrošenoj vodi, to iznosi u 5 god. oko 1,5 miliona m^3 . Znači ukupna 5-godišnja ušteda iznosila bi $5+1,5 = 6,5$ miliona m^3 uštedjene vode.

Prema izloženom vidi se korisnost i mogućnost povećanja brane za ba-

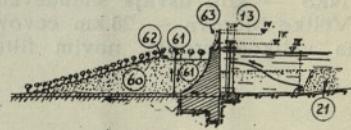
* Patent P 133-II 1949.

rem 5–6 metara, što bi podiglo operativni nivo i obezbedilo puno više vode u sušnoj godini.

Ukoliko su akumulirane veće količine vode bilo od navedenih ušteda ili od mogućnosti povećanja sливне površine (priključkom Dulenske reke na grošnički sliv), suvišna voda bi se mogla ispušтati za vreme sušne sezone (a ne zimi kao do sada), a time bi proradio 8 km dugi nizvodni potok koji u leti nikad ne teče, a navodnjavanjem tom mutnom vodom osetno bi se podiglo površtarstvo i voćarstvo, a time i blagostanje okolnog kraja.

Ovim načinom stvaranja višegodišnjih ušteda i povećanja sливне površine, današnji objekat koji nije mogao zadovoljiti potrebe grada od 40 hiljada stanovnika, u budućnosti bi sa povišenom branom zadovoljio skoro dvostruko veći grad i industriju. (Koja je već u 1950. god. ostala bez vode).

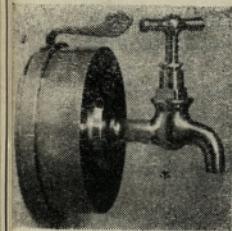
Ovu ekonomsku postavku, može da tehnički osigura racionalno iskorisćena količina izbačenog mulja, napravom i cevi (1), koji bi izbačeni mulj mogla da automatski podigne za 10–20 m pred samu branu. Vidi sl. 8.



Slika 8

Nagomilavanje mulja (60) (sl. 8) pred branu postiže se jednom vertikalnom cevi (61) sa dva zatvarača, koja bi jedno vreme radila pod pritiskom izbacujući mulj, koji se postepeno kolmira zaustavljen nasipom (62), da bi potom kroz istu cev (61) delimično istaložena voda u vidu preliva prešla nizvodno u potok Grošnice. Ovaj istaloženi mulj na suncu i vazduhu dobiće svoju visoku specifič. težinu, a snabdeven drenazom i zelenilom pretstavlja bi realnu i ekonomičnu mogućnost da se dozida lučna arm. bet. brana (63), i pojačana ako se ukaže potreba, sa već danas poznatim načinom dubokih — temeljnih sonda sa prepregnutim željezo-betonom.

Osim toga potrebno je upoznati se sa mišljenjem i zaključkom IV. svetskog Kongresa za vel. brane u New Delhiju u 1951. god., gde na strani 13 zaključka Raport General R. G. C. naglašeno je: »Problem taloženja, izgleda mnogo važniji, humano govoreci od svih problema tehničkih konstrukcija, za koje se može reći, da se danas nalaze prihvatljiva rešenja. Dakle, nije jedan od onih koji napreduju u nekoliko dana ili meseci; i ovaj će problem izgleda morati ostati u krilu internacionalne komisije, u stalnoj aktuelnosti,« znači, i mi mu moramo podati zaslужenu pažnju, jer nas mulj i u našoj zemlji na više mesta ugrožava.



Slika 9

Ovim je ukratko — idejno iznet celokupan plan rada I. i II. etape spasavanja jezera Grošnica, i osvrtna odmujivanje — čišćenje većih jezera (stavke IV. i V.).

Za vreme rada I. etape biće organizovana svestrana služba sa terenskim i laboratorijskim optima, a studija proširena i naučno razradjena.

Osim izloženog, a radi čega sam i prihvatio poziv da ovo iznesem, jest potreba i želja da skrenem pažnju N. O. Kragujevca i odgovornim stručnjacima na nepobitnu i veliku opasnost koja im preti već u prvoj sušnoj godini.

Uspavljavati se nebi trebalo primljenim dopisom »Verovatno će Vas iznenaditi, da je procent zasipanja (Grošnice u 1950 godini), pri koti 306 (preliv) samo 14.75%«, dok se još svi dobro sečaju kvalitet i količine vode iz 1950 god., i znaju da je zamuljenje u konačnoj fazi.

Dali su to možda razlozi da je i idejni projekat (Instituta Vodoprivrede NRS — koji usvaja snabdevanje sa Velike Morave — 28 km cevovodima velikog profila, novim filter-

skim instalacijama i skupim agregatima sa stalnom potrošnjom električne energije, a sve u vrednosti od nekoliko milijardi i nekoliko godina intenzivnog rada, u cilju osiguranja grada in industrije vodom), još i das zagubljen u Kragujevcu.

Dali postoji stručnjak ili rukovodioč koji može proučiti i objasniti kako će se snabdevati grad od 40 hiljada stanovnika sa industrijom, a bez kanalizacije i bilo kakve upotrebljive podzemne ili izvorske vode i to već u prvoj narednoj sušnoj godini?

Naglašavam, Kragujevcu preti 100 postotna opasnost od nepredvidjenih posljedica i smrtnih slučajeva, koji se mogu preneti zarazom i u okolna sela i gradove sa kojima su direktno i više puta dnevno saobraćajnim sredstvima povezani; a prenapučenost naših stanova može izazvati brzi i nepredvidjeni razvoj teške epidemije!

Ako je sve uistinu tako, onda bi jedan kritički osvrт ili konkretne primedbe na ove iznete predloge od strane naših stručnjaka, trebao da nadje mesta i dalje u našoj literaturi i nesumnjivo bi koristio u cilju usavršavanja ne samo rešenja ovog domaćeg problema, koji se pojavljuje na više jezera, već i kao prilog jed-

nom opštem korisnom problemu u svetu.

Zaključak: Iz izloženog sledi, da vodojači Grošnici preti zamuljenje, a novoprojektovani cevovodi od 28 km dužine i nove filtarske instalacije sa skupim aggregatima i stalnom potrošnjom električne energije, trebale bi preuzeći ulogu snabdevanja grada Kragujevca vodom.

Sve je to zamenjeno sa:

Automatskim čišćenjem mulja uz branu sa samo 60 m azbest-cementnih cevi premera 25 cm, a k tome spremeno je dalje zamuljivanje i zamuljivanje jezera sa poprečnom podvodnom pregradom -A-, napravljenom od posećenih stabala uz jezero, kojem je sa povišenim prelivom vidno podignut kapacitet i kvalitet vode.

U II. etapi može ista brana biti podignuta naviše pomoću automatski nagomilanog mulja pred branom. Ovo bi omogućilo akumulaciju višegodišnje uštede, koja bi udvostručila jezero za potrebe sušnih godina.

Time bi grad bio obezbeđen vodom i u slučaju priraštaja stanovništva za preko 50—70% od sadašnjeg, a vodojača, koja bi uskoro po navršetku 16 god. bila zagušena, tek bi sada bila u mogućnosti da se uistinu amortizuje i dalje neograničeno i efikasno eksploratiše.

Ing. Elimir Svetličić

627.532 (497.1 Lonjsko polje)

Hidraulički račun primjenjen kod odvodnje Lonjskog polja

1. Opća razmatranja o uzrocima poplave u Lonjskom polju i analiza dotoka u poplavno područje

Kad govorimo o poplavi Lonjskog polja, mislimo na cca. 90.000 ha poplavom pokrivenu površinu Lonjskog i Mokrog polja. Poplava Lonjskog polja nastaje većim dijelom od jakog dotoka unutarnjih voda, koji daje slivno područje vodotoka koji gravitiraju tom polju (Črnc, Zelina, Lonja, Glogovnica, Česma, Pakra, Ilova i t. d.). Uslijed nemogućnosti oticanja tih voda u rijeku Savu, već kod ponеšto visokog vodostaja Save, one se razliju i ostaju po nizinama polja. Tu poplavu koja je već uslijedila i ispunila kotlinu Lonjskog polja povećavaju i izvjesne водне količine rijeke Save, koje kroz ušće vodotoka Trebež, te prodorima i preljevanjem lijevo obalnih savskih nasipa ulazi u polje. Kad visoki vodostaji Save opadnu, razlivena voda nema mogućnosti oticanja te se zadrži u nizinama polja i čini poplavu. Nizine se teško prazne. Gotovo neprimjetnim tečenjem u uzdužnom smjeru prema Staroj Gradiški, one se vezuju za Savu koritom Malog i Velikog Struga te otvorenom Savskom inundacijom iz Stare Gradiške.

Osnovni je zadatak za rješenje problema odvodnje Lonjskog polja hidraulički dati takovo rješenje, kojim će se ukloniti djelovanje uzročnika poplave, a da se pri tome ne pogoršava stanje u uzvodnim i nizvodnim potezima vodotoka koji proizvode poplavu.

Kako se je višestrukim rješavanjem ranije principijelno hidraulički problem poplavne vode u Lonjskom polju rješavao samo na bazi dotičućih i protičućih vodnih količina, nije se moglo na taj način zahvatiti sve utjecaje i dobiti stvarna veličina dotoka. Ovakvo sumiranje dotičućih količina izračunatih na bazi eksperimentalnih formula, kao i na bazi nekih stvarnih mjerjenja protoka u pojedinim vodotocima nisu mogli dati željenog uspjeha. Utjecaji koji uvjetuju poplavu u Lonjskom polju toliko su raznoliki po količini i vremenu kada se pojavljuju da je trebalo upotribiti način računanja kojim bi se svi utjecaji obuhvatili najednom.

Na osnovu postojećih hidroloških podataka, hidraulički je problem Lonjskog polja obradjen s obzirom na proticanje vodnih količina savskim koritom. Još je god. 1793. ing. Pongratz mislio da su u Lonjskom polju profili rijeke Lonje i Česme prema-

leni, te da s toga ne mogu odvoditi nadolazeće vode, te da u Lonjskom polju moraju pod djelovanjem prirodnog uspora Save nastati poplave. Zatim su nadolazili razni prijedlozi za rješenje problema melioracije odušnjim kanalom sa utokom u Savu kroz Vel. Strug ispred Stare Gradiške, te konačno 1932. g. projekat o isušenju Lonjskog polja odušnjim kanalom sa utokom u Savu iza St. Gradiške. Svaki od tih projekata bazirao je svoje zaključke sa hidrauličkog gledišta samo na bazi ponešto mjerjenih, a više teoretski ustanovljenih proticajnih količina, bez obzira na upliv koji imaju poplavne vodne količine na buduću protok. Ispušten je iz vida jedan vrlo važan elemenat d. h. F. t. j. prirast mase vode u jedinici vremena, koji čini sastavni dio očekivane protoke za stanoviti vodotok, gdje je sa porastom vodostaja za d. h. u vodotoku nastalo i poplavljivanje izvan vodotoka u prostoru za d. h., koje ne čini protok već retardiranu vodnu količinu. Time je nastao utjecaj retencije odnosno poplava.

Ako fiksiramo protok u premaleeno dimenzioniranom profilu u građinčnoj vrijednosti prije preljevanja obala te ju označimo sa Q_1 , to kod



iika br. 1

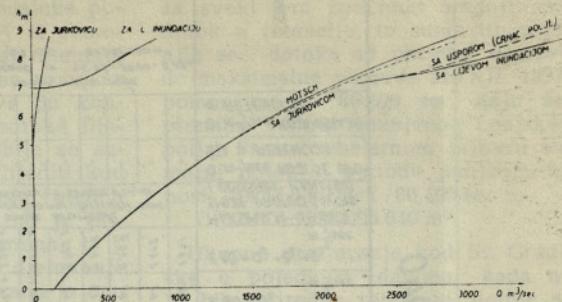
porasta vodostaja za dh iznad navedene granice, dobijemo povećanu protoku Q_2 koja odgovara idealno zamišljenom povišenom hidrometrijskom profilu. Izvan tog idealno povišenog hidrometrijskog profila postoji poplava, koja je nastala u vremenu porasta dh za vrijeme dt. U to vrijeme dt nastala je poplava $M \text{ m}^3$, koja bi u većem koritu činila povećanu protoku za $\frac{M}{dt} = d Q \text{ m}^3/\text{sec}$ te bi do-

bili stvarnu protoku $(Q_2 + dQ) \text{ m}^3/\text{sec}$. Time bi otjecajna vodna količina odgovarala dotičućoj i ne bi bilo poplave.

Podvirne vode, preljevi i prođori Savskih nasipa te razni dotoci iz slijeva, sve su to utjecaji koji se nikako nemogu točno ustanoviti, te je zato problem u tome, koliko prosječno kod pojedinih vodnih valova v. v. Save i unutarnjih voda dotiče u Lonjsko polje u jedinici vremena. Jasno je, da time što nestaje zadržavanja poplavne vode u retenciji, nastaju nove protoke u Savi. Pod novim protokama misli se da će prije no došada nastupiti u Savi viši vodostaji.

Polažeći sa principa da je nužno iznaciši prosječni sekundni dotok u Lonjsko polje, hidraulička se analiza dotoka sastoji u tome da se na bazi slojnog plana poplavnog područja te postojećih vodomjernih podataka za Lonjsko polje izradi prikaz dnevnih promjena nivoa poplave u vidu vodnih linija. Dnevna promjena vodostaja daje vodni sloj koji svojim gornjim i donjim aps. kotama omedjava u slojnom planu vodni sadržaj toga dana. Tako je svaka dnevna promjena registrirana na postojećim vodomjerima u St. Gradiški. Lov. kući na Velikom Strugom, Preprost na Lonji i Posavskim Bregima na Črncu. Svaka dnevna promjena vodostaja u poplavnom području, koja označena kao vodni sloj jačine Δh daje uz pomoć slojnog plana retenciju za promatran-

KONSUMPCIONA KRIVULJA SAVE KOD GRADIŠKE



Sl. br. 3.

no vrijeme. Budući da nam je potreban sekundni dotok u retenciji, to onda ovu dnevnu retenciju podijelimo sa 86.400 sek. Cijeli dotok u poplavnu područje dobije se ako tome dodamo istjecanje koje je postojalo kroz inundacione otvore na putu St. Gradiška—Okučani. Time nam je dotok u Lonjsko polje

$$Q_d = \frac{F_s \cdot \Delta t}{\Delta t} + Q_0$$

Q_d = dotok u m^3/sec .

Q_0 = istjecanje u m^3/sec .

Iz ove jednadžbe vidimo da je postojalo istjecanje u jednakoj mjeri kao i istjecanje, ne bi bilo u jedna-

džbi člana $\frac{F_s \cdot \Delta h}{\Delta t} = \Delta Q$, a stoga

ne bi bilo niti poplave.

Iz shematskog prikaza vidi se način računanja količina vode koja doći u Lonjsko polje.

$$F_{s1} = \frac{F_1 + F_1'}{2}; F_{s2} = \frac{F_2 + F_2'}{2} \text{ itd.}$$

$$\Delta h_{s1} = \frac{\Delta h_1 + \Delta h_2}{2}, \Delta h_{s2} = \frac{\Delta h_2 + \Delta h_3}{2} \text{ itd.}$$

$$\Delta Q_1 = \frac{F_{s1} \cdot \Delta h_{s1}}{86400}; \Delta Q_2 = \frac{F_{s2} \cdot \Delta h_{s2}}{86400} \text{ itd.}$$

$$\begin{aligned} \Delta Q &= \Delta Q_1 + \Delta Q_2 \dots \\ Q_d &= \Delta Q + Q_0 \end{aligned}$$

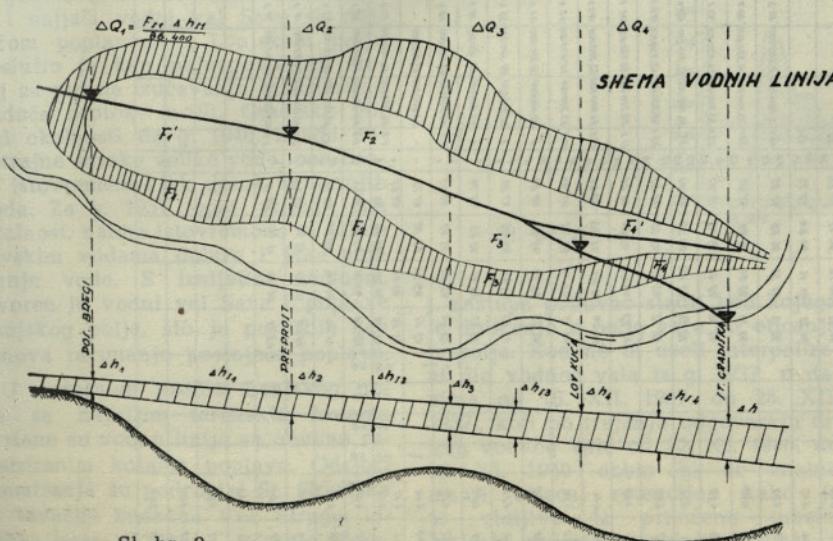
2. Razmatranje sadanjih i budućih maksimalnih protoka na liniji St. Gradiške

Na liniji St. Gradiške vodne količine savskog sklopa protiču lijevom inundacijom, koja u stvari provodi otjecajne količine iz Lonjskog polja, koritom Save i savskim odušnim kanalom na desnoj obali, zvanim »Jurkovica kanal«. Poplavna voda kod St. Gradiške teče paralelno sa glavnim vodotokom Savom i ne vraća se istim putem u Savu već nizvodno obišavši St. Gradišku.

Konstruirana konzumpcionalna linija za protičuće količine savskim koritom, lijevom inundacijom i Jurkovica kanalom, prikazuje proticanje vodnih količina u sadanju stanju. (Sl. br. 3)

Prema konzumpcionalnoj liniji Save kod Mačkovca nizvodno od St. Gradiške podnosilo je korito i inundacija Save nakon zatvaranja Crnac polja nasipima, maksimalnu protoku registriranu sa vodostajem + 833 u St. Gradiški.

Po konzumpcionalnoj liniji St. Gradiške kod toga vodostaja proticalo je korito Save, lijevom inundacijom i Jurkovica kanalom zajedno $3596 \text{ m}^3/\text{sec}$ na sec. Kod tako registriranog maksimalnog vodostaja u St. Gradiški lijeva inundacija je bila vezana direktno na Crnac polje, te je obzirom na zatvaranje tog polja uz iste proticajne količine dobiven u St. Gradiški uspor od $40 \text{ cm} (+ 873)$. Taj se je uspor vidno pokazao kod max. v. vode u 1947. g., kada je već Crnac polje bilo zaštićeno savskim nasipima. Da se stanje proticanja kroz St. Gradišku i nizvodno ne pogoršava, rješenjem odvodnje Lonjskog polja, uslovjava se smanjenje količine proticanja maks. vel. vode kroz St. Gradišku od $3596 \text{ m}^3/\text{sec}$ na $3390 \text{ m}^3/\text{sec}$, što sa djelovanjem uspora dobivenog zatvaranjem Crnac polja daje u St. Gradiški vodostaj $810 + 40 = +850$. Uz navedeni uslov, stanje proticajnih ko-



Sl. br. 2.

TABELARNI PRIKAZ HIDRAULICKOG RAČUNA RETENCIJE LONJSKOG POLJA - 1940

DATUM	VODOSTAJI			O' VODOMJERA	APSOLUTNE ISTE VODOSTAJI			ST GRADIŠKA	LOVČIĆA KUĆA	PREPROST	POSAVSKI BREGI	ST GRADIŠKA	LOV. KUĆA	PREPROST	POSAVSKI BREGI	
	ST GRADIŠKA	LOVČIĆA KUĆA	PREPROST		ST GRADIŠKA	LOV. KUĆA	PREPROST									
27. I. 1940	282	377	224	260	88-22	89-88	93-49	96-17								
28.	458	407	247	368	89-98	90-18	93-52	97-25	116	103						
29.	572	465	287	396	91-12	90-76	94-12	97-55	114	86						
30.	632	500	344	418	91-72	91-11	94-69	97-75	106	47						
31.	670	547	357	430	92-13	91-58	94-82	97-87	106	47	46,2,5.700.000,2.850.000,18.3	47	39.2,46.700.000,75.050.000,34.3	15	22,86.000.000,86.750.000,21.0	
4 XI 1940	694	590	370	440	92-34	92-01	94-95	97-97	106	29.3,23.000.000,16.300.000,48.7	45	36.2,10.200.000,92.200.000,39.4	10	21.000.000,93.000.000,23.1		
2.	698	633	390	450	92-38	92-44	95-15	98-07	104	23.9,30.700.000,26.850.000,73.4	45	38.5,16.100.000,40.9.000.000,49.0	24	21.5,60.000.000,40.7.500.000,33.6		
3.	715	670	414	452	92-55	92-89	95-39	98-09	107	31,36.700.000,33.700.000,42.8	45	40.5,12.5.800.000,12.150.000,56.5	26	30.128.000.000,21.155.000,42.0		
4.	732	712	430	450	92-72	93-23	95-55	98-07	107	25,48.800.000,42.750.000,18.6	36	30.300.000,18.2.000.000,12.8	26	21.43.000.000,15.5.000.000,33.0		
5.	743	736	440	448	92-83	93-47	95-65	98-05	11	17.5,52.700.000,50.750.000,102.8	24	17.5,10.5.000.000,13.600.000,3.18	17	13.5,147.000.000,15.5.000.000,22.7		
6.	764	750	448	444	93-06	93-61	95-73	98-01	11	17.5,54.900.000,53.000.000,109.0	12	13.0,10.700.000,15.3.350.000,208.3	12	10.0,150.000.000,16.5.500.000,17.2		
7.	775	760	452	436	93-15	93-71	95-77	97-93	11	10.5,57.500.000,56.700.000,68.4	7	8.5,14.500.000,14.1.000.000,13.9	7	5.5,15.3.400.000,15.1.100.000,9.5		
8.	785	768	458	432	93-25	93-79	95-83	97-89	10	9,59.600.000,58.550.000,61.0	7	7.5,10.200.000,11.6.850.000,12.5	6	6,58.000.000,15.3.700.000,11.7		
9.	793	776	460	428	93-33	93-87	95-85	97-85	8	8,61.500.000,60.550.000,56.0	5	6.5,13.500.000,14.2.850.000,107.1	5	3.5,141.000.000,15.9.500.000,6.9		
10.	797	780	460	422	93-37	93-97	95-85	97-79	4	4,63.400.000,62.450.000,29.9	3	3.5,14.100.000,14.3.120.000,58.3	3	0,15.1.600.000,16.2.000.000,28		
11.	801	781	462	420	85-40	m	m	m	1	2.5,63.800.000,63.600.000,18.3	1	4,14.400.000,14.1.050.000,17	1	1.5,165.000.000,164.300.000,29		
12.	801	781	462	416	85-44	m	m	m	1	2.5,63.800.000,63.600.000,18.3	1	4,14.400.000,14.1.000.000,17	1	1.5,165.000.000,164.300.000,29		
13. II 1940	799	778	461	410	83-47	93-49	95-87	97-67	7	-63.600.000,63.600.000	-	-14.400.000,14.1.000.000	-	-16.600.000,16.5.200.000		
17. II 1940	808	793	474	474	83-47	93-39	93-87	97-67	7	-63.600.000,63.600.000	55.6	9,85.14.800.000,14.1.320.000	14	9,972.000.000,16.6.800.000,17.5		
18.	816	—	458	468	85-40	m	m	m	1	7,63.600.000,64.300.000,37.3	2	5,0,14.5.300.000,14.4.900.000	6	2,170.000.000,17.1.000.000,-10		
19.	820	—	456	476	85-44	m	m	m	1	7,63.600.000,64.300.000,37.3	2	5,0,14.5.300.000,14.4.900.000	6	2,170.000.000,17.1.000.000,-10		
20.	829	—	454	468	83-69	94-08	95-79	98-25	3	2,5,18.000.000,16.250.000,18.8	2	2.5,17.200.000,16.2.000.000	40,5	1,174.000.000,17.3.650.000,20		
21.	831	—	452	460	83-71	94-09	95-85	98-31	2	1.5,16.200.000,16.1.000.000,11.3	2	1.5,16.200.000,16.1.000.000	33	2,174.100.000,17.4.300.000,20		
22.	830	—	450	440	83-73	93-50	95-97	95-83	2	1.5,16.200.000,16.1.000.000,11.3	2	1.5,16.200.000,16.1.000.000	33	2,174.100.000,17.4.300.000,20		
23.	826	—	452	420	85-44	m	m	m	1	—	—	—	—	—	—	
24.	821	—	452	400	85-44	m	m	m	1	—	—	—	—	—	—	
25. III 1940	810	—	453	382	85-44	m	m	m	1	—	—	—	—	—	—	

OPASKA

Rečenica retencija počinje u 572,500 m i o rečenici potreban je 945.800 m³ za 109 dana - 61.298.380 m³

Do prihvata iskorišćeno bilo je 360,800 m³ i ostalo je 572,500 m³ za 109 dana - 61.298.380 m³

Slika br. 4

ličina se uzvodno od St. Gradiške ne pogoršava, jer je maksimalni budući vodostaj u St. Gradiški $+ 850$ ili aps. kota 93.90 m n. m.

Kao buduća granična proticajna kočnina kroz St. Gradišku daje se $3390 \text{ m}^3/\text{sec}$, što odgovara kod starih stanja očitanju vodomjeru u St. Gradiški $+ 810$ ili aps. kota 93.50 m n. m. Polazeci sa principa usvojene i diktirane proticajne količine kroz St. Gradišku ustanovljeni su ostali hidraulički elementi bitno važni za rješenje problema odvodnje Lonjskog polja.

3. Reguliranje proticajnih vodnih količina — rješenje odvodnje

Kako se kod rješavanja problema poplava Lonjskog polja mora ustanoviti godina u kojoj su one bile najdugotrajnije, te imale stalni karakter porasta, to je uzet u razmatranje najnepovoljniji slučaj poplave iz godine 1940. Za tu godinu dobiveni su i točno registrirani dnevni vodostaji na vodomjerima u Lonjskom polju. Kako su medjutim te godine bile dugotrajne velike vode Save i unutarnjih vodotoka Lonjskog polja, koje medjutim nisu dosegle maksimalni vodostaj, koji je registriran 1937. god., to je vodnom valu najduljeg trajanja iz god. 1940. interpoliran vrhunski dio istotako dugotrajnog vodnog vala iz god. 1937. Trajanje velike savske vode godine 1940. u intervalu vodostaja St. Gradiška $+ 715$ od 3. XI. do maksimum $+ 812$ dne 25. XI., te padajućeg vodostaja $+ 711$ dne 4. XII. iznosilo je 32 dana. Sve druge velike vode unazad mnogo godina bile su manjeg trajanja u označenom intervalu vodostaja, izuzevši godinu 1937. Sa g. 1937. se nije moglo u cijelosti računati, jer za tu godinu ne postoje u cijelosti podaci vodostaja za vodomjere u polju, tako da je samo za vremenski interval od 10 dana pri najvišim vodostajima uzeta u obzir g. 1937. u interpolaciji vodnog vala iz godine 1940. Tako dobiveni najduži i najjači vodni val Save sa najjačom poplavom u Lonjskom polju poslužio je kao najnepovoljniji slučaj za rad na izučavanju maksimalne buduće protote u St. Gradiški. Po red okolnosti da g. 1940. imade dugotrajne savske velike vode, ona imade istovremeno i jak dotok unutarnjih voda. Za g. 1937. opet vrijedi ista okolnost, naime istovremeno sa jakim savskim vodama dolaze i jake unutarnje vode. S iznjitetim načinom, stvoren je vodni val Save i poplave Lonjskog polja, što je poslužilo kao osnova računanja postojeće poplave.

U uzdušnom profilu Lonjskog polja sa najnižim terenskim kotama ucrteane su vodne linije sa dnevno registriranim kotama poplave. Odsjeci osmatranja su područja: St. Gradiška — lovačka kuća na Vel. Strugu, lovačka kuća V. Strug — Krapje, Krap-

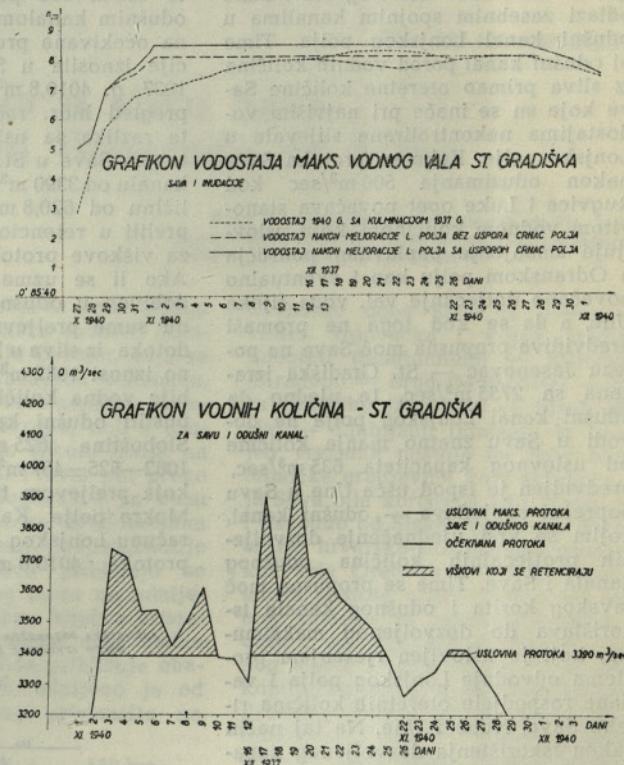
je — Preprost i Preprost — Posavski Bregi. Sume ΔQ za sve odsjeke poplavnog područja daju $\pm \Delta Q$ stanovitog dana, odnosno utjecaj retencije za taj dan. Ako se pri tome uzme za stanoviti dan protoka Save po konzumpcionali liniji, kao i protoke lijeve i desne inundacije, dobije se sumarni dotok, koji mora uslijediti kod St. Gradiške nakon ukidanja retencije Lonjskog polja. Tabelarno je prikazan cijeli račun po danima, t. j. od dana kada je započelo djelovanje retencije, pa sve do dana kada je ono prestalo djelovati. Utjecaj retencije prestao je onda kada je ulijevanje u Lonjsko polje doseglo kulminacioni vodostaj. (Slika br. 4).

Po ovom računu utjecaj retencije se više nije osjećao poslije kulminacije Save 21. XII. 1937. g., jer su toga dana registrirani najviši vodostaji na svim osmatranim vodomjerima. Padajući vodostaji u Lonjskom polju signaliziraju da je oticanje iz polja veće od doticanja u polje, a to je stanje nastupilo poslije 21. XII. 1937. Poslije 26. XII. 1937. nastaje opet stadij porasta vodostaja u polju koji traje sve do 25. XI. 1940. kod čega opet dolazi do izražaja utjecaj retencije, t.

retenciji bio je 21. XII. 1937. Kako je za svaki dan izračunat srednji sec. dotok u retenciju, to sume tih srednjih sec. dotoka od početka poplave do maksimalne poplave 21. XII. 1937. pomnožene sa 86.400 sec. daju zarezim vodom ispunjenog Lonjskog polja. Prema tabelarnom prikazu sumarni dotok u periodu punjenja iznosi $10857,6 \text{ m}^3/\text{sek}$. $86.400 \text{ sec} = 938,096.640 \text{ m}^3$.

Ukupno protjecanje kod St. Gradiške u pojedinim danima, kada ne bi bilo prirodne retencije, dobije se sumiranjem protoka Save (Q_3), Jurkovice kanala Q_3 , lijeve inundacije Q_1 i utjecaju retencije $\pm \Delta Q$ kako je to vidljivo iz tabelarnog prikaza hidrauličkog računa.

Već prije je istaknuto načelo, da nam ukupna maksimalna protoka kod St. Gradiške nesmije preći sumu od $3390 \text{ m}^3/\text{sec}$, to moramo svakodnevne razlike do punog iznosa očekivane protote odvoditi u posebnu za te količine predvidjenu vještačku retenciju. Time se dobije dnevna zaliha vještačkog retencionog bazena (u tabeli izraženo $3600,8 \cdot 86400 = 311,109.120 \text{ m}^3$). Kako savsko korito zbog stešnje-



Sl. br. 5

j. nastupa ponovno stadij kod kojega je doticanje u polje veće od oticanja iz polja. Kad ne bi uzeli interpolirani dio vodnog vala iz g. 1937. u danima od 16. XII. 1937. do 26. XII. 1937., koji po trajanju odgovaraju dijelu vodnog vala od 12. XI. 1940. do 22. XI. 1940. dobio bi se znatno manji utjecaj retencije, kako je to vidljivo iz priložene tabele. Najviši vodostaj na vodomjerima u

nosti kod St. Gradiške preuzima maks. protoku od $2755 \text{ m}^3/\text{sec}$ to se ostatak a dozvoljenoj protoci do $3390 \text{ m}^3/\text{sec}$, u iznosu od $635 \text{ m}^3/\text{sec}$ odvodi odušnim kanalom iz St. Gradiške. Odušni kanal zaobilazi St. Gradišku. Zaprsku za vezivanje odušnog kanala na Savu ispred St. Gradiške čini tjesno korito Save, koje se zbog naselja Stare i Bosanske Gradiške ne može proširivati.

4. Usklajivanje dobivenih rješenja sa općom problematikom Save i njihovih pritoka na potezu Zagreb — St. Gradiška

Rješenje problema pravilne odvodnje unutarnjih voda Lonjskog polja ne bi bilo efikasno bez jačeg zahvata, kojim se spriječava da nasipe preljevaju i prodiru prekomjerne vodne količine Save na potezu Rugvica — Galdovo (Sisak). Kao nužno se nameće riješiti hidraulički problem savske protoke u vezi sa mogućom propusnošću savskog korita na tom potezu. Za one vodne količine koje savsko korito na označenom potezu ne može primiti predviđaju se vještački (lateralni) preljevi kod Rugvice i Luke nedaleko Dubrovčaka. Oterećenje preljevima iznosilo bi cca. $250 \text{ m}^3/\text{sec}$ za svaki proljev t. j. ukupno cca. $500 \text{ m}^3/\text{sec}$. Savsku protoku smanjuju za taj iznos, moguće je kod Siska povećati jačim dotokom Kupe, koji će biti pospješen ograničenjem poplave dijela kupske velikih voda u Odranskom polju.

To se predviđa provesti ustavom na ušću rijeke Odre kod Siska. Preljevna voda Save kod Rugvice i Luke odlazi zasebnim spojnim kanalima u odušni kanal Lonjskog polja. Time bi odušni kanal pored vodnih količina iz sliva primao oteretne količine Save koje su se inače pri najvišim vodostajima nekontrolirane slijevale u Lonjsko polje. Kako se protoka Save nakon oduzimanja $500 \text{ m}^3/\text{sec}$ kod Rugvice i Luke opet povećava stacionitom vodom količinom, koju uslovljuje smanjenje poplavnog područja u Odranskom polju kao i eventualno povećano dotjecanje vel. voda rijeke Une, a da se kod toga ne promaši predvidiva propusna moć Save na potezu Jasenovac — St. Gradiška izražena sa $2755 \text{ m}^3/\text{sec}$, te ujedno da odušni kanal Lonjskog polja ne dovodi u Savu znatno manje količine od uslovnog kapaciteta $635 \text{ m}^3/\text{sec}$, predviđen je ispod ušća Une u Savu poprečni spoj Sava — odušni kanal, kojim se vrši ujednačenje dozvoljenih protjecajnih količina odušnog kanala i Save. Time se propusna moć savskog korita i odušnog kanala iskoristava do dozvoljenog maksima, koji je uslovljeno rješenjem problema odvodnje Lonjskog polja i valjane raspodjele oteretnih količina rijeke Save, Kupe i Une. Na taj način nakon iskorištenja dozvoljenog kapaciteta Save i odušnog kanala pojavljuje se čisti višak t. j. prekomjerne protjecajne količine koje se preljevom sprovode u vještačku retenciju za koju se predviđa koristiti područje Mokrog polja. Da se proljevna vodna količina što ravnomjernije raspodjeli uzduž preljevnog ruba predviđen je spojni kanal (Save — odušni kanal) velike širine (cca. 1000 m), tako da se ujednačenje vodnih nivoa Save i odušnog kanala vrši pri malom padu vodnog lica.

Odušni kanal kroz Lonjsko polje preuzima svu protoku vodotoka lonjskog sliva, čije protoke kod najnepovoljnije superpozicije sa preljevnim vodama Save u Rugvici i Luci čine maksimalnu protoku odušnog kanala. Kao kriterij za odredjivanje protočnog maksimuma uzeta je g. 1937. za koju je izvršena i bilanca vode računom po vodnim linijama. Istog dana kada je Sava dosegla kulminaciju u Rugvici +820 t. j. 17. XII. 1937., najveći relativni maksimum vodotoka Lonjskog polja iznosio je $581,80 \text{ m}^3/\text{sec}$. U ostalim godinama n. pr. 13. XI. 1925 bio je relativni maksimum $547,50 \text{ m}^3/\text{sec}$, a u Rugvici maksimalni vodostaj +930. Najnepovoljniji slučaj dotjecanja u odušni kanal daje preljevanje u Rugvici i Luci pri vodostaju +930 u Rugvici, te apsolutni maksimum vodotoka Lonjskog polja iz 1937. g. Prema tome najveća protoka u odušnom kanalu za potez od potoka Subočke nizvodno do spojnog kanala iznosi $500+581,8=1082 \text{ m}^3/\text{sec}$.

Ako se analizira uslovljena maksimalna protoka nizvodno od St. Gradiške koja iznosi $3390 \text{ m}^3/\text{sec}$ vidi se da je sastavljenja od $2755 \text{ m}^3/\text{sec}$ protote savskim koritom i Jurkovicom, te $635 \text{ m}^3/\text{sec}$ potrebnog propuštanja odušnog kanalom. Kako je maksimalna očekivana protoka Save i inundacije iznosila u St. Gradiški 19. XII. 1937. g. $4010,8 \text{ m}^3/\text{sec}$. (vidi tabelarni pregled hidr. rачuna Lonjsko polje), te razlika sa uslovljrenom max. protokom Save u St. Gradiški i odušnom kanalu od $3390 \text{ m}^3/\text{sec}$ daje vodnu količinu od $620,8 \text{ m}^3/\text{sec}$, koja se mora preliti u retencioni bazen predviđen za viškove protote u Mokrom polju. Ako li se uzme maksimum koji je dobiven u odušnom kanalu po računu sume preljevnih količina Save i dotoka iz sliva u Lonjsko polje (ukupno iznosi $1082 \text{ m}^3/\text{sec}$) te od toga odabije vodna količina, koju smije propustiti odušni kanal (bez dotjecanja Sloboštine $625 \text{ m}^3/\text{sec}$), dobije se $1082-625=457 \text{ m}^3/\text{sec}$ vodne količine koja preljevom treba ući u retenciju Mokro polje. Kako po hidrauličkom računu Lonjskog polja kod očekivane protoke $4010,8 \text{ m}^3/\text{sec}$ iznosi višak

koji se mora preliti u retenciju $620,8 \text{ m}^3/\text{sec}$, to se razlika $620,8-457=163,8 \text{ m}^3/\text{sec}$ preljeva kao isključivi dio protoka iz Savskog korita. (Sl. br. 6.)

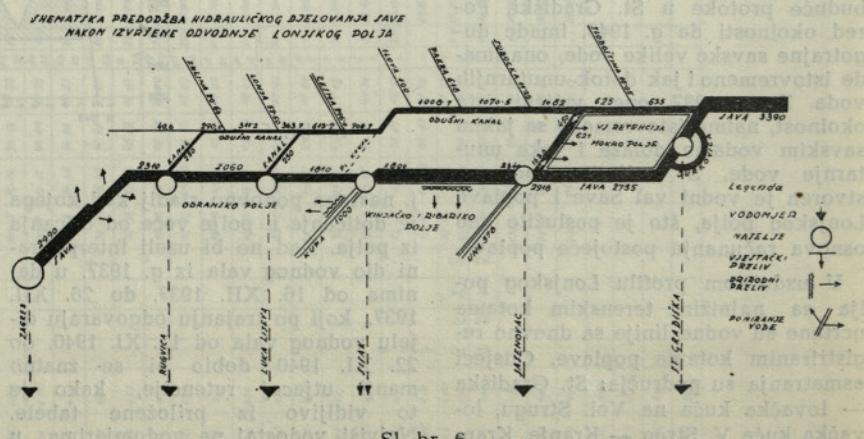
Zbog kontrole dobivenih rezultata kod hidrauličkog osmatranja Lonjskog polja po podacima iz g. 1940. i dodatka za g. 1937. proveden je uporedni hidraulični račun za god. 1947. Po rješenju za tu godinu rezultati se uglavnom poklapaju sa onim rezultatima koji su dobiveni za g. 1940 i dodatak za g. 1937. Vodna količina koja se mora retencirati u Mokrom polju po tom rješenju iznosi $3881,6 \text{ m}^3/\text{sec}$. $86400 = 335,370.440 \text{ m}^3$. Najveći višak u protoci Save i odušnog kanala koji se mora preliti u retenciju Mokro polje za tu godinu iznosi $547 \text{ m}^3/\text{sec}$. Ta je godina vrlo karakteristična stoga što je poplava u Lonjskom polju dosegla najviši nivo zbog uspora proizvedenog zatvaranjem Crnac polja nasipima. Taj se uspor odrazio u povišenju poplavnog nivoa u cijelom području Lonjskog polja. Djelovanje uspora u St. Gradiški markira nam očitavanje max. v. vode sa +863 koje do tada još nije zapaženo.

Osim predviđenih spojeva preljevima kod Rugvice, Luke i rasteretnog spojnog kanala Sava (Jasenovac) — odušni kanal, ne smiju se dozvoliti nikakva nekontrolirana komuniciranja zaobalnih i savskih voda. Zbog toga se predviđa zatvoriti ušće Trebeža zasipavanjem korita kod ušća i uspostava regulacionog smjera Save fiksnim lijevo - obalnim nasipom.

5. Nizinska akumulacija u Mokrom polju

Razliku u očekivanoj i dozvoljenoj protoci kod St. Gradiške, t. j. viškove kako je spomenuto treba retencirati u Mokrom polju.

Taj retencioni bazen predviđivo ima zauzeti područje na potezu Jasenovac — Stara Gradiška i Sava — odušni kanal. To područje je sa zapadne strane zatvoreno željezničkom prugom Novska—Jasenovac. Područje je pretežno šumovito, te akumulacija suviše vodne količine neće štetno



djelovati, tim prije što je to područje i sada uvijek pod vodom. Vrijeme zadržavanja vode u tom bazenu prema računu u tabeli hidrauličkog računa te grafičkom prikazu retenciranja vodnih količina iznosi max. 40 dana. Retencioni bazen ima najdublje mjesto na koti 89 m n. m. Prema tabelarnom izkazu hidrauličkog računa potrebna zapremina bazena dobije se, kada se od dnevnih dotoka izraženih sumom zapremine prirodne retencije za dotične dane i količine prirodnog oticanja za iste dane odbiju količine voda koje treba po računu odvoditi Savom, odušnim kanalom i Jurkovicom.

Zbroj dnevnih količina, koje treba retencirati, pojavljuje se kao maksimum u osmatranom periodu vremena te daje potrebnu zapremenu retencije. Izraženo u ukupnom dotoku iznosi: $3600,8 \text{ m}^3/\text{sec} \cdot 86400 \text{ sec} = 311,109.120 \text{ kubičnih metara}$. Sam bazen ima zapreminu $372,390.000 \text{ kubičnih metara}$. Iako je za retenciranje Lonjskog i Mokrog polja potrebna zapremina $311,109.120 \text{ m}^3$, to razlika do

Ing. Jakob Bezljaj

Utjecaj retencija u slivu Save na uslove plovidbe od Beograda do Siska

Tema je rađena na osnovu istoimene studije, koja je bila izrađena u Projektantskom zavodu za riječni saobraćaj, Beograd, uz saradnju ing. K. Bobrova.

Dužina plovnih puteva u našoj zemlji iznosi 1703 km, od čega odпадa na plovnu Savu 592 km odnosno 34%.

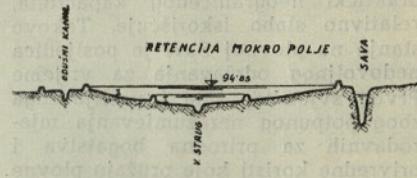
Cjelokupna teritorija FNRJ u površini od 256.500 km^2 (100%) dijeli se u tri osnovna sliva. Najveći je crnomorski sliv, koji zahvaća površinu 176.980 km^2 , odnosno 69,5% od državne teritorije. Sliv Save ima površinu 95.197 km^2 ili 37,1% od ukupne površine naše zemlje. Praktički se može smatrati da čitav sliv Save leži na teritoriji naše zemlje, te je raspolaganje s vodama iz toga sliva isključivo naše suvereno pravo.*

Sava se kao najveća pritoka Dunava, koji ima površinu sliva 817.000 km^2 uključuje u razgranatu podunav-

predviđene zapremine ostaje kao raspoloživa rezerva. Ostaje raspoloživo $61.281.380 \text{ m}^3$. Prema prednjem izlaganju predviđena nizinska akumulacija može primiti sve potrebne vodne količine, koje se pokazuju kao višak u predviđenoj protoci Save i odušnog kanala nakon ukidanja prirodne retencije u Lonjskom polju.

Iz tabelarnog prikaza hidrauličkog računa retencije Lonjsko polje vidljivo je da ukupna poplavna voda u polju iznosi $938,096.640 \text{ m}^3$. Nakon melioracije biti će poplavljeno samo Mokro polje sa $311,109.120 \text{ m}^3$. Znači da se ukupna poplavna zapremina reducira za $\frac{2}{3}$. Međutim lokalizacijom poplavne površine Lonjskog polja na omedjenu površinu Mokrog polja, smanjuje se poplavna površina za $\frac{8}{9}$ poplavom ugrožene površine Lonjskog polja. Poplavna površina Mokrog polja iznosi 10600 hektara. Maksimalni nivo koji smije doći voda u retenciji uslovljava se sa kotom 94,85 m n. m. Područje bazena Mokrog polja predviđa se podijeliti nasipima na dvije

zone punjenja sa smjerom prostiranja uzduž bivšeg korita Vel. Struga. Kod punjenja retencije preljevnom vodom (viškovima protoke) prvo se ispunjava prostor najdublje zone. To će područje najčešće i najdulje biti izloženo poplavi. U drugoj zoni će poplavljivanje biti rjeđe. Time bi najviši djelovi Mokrog polja bili plavljeni tek možda svake 10 godine, te bi se mogli poljoprivredno iskoristavati.



Sl. br. 7. — Nizinska retencija Mokro polje.

Ispuštanje vodne količine iz retencije vršiti će se pomoću ispusne splavnice na uštu Vel. Struga i pomoću ispusne splavnice u 11,5 km odušnog kanala (potok Lebac).

DK 627.423 (282.243.743)

sku vodnu mrežu, koja sa jedne strane preko bogate Panonske ravnice dopire duboko u Srednju Evropu, gdje se povezuje sa saobraćajnim sistemom, koji gravitira u sjevero-zapadna i sjeverna pristaništa Evrope, dok s druge strane prirodnim tokom izbjiga na obalo Crnoga mora. Plovni put preko Crnoga mora je dugačak i za vezu naše plovne mreže sa Sredozemnim morem je zaobilazan. Najistaknutije točke savskog sliva približuju se obalama Jadranskog mora na udaljenost svega oko 15 km. Riječno pristanište u Sisku, iz sklopa naše vodne mreže, koje se najviše približuje obali Jadranskog mora, udaljeno je od najbližeg pomorskog pristaništa na Rijeci:

po zračnoj liniji	150 km
po cesti	220 km
po željezničkoj pruzi	280 km.

Iz navedenog, kratkog geografsko-geopolitičkog položaja Save vidi se da postoje važni prirodni uslovi, da Sava može i mora biti snažna saobraćajna magistrala u sklopu saobraćajnih mreža unutar i izvan naše zemlje.

Vrijednost Save, kao saobraćajnog puta, dokazuju nam već istorijski spomenici, koji se nalaze duž Save.

U rimsko doba Sava je povezivala važna trgovacka i vojna središta, Beograd (Singidunum) — Mitrovicu (Sirmium) — Brod (Morisonia) — Staru Gradišku (Servium) — Sisak (Siscia) — Ljubljani (Emona). Iz kasnijeg vremena postoje na Savi hidrotehničke građevine koje svjedoče da je Sava bila korištena kao plovni put i uzvodno od Siska. Kod sela Jasenica na hrvatsko-slovenačkoj granici i kod sela Orehova u blizini Zidanog mosta postoje obalni zidovi od tesanog kamena za pristajanje ladja. U uzanoj savskoj dolini između Zidanog mosta i Litije nalazi se na obali kopitnička staza, a kod Mošćenika i Prusnika nalaze se u živoj stijeni udubljeni žlebovi — plovni kanali gdje su ladje vukli uzvodno volovi i konji. U Ljubljani postoje uz Ljubljanicu ulice s nazivom »Trnovska« i »Krakovski pristan«.

U donjem toku Sava zajedno sa velikim dijelom Dunava i njegovim pritokama i kanalima leži u bogatim poljoprivrednim predjelima. U srednjem i gornjem toku Sava dodiruje, odnosno kroz doline njezinih desnih pritoka, ulazi u područja bogata ruda i šumama gdje ima velikih mogućnosti za iskorištavanje vodne snaage te na taj način postoje povoljni

uslovi za izgradnju raznovrsne industrije. Nakon oslobođenja pristupilo se ovoj izgradnji u cilju elektrifikacije i industrializacije, te time i privrednog osamostaljenja naše zemlje. Time Sava, kao prirodni saobraćajni put, povezuje prostrane područja različitih privrednih struktura, koja se kroz razmjenu proizvodnih dobara svrši shodno privredno dopunjaju.

Danas se Sava, kao plovni put praktički neograničenog kapaciteta, relativno slabo iskorišćuje. Takovo stanje na plovnoj Savi je posljedica nedovoljnog održavanja za vrijeme Prvog svjetskog rata i poslije toga zbog potpunog nerazumjevanja mjerodavnih za prirodna bogatstva i privredne koristi koje pružaju plovne rijeke, te je ostalo u naslijedje novoj Jugoslaviji da te pogriješke ukloni odnosno ispravi. Riječno korito Save je gotovo čitavo još danes u stanju, kako ga je stvorila priroda. Zato se kod niskih vodostaja pojavljuju na plovnom putu prepreke koje ometaju plovidbu. Plovidba na Savi se sada, za vrijeme malih voda ograničuje u pogledu iskoristavanja tovarnog prostora, radi smanjenja gaza (tonjenja) plovila, a u sušnim godinama prekida se, ponekad i za nekoliko mjeseci. Ograničenje i prekidi plovidbe redovno se pojavljuju za vrijeme ljetnih mjeseci, u doba neposredno poslije žetve, dakle tada, kada postoje najveće potrebe za transportom one vrste robe, koja po svojoj saobraćajnoj karakteristici pripada riječnom transportu.

U cilju očiglednog prikazivanja navedene pojave niskih vodostaja, sastavljeni su naročiti grafikoni trajnosti vodostaja po kvartalima, koji prvenstveno služe za potrebe saobraćajne hidrotehnike. Takovi grafikoni u praksi do sada nisu bili poznati. Primjer takvog grafikona prikazan je na slici br. 1. gdje su nacrtane godišnje i kvartalne linije prosječnog trajanja vodostaja za vremensko razdoblje od 1931 do 1940 godine, linije trajnosti za izrazito vlažnu 1934 godinu i linije trajnosti za izrazito sušnu 1936 godinu, sve za vodomernu stanicu kod Jasenovca.

Postojeće loše stanje uslova za plovidbu na Savi nanosi našoj narodnoj privredi znatne štete, budući da je time, onemogućeno korišćenje onih prednosti koje su specifične za transport na vodnim putovima, a to su prvenstveno niske transportne tarife. Glavne tehničke i druge prednosti koje pružaju plovne rijeke su: povoljan odnos mrtvog i korisnog tereta, potrebna mala vučna sila, niska nabavna cijena plovila i jeftin, od prirode stvoren, saobraćajni put. Također eksploracija i održavanje plovnih puteva je znatno jeftinije od željezničkih pruga, ako su plovni putevi jednom izgradjeni i sistematski održavani, naravno ako su u odgovarajućoj mjeri korišteni.

Kao klasičan odnos između troškova transporta po tonskom kilometru za riječni i željeznički prevoz, uzima se omjer 1:3. Sava je od Beograda do Siska plovna na dužini od oko 600 km. Ta dužina plovnog puta odgovara za istu relaciju dužini od oko 370 km željezničke pruge. Kod navedenog klasičnog odnosa transportnih troškova, stvarna, opća ekonomski korist za narodnu privrodu od riječnog transporta na relaciji, Beograd — Sisak i obratno iznosi 600:370×3 to je jednako 600:1110 ili približno, 1:2 u odnosu na transport željeznicom.

Navedeni kratki ekonomski osvrt na koristi koje pruža plovidba na plovnim rijekama zahtijeva da se prouče sve mogućnosti za poboljšanje uslova plovidbe na Savi. Zato je kod izrade vodoprivredne osnove za sliv Ljubljjanice izradjena posebna studija, kojom je proučen utjecaj retencija, za koje se previdja da će se u tom slivu izgraditi, na uslove plovidbe na plovnoj Savi od Siska do Beograda.

Sistematskoj obradi vodoprivrednih osnova u našoj zemlji se tek pristupa. Iako svaki sliv ima svoje specifične posebnosti, utjecaj smanjenja protjecajnih količina velikih voda i povećanja protjecajnih količina malih voda na poboljšanje uslova plovidbe na plovnim rijekama je isti. Ovome se u načelu teži kod izrade vodoprivrednih osnova, a najdjelotvornija mjera kojom se to stanje postiže jest izgradnja rentacionih spremišta. To se naravno odnosi samo na one dionice plovnih rijeka, koje leže nizvodno od pritoka na kojima su rentaciona spremišta izgradjena. Iz toga razloga, a u cilju da bi se mogle pravilno procjeniti koristi, koje se na taj način postižu za plovidbu, kod razrade vodoprivrednih osnova za pojedine slivove, ova studija je tako obradjena da se može koristiti za čitav tok plovne Save od Siska do Beograda, pa ma sa koje pritoke dolazi u Savu, koje bilo povećanje protjecajnih količina malih voda. Na taj način izradjena studija ima opći značaj, te pretstavlja koristan doprinos rješavanju kako vodoprivrednih osnova pojedinih pritoka, tako i rješavanju opće vodoprivredne osnove naše Save.

Po naslijedenoj tradiciji danas se još nastoji, na Savi održavati potrebne plovne dubine kod malih voda, putem bagerskih radova. U razdoblju između dva svjetska rata bilo je na Savi izbagerovano oko 5,500.000 m³ riječnog nanosa. Bagerovanjem su bili izvjesni plićaci potpuno uklonjeni. Međutim još uvijek ima plićaka, koje se mora bagerovati svake godine ili svakih nekoliko godina. U posljednje se vrijeme na Savi u području pojedinih većih plićaka izvode regulacije za malu vodu. Regulacionim radovima se postižu trajniji rezultati, ali su srazmjerne skupi. U izvjesnim se slučajevima i na taj način ne mogu postići zadovoljavajući

rezultati. To je redovno slučaj na onim dionicama, gdje je odnos između pada vodnog lica i protjecajnih količina malih voda vanredno nepovoljan.

Povećanjem protjecajnih količina vode kod niskih vodostaja, mogu se na Savi smanjiti po broju i po obimu postojeće prepreke za plovidbu. Izvjesne prepreke će samim povećanjem dubina nestati. Na drugim mjestima će se smanjiti obim eventualno još potrebnih bagerovanja i na mjestima gdje se nameće potreba za izvedbu regulacionih radova, željeni rezultati će se lakše i pouzdano postići.

Izgradnja retencija će prema tome u odnosu na plovnu Savu, našem narodnom gospodarstvu, koristiti time što će se smanjiti obim i troškovi za održavanje plovnog puta i što će se uslijediti toga plovni put bolje i više koristiti. Zato su na kraju ove studije navedene koristi uz izvjesne prepostavke i procjene prikazane u novčanim vrijednostima.

Kod korištenja rezultata, do kojih se došlo u studiji, potrebno je uzimati u obzir, da je studija radjena na bazi raspoloživih hidroloških, geoloških i drugih podataka, koji su doista oskudni i do izvjesne mjere nedovoljno pouzdani, ma da je izvršeno provjeravanje istih. Uslijed navedene manjkavosti pojedinih potrebnih podataka, kao i uslijed toga što je postavljeni cilj studija, od generalnog značaja, to su hidraulička računanja izvedena uz izvjesne, opravdane pretpostavke na jednostavan, približan način. No osnovni rezultati proučavanja mogu se smatrati dovoljnim za razmatranje i ocjene raznih vodoprivrednih rješenja u odnosu na uslove plovidbe na Savi, kao jednog od značajnih vodoprivrednih problema Save.

U studiji je čitav tok plovne Save obzirom na karakteristike uzdužnog profila, podjeljen na jedanajst, odnosno dvanajst dionica. Upadljivo je, da su dionice na uzvodnom dijelu toka kraće od onih nizvodno. To se opravdava time što su na gornjem toku padovi promjenljiviji i što tu postoji više prepreka za plovidbu.

Iz razmatranja u studiji su isključene dionice koje obuhvaćaju sektore: »Šamački i Račanski«. Te dionice se imaju smatrati kao posebni režimi sa vrlo nepovoljnim i promjenljivim uslovima za plovidbu. Tu postoji brojni obimni plićaci sa izuzetno velikim padovima vodnih lica malih voda. Uslijed vrlo velikih razlika u proticajnim količinama velikih i malih voda, kao i uslijed neobično velikih količina pokretnog nanosa od šljunka, koji donose u Savu rijeke Bosna i Drina i koga ostavljaju nizvodno od svojih utoka, uredjenje Šamačkog i Račanskog sektora za plovidbu je prvenstveno usko povezano sa radovima na regulacijama tih rijeka i sa vodoprivrednim uredjenjem te saniranjem njihovih slivnih područja.

TABELA 1

Red. broj	km	Naziv vodomjera	Kote nulte točice "O"	Najmanji vodostaj	Etiage navigable 1941-50	Mala voda 1941-50	Proticaine Q od E. N. m³/sec
1	2	3	4	5	6	7	8
1.	585	Galdovo	91,47	-152	-136	-123	55
2.	507	Jasenovac	86,82	-58	-34	-18	75
3.	365	Slavonski Brod	81,80	-22	-6	+ 4	130
4.	135	Sremska Mitrovica	72,22	-	+ 23	+ 42	237
5.	103	Šabac	72,52	-83	-66	-55	237
6.	-	Beograd	68,23	-166	-100	-74	350

Na osnovu pisanog uzdužnog profila rijeke Save, sastavljenog prema podatcima niveliranja vodnih lica u vremenu od 1933 do 1949 godine reduciranih na stanje najmanje vode iz 1946 godine, odredjeni su za pojedine dionice prosječni i maksimalni padovi vodnog lica. Prosječne širine odgovarajućeg vodnog lica male vode odredjene su na osnovu fotogrametrijskog snimka Save snimljenog za vrijeme niskog vodostaja 1947 godine.

Spisak usvojenih dionica sa kilometražom i ostalim potrebnim podacima za hidraulički račun, prikazan je u tabeli br. 2.

Budući da je usvojen paraboličan protjecajni profil korita za malu vodu, to su na ivici plovног žljeba (kinate) dubine vode manje od dubina u sredini žljeba.

Odgovarajući su računom određene dubine na ivici plovног žljeba širine 50 m i zatim potrebne dubine u sredini korita za malu vodu. Rezultati toga računanja sredjeni su u tabeli br. 4.

Da bi se na ivici plovног žljeba postigle najmanje potrebne dubine vode od 2,40 m odnosno u sredini riječnog korita dubine koje su označene u koloni 9 tabele br. 4, imaju se protjecajne količine vode u odgovarajućoj

TABELA 2

Red. broj	km od — do	Dionica	Projecaine količ. kod E. N., Q m³/sec	Pad „I“ kod E. N.			Širina kota „B“ m
				5	6	7	
1	2	3	4				
1.	583—561	I	Sisak-Gušće	75	18,70	7,85	100
2.	561—544	II	Gušće-Lonja	75	14,00	4,05	115
3.	544—520	III	Lonja-Drenovbok	75	8,30	2,20	115
4.	520—506	IVa	Drenovbok-Jasenovac	75	5,40	4,32	120
5.	506—494	IVb	Jasenovac-Mlinarice	93	16,70	4,32	120
6.	494—459	V	Mlinarice-B. Gradiška	93	5,00	1,52	125
7.	459—421	VI	B. Gradiška-Davor	93	15,00	3,83	125
8.	421—396	VII	Davor-Kočaš	100	12,20	3,70	150
9.	396—308	VIII	Kočaš-Šamac	130	18,00	2,60	175
10.	287—176	IX	Šamac-Rača	200	25,00	2,03	200
11.	171—65	X	Rača-Kupinovo	237	17,70	4,20	250
12.	65—	XI	Kupinovo-Beograd	350	11,50	3,50	250

Na osnovu podataka iz tabele br. 2 odredjene su konsumpcionne krivulje za različite dubine vode na pojedine dionicama po obrascu:

$$Q = \frac{2}{3} B \cdot T \cdot C \sqrt{IT} = \\ = 0,67 B \cdot C \cdot T \sqrt{I} = K \cdot C \cdot T \\ \text{gdje je: } K = 0,67 B \sqrt{I}$$

Izračunati podaci su sredjeni u tabeli br. 3.

Konsumpcionne krivulje su grafički prikazane (grafikon br. 2) za pojedine dionice, te su prema istima interpolacijom odredjene dubine vode u sredini korita, koje odgovaraju protjecajnim količinama kod usvojenog najnižeg plovног vodostaja. Tako određene dubine sastavljene su u koloni 3. tabele br. 4.

mjeri, povećati za pojedine dionice.

Potrebno povećanje protjecajnih količina vode, računski je ustavljeno uz pretpostavku, da će i pri povećanoj dubini vode ostati iste širine reguliranog korita za malu vodu. U tabeli br. 5 prikazane su u koloni 10 potrebne dodatne protjecajne količine vode, a u koloni 10 je odredjen procenat za koji se imaju na pojedinim dionicama povećati postojeće protjecajne količine kod usvojenog najnižeg plovног vodostaja.

Pod utjecajem povećanja protjecajnih količina malih voda, kao i pod utjecajem regulacionih radova, koji će se morati eventualno još poduzimati, postojeći će se maksimalni padovi, na kritičkim plićacima svakako do izvjesne mјere smanjiti i ublažiti.

Za izradu predloga uredjenja tih sektora za plovidbu potrebno je imati znatno više podataka no što se danas raspolaze, te i taj razlog opravdava, što u studiji nisu sprovedena odgovarajuća razmatranja za uredjenje navedenih sektora. No očigledno je da će prisustvo dodatnih protjecajnih količina vode kod niskih vodostaja pružati povoljnije uslove za rješavanje regulacije za malu vodu na spomenutim sektorima.

Sličan je slučaj kod XI dionice Save, od Kupinova do Beograda. Ova dionica je pod stalnim utjecajem vodostaja Dunava. Zato se za tu dionicu ne mogu u svemu primjenjivati isti postupci kao kod ostalih dionica. Na Savi od Beograda do Kupinova ima više mjesta gdje je rječno korito prilično prošireno i gdje postoje ostrva. Pod utjecajem Dunava se na tim mjestima talože znatne količine nanosa. Potrebne dubine u plovном putu se stvaraju bagerovanjem. Posljednjih godina pristupilo se sistematskom izvodjenju srazmjerno velikih regulacionih radova za malu vodu.

Cijela studija o potrebi dodatnih protjecajnih količina za malu vodu izradjena je na postavljenom zahtjevu da se Sava ima sposobiti za plovidbu sa plovilima koja imaju pod punim teretom gaženje od 2,10 m, odnosno zahtjevaju najmanju plovnu dubinu od 2,40 m. Ovaj je zahtjev bio postavljen na osnovu rješenja G. D. R. S. Pov. br. 1914/47 kojim je rješenjem tadašnjem Ministarstvu saobraćaja propisalo da se za plovidbu na rijekama i u kanalima FNRJ usvoji teretnjak, (šlep) nosivosti 1000 tona. Sa takvim teretnjacima, naša brodarstva u malim brojevima već sada raspolazu.

Osnovni cilj hidrauličkog računa obuhvaćenog u studiji, temelji se na zahtjevu, da se odrede za pojedine dionice Save minimalne potrebne protjecajne količine vode, kod kojih po cijeloj širini plovног žljeba ima dovoljnih plovnih dubina. U računu je predpostavljeno, da dio riječnog korita za malu vodu ima parabolični profil. Hidraulički računi su izvedeni za sve dionice, a za svaku od njih su prethodno odredjeni osnovni elementi kao: najniži plovidbeni vodostaj, postojeće protjecajne količine vode kod tog vodostaja, maksimalni i prosječni padovi vodnog lica te širina korita za malu vodu.

Usvojeno je, da se za određivanje najnižeg plovidbenog vodostaja na Savi primjeni princip, kojim se određuje uslovni plovidbeni vodostaj, Etiage navigable »EN« za Dunav. Za pojedine vodomjere na Savi odredjene su zatim protjecajne količine vode, koje odgovaraju tako usvojenom najnižem plovidbenom vodostaju.

Prikupljeni i obradjeni podaci sredjeni su u tabeli br. 1.

Red. broj	Dionica	Količina vode „Q“ m ³ /sec	Širina korita „B“ m	Pad „l“	VI	K=0,67. B V ₁	Protjecajna količina „q“ za				
							T = 1,0 m T ₂ ³ = 1,0 C = 30,7 m ³ /sec	T = 1,5 m T ₂ ³ = 1,84 C = 37,6 m ³ /sec	T = 2,0 m T ₂ ³ = 2,83 C = 40,4 m ³ /sec	T = 2,5 m T ₂ ³ = 3,98 C = 42,6 m ³ /sec	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	
1.	I	75	100	0000187	0,0136	0,91	28	63	104		
2.	II	75	115	0000140	0,0118	0,90	27,7	62,5	102,5		
3.	III	75	115	0000083	0,0091	0,70	21,5	48,2	80		
4.	IVa	75	120	0000054	0,00735	0,59	18,2	41	67,5	100	
5.	IVb	93	120	0000167	0,0129	1,045	32	70,5	119		
6.	V	93	125	0000050	0,0071	0,59	18,2	41	67,5	100	
7.	VI	93	125	0000150	0,0122	1,02	31,6	70,1	117		
8.	VII	100	150	0000122	0,0110	1,10	33,8	76,8	126		
9.	VIII	130	175	0000180	0,0134	1,57	48,3	109	179		
10.	IX	200	200	0000250	0,0158	2,12	65	146	243		
11.	X	237	250	0000177	0,0133	2,22	68	154	256		
12.	XI	350	250	0000115	0,0107	1,79	55	124	204	304	

TABELA 4

Dionica	Širina „B“	Dubina u sredini korita	B ² 4	2p = B ² 4T	ΔT = 625 2p	Dubina na ivici korita T _{eg} = T - ΔT	2,40 - Γ ₅₀	Potrebna dubina u sredini korita T _p
1	2	m	m	m	m	m	m	m
I	100	1,65	2.500	1,515	0,41	1,24	1,16	2,81
II	115	1,69	3.306	1,956	0,32	1,37	1,03	2,72
III	115	1,90	3.306	1,740	0,36	1,54	1,86	2,76
IVa	120	2,12	3.600	1,698	0,37	1,75	0,65	2,77
IVb	120	1,76	3.600	2,045	0,31	1,45	0,95	2,71
V	125	2,40	3.906	1,625	0,39	2,01	0,39	2,79
VI	125	1,77	3.906	2,203	0,28	1,49	0,91	2,68
VII	150	1,72	5.625	3,270	0,19	1,53	0,87	2,59
VIII	175	1,65	7.656	4,640	0,13	1,52	0,88	2,53
IX	200	1,80	10.000	5,556	0,11	1,69	0,71	2,51
X	250	1,90	15.625	8,244	0,08	1,82	0,58	2,48
XI	250	2,69	15.625	5,809	0,11	2,58	—	—

TABELA 5

Dionica	T _p m	C	V ₁	T _p ³	B	Q _p po- trebno	Q _p m m ³ /sec	Q _p m ³ /s c m ³ /sec	Q _p posto- jeće	0,75 Q _p — Q _p = q	Odnos q : Q
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	
I	2,81	44,0	0,0136	4,70	100	188	142	75	67	88%	
II	2,72	43,7	0,0118	4,49	115	177	134	75	59	78%	
III	2,76	43,8	0,0091	4,60	115	142	106	75	31	41%	
IVa	2,77	43,9	0,00735	4,62	120	120	90	75	15	20%	
IVb	2,71	43,6	0,0129	4,46	120	200	151	93	58	61%	
V	2,79	44,0	0,0071	4,65	125	122	93	93	—	—	
VI	2,68	43,5	0,0122	4,40	125	196	147	93	54	58%	
VII	2,59	43,2	0,0110	4,17	150	199	149	100	49	49%	
VIII	2,53	42,9	0,0134	4,03	175	270	203	130	73	55%	
IX	2,51	42,8	0,0158	3,98	200	360	271	200	71	35%	
X	2,48	42,7	0,0133	3,92	250	274	280	237	43	18%	

Tome će smanjenju padova doprinjeti i smanjenje pronašenja nanosa, a koje se može očekivati da će nastupiti na Savi pod utjecajem akumulacionih bazena, koji će se izgraditi. Međutim ne može se očekivati, da će se maksimalni padovi smanjiti u toj mjeri, da bi se postiglo izravnjanje padova na pojedinim dionicama. Unaprijed odrediti, do koje će se mjeru maksimalni padovi smanjiti, je skoro nemoguće.

Uporedjujući odnos maksimalnih i prosječnih padova na pojedinim dionicama može se sa dosta pouzdanja pretpostaviti, da će se maksimalni padovi smanjiti barem za oko 50% od sadanje vrijednosti. Ta pretpostavka je u hidrauličkom računu uzeća u obzir, tako da su i po računu određene proticajne količine za postizavanje uslovljenih plovnih dublina vode kod najmanjeg plovnog vodostaja smanjene za 25%.

Kao što je bilo napred rečeno studija »Utjecaj retencija u slivu Save na uslove plovidbe od Beograda do Siska« bila je izradjena s namjerom, da se ispita ekonomski efekat koji mogu retencije pružati plovidbi na Savi. Očigledno je da se u konkretnom slučaju taj efekat ne može u cijelini izraziti u novčanoj vrijednosti, no i u koliko bi se to učinilo, tako odredjene svote mogu koristiti samo

za aproksimativne, okvirne proračune kod planiranja i usklajivanja pojedinih problema i interesa, pri sastavljanju generalnih vodoprivrednih osnova.

Najznačajnije ekonomske vrijednosti koje se mogu tako postići su smanjenje troškova održavanja plovog puta i povećanje koristi od boljeg i većeg korištenja Save za transport.

Kod određivanja smanjenja troškova održavanja plovog puta, predstavljeno je, da se potrebne plovne dubine za saobraćaj sa teretnjacima nosivost 1000 tona održavaju u glavnom putem bagerovanja. Da bi se odredile globalne količine potrebe takvog bagerovanja, ucrtano je u uzdužnom profilu Save dno kinete sa dubinom 2,40 m ispod uslovljenog najnižeg plovidbenog vodostaja. Na osnovu tako određenih dužina i procjenjenog prosječnog poprečnog profila prokopa (kinete) izračunate su po pojedinim dionicama, za svaki pličak količine koje bi se u tom slučaju morale izbagerovati. Zatim su svi pličaci rasporedjeni u četiri kategorije, prema tome kako se ima često koji pličak bagerovati. U prvu kategoriju su svrstani pličaci koje se mora bagerovati svake godine. Zatim dolaze u drugu kategoriju pličaci koji se bageruju do na svake 5 godine, pa pličaci, koji se bageruju od svake 5 do 10 godine i konačno u četvrto kategoriju unešeni su pličaci gdje iskopane prokope ne treba više obnavljati. Pošto je izvršeno preračunavanje svake kategorije pličaka na jednogodišnje količine bagerovanja izračunato je za koliko se m^3 smanjuje obim bagerovanja, po pojedinim dionicama, za svaki m^3 dodatnih protjecajnih količina vode.

Podaci o količinama bagerovanja po pojedinim dionicama sredjeni su u tabeli br. 6.

Hidrauličkim računom potrebnih dodatnih protjecajnih količina vode bilo je ustanovljeno da te količine za I. dionicu iznose $67 m^3/sec$ i da je naredna veća količina od $73 m^3/sec$ potrebna za VIII. dionicu. Zato su sve potrebne količine bagerovanja po dionicama počam od I do uključivo VII dionice sabrane i zatim podijeljene sa 67, te na taj način izračunati iznos od $9714 m^3$ predstavlja količinu materijala, za koliko se smanjuje obim potrebnog bagerovanja na odjelu Save koji obuhvata dionice od I. do VII.

Na isti način određen je iznos od $2.116 m^3$ za odsjek Save koji obuhvata dionice od VIII. do X.

Očigledno je, da će dodatne količine vode u Savi smanjiti obim bagskih radova odnosno obim potrebnih regulacionih radova i na Račanskom te Šamačkom sektoru kao i u području XI. dionice, gdje postoje za plovidbu posebni režimi, i koje dionice imaju se u pogledu uredjenja posebno traktirati, kako je to već naprijed objašnjeno.

TABELA BR. 6

D i o n i c a	Godišnje količine bagerovanja po kategorijama pličaka i ukupno											
	Količine bagerovanja po kategorijama pličaka			Godišnje količine bagerovanja po kategorijama pličaka i ukupno								
	I	II	III	IV	I	II	III	IV	Švega	m^3	m^3	m^3
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
1. I	Sisak — Gušće	583—561	433.869	—	55.688	—	433.869	—	7.424	—	441.293	67
2. II	Gušće — Lonja	561—544	3.645	104.490	405	—	3.645	41.796	54	—	45.495	59
3. III	Lonja — Drenovbok	544—520	56.092	69.255	—	—	56.092	27.702	—	—	83.794	31
4. IVa	Drenovbok — Jasenovac	520—506	—	—	—	11.745	—	—	—	—	—	15
5. IVb	Jasenovac — Mlinarica	506—494	—	61.762	30.375	10.125	—	24.705	4.050	—	28.755	58
6. V	Mlinarica — B. Gradiška	494—459	—	—	43.537	13.673	—	—	5.805	—	5.805	—
7. VI	B. Gradiška — Davor	459—421	—	16.710	280.568	—	—	6.684	37.409	—	44.093	54
												650.755
8. VII	Davor — Kobaš	421—396	—	4.050	—	63.690	—	1.620	—	—	1.620	49
9. VIII	Kobaš — Šamac	396—308	—	156.435	163.846	64.800	—	62.574	21.846	—	84.420	73
10. IX	Šamac — Rača	288—176	—	142.268	—	73.207	—	56.907	—	—	56.907	71
11. X	Rača — Kupinovo	171—65	—	31.387	4.860	—	—	12.555	648	—	13.203	43
12. XI	Kupinovo — Beograd	65—0	212.003	—	34.425	8.707	212.003	—	4.056	—	216.059	—
	Šamački sektor	308—288	—	237.936	—	—	95.174	—	—	—	95.174	—
	Račanski sektor	176—171	49.815	—	—	49.815	—	—	—	—	49.815	—
												261.048
												Ukupna godišnja količina bagerovanja 1.066.333

Kada bi se htjelo samo bagerovanjem osposobiti za plovidbu ove, posebne dionice Save, tada bi bilo potrebno godišnje izbagerovati na istima oko 360.000 m^3 materijala. Ove dionice raspoređene su na Savi nizvodno od VIII. dionice. Prema tome, ako hoćemo odrediti za koliko se na tim, posebnim dionicama smanjuje obim bagerovanja od svakog m^3/sec dodatne količine vode, tada se ima količina od 360.000 m^3 podjeliti sa 73, te se na taj način dobiva vrijednost od 4.946 m^3 . Budući da se iz napred izloženih razloga ne može očekivati, da bi se te dionice osposobile za plovidbu samo bagerovanjem, to je procjenjeno, da se kao korist od smanjenja troškova održavanja za te dionice usvoji samo 50% od proračunatih količina bagerovanja materijala odnosno 2473 m^3 .

Za cijelu dužinu plovne Save se prema tome kod svakog m^3/sec dodatnih količina vode, koji se u Savu dodaje kod Siska, obim bagerovanja smanjuje za: $9.714 + 2.116 + 2.473 = 14.303 \text{ m}^3$.

Cijena za svaki m^3 izbagerovanog materijala zajedno sa troškovima remorkaže bagerskih jedinicama na mjesto rada i sa troškovima projektiranja iznosi prosječno 200.— din.

Prema tome godišnje bi se uštedjelo na bagerovanju u cilju održavanja plovног puta na Savi oko 2.860.600 dinara odnosno zaokruženo 2.850.000 dinara za svaki m^3 dodatnih proticajnih količina vode koji bi se kod niskih vodostaja dodavao u Savu kod Siska.

Za određivanje ekonomskog koristi od boljeg i većeg korištenja Save za transport, upotrebljeni su raspoloživi statistički podaci »Statistika plovidbe na rijekama i kanalima U. P. R. S. od 1923 do 1938 godine«. Za posljednji period se ne raspolaže sa potrebnim podacima.

U posebnoj, pomoćnoj tabeli hronološkim redom prikazan je promet robe u pojedinim pristaništima Save za vremensko razdoblje od 1923 do 1938 godine, te je zatim određen za svako pristanište prosječni godišnji promet robe.

Sava je u pogledu jačine transporta robe podjeljena u tri sektora.

Pored podataka o prometu robe u pristaništima Save raspolaže se za 1924 godinu još sa statističkim podacima o jačini transporta robe na pojedinim sektorima Save.

Na osnovu iznjetih podataka, je putem linearne srazmjere određeno prosječno godišnje učešće pojedinog pristaništa u transportu robe na odnosnom sektoru. Pošto se nakon uređenja Save za redovnu plovidbu, predviđa povećanje prometa robe i bolje korištenje tovarnog prostora plovila, navedene prosječne godišnje količine robe po pristaništima, povećane su za 40%.

Kod određivanja smanjenja troškova za održavanje, plovna Sava bila je u pogledu potrebnih dodatnih

količina vode podjeljena na dva odjeka. Na prvom odsjeku, dodatne količine vode iznose $67 \text{ m}^3/\text{sec}$ i na drugom $73 \text{ m}^3/\text{sec}$. Medjutim granica ovih odsjeka se nalazi između pristaništa u Bos. Brodu i Bos. Gradiške. Zato su prosječne količine učešća pojedinih pristaništa sabrate u dva zbira koji svaki odgovara svom odsjeku i predstavlja prosječni godišnji promet robe na tom odsjeku.

Svi navedeni podaci sredjeni su i prikazani u tabeli br. 7.

m — vreme produženja godišnjeg trajanja plovidbe uslijed uređenja plovног puta, u mjesecima

k — koeficijent intenziteta saobraćaja u toku konjunkturnih, ljetnih mjeseci

L — prosječna dužina transporta robe, relacija u km

d — razlika u tarifnim stavovima između vozarine po željeznicama i riječkom u dinarima

M — postojeće prosečno godišnje trajanje plovidbe, u mjesecima

TABELA 7

Sektor	Pristanište	Promet robe po pristaništima 1924	Promet robe po pristaništa 1932-1938	Prosječni promet robe po pristaništu	Promet robe po sektoru 1924	Promet robe po sektorima		Promet robe po otjecima Save
						1932-1938 (k = 1,4)	1932-1938 (k = 1,4)	
1	2	3	4	5	6	7	8	9
I	Zabrežje	21.405	736.387	46.024		110.000	154.000	
	Šabac	36.596	931.297	58.206		140.000	196.000	
	Mitrovica	48.986	790.576	49.411		120.000	168.000	
	S v e g a	106.987	2,458.260	153.641	257.521	370.000	518.000	
	Rača	25.873	603.351	37.709		47.300	66.220	
	Brčko	5.390	367.117	22.944		28.800	40.320	
	Županja	4.106	75.990	4.749		5.900	8.260	
	E. Šamac	2.606	168.066	10.504		13.200	18.480	
II	Sl. Brod	12.368	454.449	28.403		35.600	49.840	
	B. Brod	59.278	1,573.431	98.340		123.400	172.760	873.880
	B. Gradiška	37.935	835.029	52.189		65.400	91.560	
	Jablanac	32.433	387.481	24.218		30.400	42.560	
	S v e g a	179.989	4,464.914	279.056	225.435	350.000	490.000	
	Lonja	3.059	74.473	4.654		4.500	6.300	
III	Sisak	62.289	1,854.288	115.893		115.500	162.700	302.120
	S v e g a:	65.348	1,928.761	120.547	64.198	120.000	168.000	

Ukupno: 1,176.000 1,176.000

U koloni 7 prikazano je i prosječno godišnje učešće pojedinih pristaništa na transport robe u odnosnom sektoru.

Prema utvrđenim postojećim tokovima i relacijama prometa robe na Savi, prosječna duljina transporta robe na plovnim putevima iznosi prosječno oko 500 km.

Prosječna razlika u tarifnim stavovima između vozarine na željeznicama i prevoza robe plovilima iznosi oko 1,75 dinara.

Na osnovi naprijed objašnjениh podataka može se računom odrediti prosječne godišnje koristi za plovidbu od svakog m^3/sec dodatne proticajne količine vode na pojedinim odsjecima Save i to po slijedećem obrascu:

$$K = \frac{Q \cdot \left(1 - \frac{1}{1,4}\right) \cdot L \cdot d}{q} + \frac{Q \cdot m \cdot k \cdot L \cdot d}{M \cdot q}$$

gdje znači:

K — korist od svakog m^3/sec dodatne količine vode, u dinarima

Q — prosječni godišnji transport robe na odnosnom odsjeku Save, u tonama

q — računski odredjene potrebne dodatne proticajne količine vode za odnosni sektor u m^3/sec .

Iz napred izloženog obrasca vidi se, da će se prosečna godišnja korist pod uticajem svakog m^3/sec dodatnih proticajnih količina vode postići od opštег povećanja prometa robe u toku cele godine, što je izraženo u prvom članu obrasca i još iz produženja prosječnog godišnjeg trajanja plovidbe i intenzivnijeg prometa robe u toku ljetnih mjeseci, što je izraženo u drugom članu.

Povećanje prometa robe u ljetnim mjesecima u obrascu je izraženo sa koeficijentom »k« za koji je usvojena vrijednost: $k=1,2$.

Sve veće pritoke Save imaju svoje slivove južno od njezinog toka. Zato se Sava relativno rijetko i po pravilu prošjećno za kratko vreme zamrzava. Radi toga se plovidba na Savi može često obavljati i u toku zimskih mjeseci. Ta povoljna okolnost ima uticaj da godišnje trajanje plovidbe na

Savi, koje i pored prekida za vreme ljetnih mjeseci iznosi prosječno oko 8 mjeseci.

Na osnovu izloženog obrasca i napred obrazloženih vrednosti za pojedine činitelje, prosječna godišnja korist pod uticajem svakog m^3/sec dodatih proticajnih količina vode, koji se dodaju u Savu kod Siska za vreme niskih vodostaja, a naime boljeg i povećanog korišćenja plovног puta iznosi:

a) Za otsek Save od Siska do Bonskoog Broda:

$$K = 612.5 \times \frac{302.120}{67} = 2,762.007.-$$

dinara odnosno: 2,765.000.— dinara

b) Za otsek Save od Bosanskog Broda do Beograda:

$$K = 612.5 \times \frac{873.880}{73} = 7,332.237.-$$

dinara odnosno: 7,335.000.— dinara

c) Za cijelu plovnu Savu:

$$2,765.000 + 7,335.000 = \underline{10,000.000} - \\ \text{dinara}$$

Ukupni godišnji ekonomski efekat, koji se može na Savi postići dodavanjem izvjesnih vodnih količina, za vreme malih voda, kod Siska, iznosi za svaki m^3/sec dodatne proticajne količine, na ime smanjenja troškova za održavanje i boljeg te većeg korištenja plovног puta:

$$2,850,000 + 10,000,000 = 12,850\,000 \text{ dinara}$$

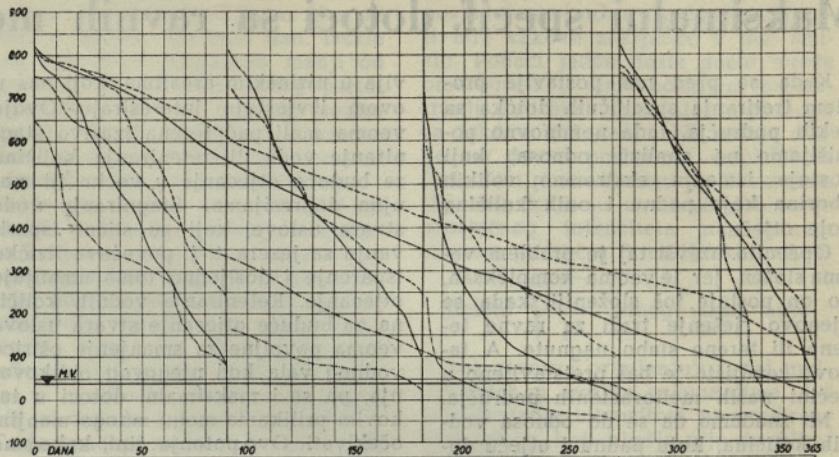
odnosno oko 13.000.000.— dinara.

Razumljivo je da ove, u novcu izražene, vrednosti ne predstavljaju sve koristi, koje bi se postigle na plovnoj Savi poslije izgradnje retencionih spremišta u slivu Save i njenih pritoka. Između ostalih drugih koristi treba posebno naglasiti, da će se smanjenjem proticajnih količina kod velikih voda i povećanjem proticajnih količina kod malih voda produžiti prosečno godišnje trajanje za plovidbu povoljnih srednjih vodostaja. Kod srednjih vodostaja akvatorija je i na gornjoj Savi dovoljno prostora za udoban manevar plovila, brzine vode su umjerene i otpori plovila mali. Time se povećava tehnička i komercijalna brzina plovila, smanjuje utrošak goriva i povećava obrt plovila. Pri srednjim vodostajima je i bezbednost plovila veća, te su plovila manje izložena trošenju i kvarovima usled udesa.

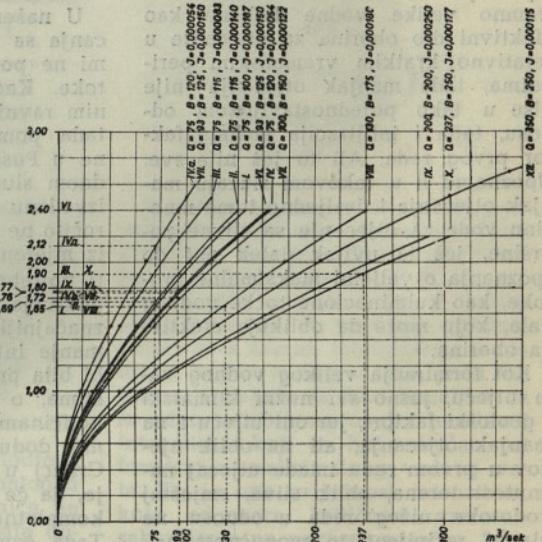
Producenje trajanja srednjih vodo-staja na Savi imati će za posljedicu i bolje te ravnomjernije prnošenje rečnog nanosa, što pored ostalog i plovidbi pruža nove koristi.

Obimna i složena problematika, koja je obuhvaćena predmetnom studijom zahtjeva i zaslužuje, da se pri-

LINIJA TRAJNOSTI VODOSTAJA PO GODINAMA I TROMJESEĆJIMA ZA
VODOMJER KOD JASENOVCA R. SAVA KM 507



Grafikon br. 1



Grafikon br. 2

stupi organizovanom i sistematskom prikupljanju hidroloških, geoloških, prometnih, ekonomskih i drugih podataka, kroz koje bi se pobliže a i točnije odredile koristi, koje se mogu pružiti plovidbi na Savi izgradnjom retencionalnih spremišta. Iako napred iznjeti rezultati studije nisu izrađeni sa podacima takove kakvoće, oni vrlo ubjedljivo prikazuju u kolikoj je mjeri plovidba na Savi zainteresirana za poboljšanje uslova plovidbe putem povećanja protjecajnih količina vode kod niskih vodostaja. Sa druge strane iz prikazanih rezultata mogu se zaključiti kolike se štete mogu nanjeti plovidbi na Savi, kada bi se već postojeće protjecajne količine vode smanjile i voda upotreblila za druge svrhe.

Zato se smatra za korisno ovom prilikom u kratko se osvrnuti na vijesti, koje se čuju kroz razgovore stručnih krugova i koje su bile u glavnim konturama iznešene u javnost preko dnevne štampe u pogledu upotrebe Bohinskog jezera, kao akumulacionog bazena, iz koga bi se značajne vodne količine prevodile iz sli-va Save u Soču.

Interesi riječnog saobraćaja protiv se svakom takvom rješenju koje, uzgred rečeno, ima još i niz drugih nedostataka. Organi riječnog saobraćaja opravdano očekuju da će se ovaj problem prije donošenja konačne odluke još svestrano proučiti i da će se donjeti takovo rješenje koje će zadovoljiti i interese plovidbe na našoj plovnoj Savi.

Maksimalni specif. dotoci sa ravnih melioracionih područja

Kada se pred nas postavlja problem tretiranja specifičnih dotoka sa nekim područja, tada neminovno pomisljamo na analizu odnosa, koji postoje između ekstremno velikih oborina koje padnu i onih količina koje otječu.

Općenito uzevši taj je problem veoma složen, jer je veoma kompleksan, no on postaje još složeniji, kada se njegovo rješenje traži za ravne terene ili terene slabo nagnute. A takovo zemljiste je baš pretstavljeno u većini naših melioracionih područja.

Mi znademo da se do odnosa vodnih količina, koje padnu i otječu dolazi studiranjem manjka otjecanja t. j. onih gubitaka, koji nastaju uglavnom fizičkim, hidrološkim i fiziološkim isparenjem, kada se radi o promatranju otjecanja u većim intervalima vremena, jer je infiltracija u ovakovom slučaju samo odloženo otjecanje. Ali kada razmatramo ekstremno velike vodne količine kao efektivni dio oborina za otjecanje u relativno kratkim vremenskim periodima, tada manjak otjecanja nije više u tako pojednostavljenom odnosu, tada i infiltracija postaje faktor prvog reda. Ali to još nije sve. Upoznamo li u takovom slučaju manjak otjecanja i dosljedno tome množinu vode za otjecanje sa sливne površine, još je uvijek dalek put do spoznanja o veličini maksimalne protok, kao kulminacione točke vodnog vala, koju može da oblikuje efektivna oborina.

Kot formiranja velikog vodnog vala utječu, jasno svi nužni klimatski i geološki faktori, jer oni utječu i na manjak otjecanja, ali na oblik njegov u prvom redu imade utjecaj nagnutost terena, oblik slica, smještaj vodotoka nižeg reda u odnosu na glavni recipijent te mogućnost prirodног reteniranja vodnih količina. Poslednje se u naročitom opsegu ja-

vlja u nizinskim arealima, koji nas u ovom izvještaju interesiraju. Ovdje veoma mali pad terena izaziva stagniranje vode ili reteniranje količina za buduće otjecanje u većim ili manjim depresijama. Stagniranje vode stvara uslove, koji su slični isparavanju sa jezera, t. j. povećava fizičko isparenje i dosljedno tome umanjuje otjecanje. Reteniranje vodnih količina za buduće otjecanje stvara uslove veoma povoljne za smanjenje oštice vodnog vala kod njegovog oblikovanja, pa se i maksimalni dotoci u takovim prilikama mogu mnogo manjim očekivati. Ovo potonje čini, kako smo to već napred naglasili, cijeli problem komplikiranjim.

Dakle pred nama se nalazi jedan vanredni težak hidrološki problem. Medjutim mi moramo već na početku naglasiti, da ćemo stalno pri analiziranju osjećati najveće praznine u poznавanju činjenica.

U našem slučaju: studiranju otjecanja sa ravnih melioracionih terena mi ne poznamo čak ni mjerene prototke. Kada govorimo o melioracionim ravnim površinama u Hrvatskoj, tada pomisljamo na močvarne nizine u Posavini i Podravini. Ni u jednom slučaju mi ovdje nemamo još izvedenu obranu od stranih voda (naročito ne od brdskih), da bismo mogli iz mjerjenih vodnih protoka zaključiti potrebno o vodnom bilansu ovih područja, a kamo li u relaciji s najznačajnijim faktorima uzetim više ili manje integralno, dati formulu, koja bi bila provjerena srednjim vrijednostima, o ekstremno velikim vodnim količinama. Kroz par godina imati ćemo, doduše, neke areale (Jelas, Bid, Crnac) u takovom stadiju melioracije, da će se moći govoriti o njihovoj kompletnoj obrani od stranih voda. Tada ćemo od mjerjenja vodnih količina moći mnogo toga doznati, ali ne toliko da bi apsolutno sigurno

mogli zaključiti o budućoj veličini njihovih maksimalnih voda, jer mi znademo, da se stepenom unutarnje odvodnje, koja se postepeno izgradije, indeks otjecanja ekstremno velikih voda povećava. Jasno je da nas već sada zanima to buduće stanje, stanje konačne melioracije, budući da se obzirom na nj, šta je i sasvim razumljivo, moraju dimenzionirati i graditi svi objekti onim redom kako to hidrotehnička praksa i razvoj naše poljoprivrede diktira.

Prema tome mi ćemo se morati pri rješavanju našeg zadatka pomagati pored često oskudnih podataka opažanja s izvjesnim teoretskim postavkama, te analogijom s provjerjenim rezultatima brdskih područja. Razumljivo je, da ćemo svaki takav slučaj pokušati kritički razmotriti.

Polazeći od temeljne postavke

$$Q_{\max} = F_a i$$

mi ćemo naša razmatranja rasčlaniti na:

- a) studiranje kišnog intenziteta i
- b) proučavanje otjecajnog koeficijenta.

Kišni intenziteti

Poznata je stvar da postoji izvjesna zakonitost izmedju veličine i trajanja oborina. Mi smo tom odnosu dali oblik:

$$T = ai^n$$

gje je T trajanje kiše u danima i kišni intenzitet mm/dan dok su a i n veličine koje treba odrediti.

Obradom statističkog materijala ombrometrijske stanice Zagreb, koja raspolaže s omografom, mogu se u periodu kroz 50 godina (1894—1943) pronaći maksimalni slučajevi, koji prikazuju trajanje jake kiše u odnosu s njihovom množinom. Ovi su slučajevi izneseni tabelama:

D a n i

Redni br.	1/24		4/24		8/24		14/24		1		2		3		5		7		10		15	
	u mjes.	visina mm																				
1	V	61.5	VII	80.9	VI	84.3	VIII	110.5	VIII	123.9	VIII	142.9	VIII	142.9	VIII	143.4	IX	201.4	IX-X	202.5	IX-X	212.0
2	VIII	37.8	VIII	69.7	VIII	80.0	VI	84.3	IX	97.2	IX	101.2	VIII	120.0	VI	138.2	IX-X	183.5	IX	201.4	IX	201.4
3	VIII	35.6	V	67.4	X	75.9	X	80.2	VI	84.3	X	97.7	X	118.0	IX	134.5	VIII	166.6	VIII	166.6	IX	191.3
4	VI	35.0	X	64.7	V	67.4	IX	73.5	X	82.8	X	90.7	IX	114.2	X	132.3	IX	154.9	IX	155.0	IX	187.1
5	X	34.9	VIII	45.3	VII	58.7	V	67.4	VI	72.1	V	85.8	V-VI	107.9	IX	124.5	V-VI	142.5	VII	152.3	X	181.0
6	VII	34.8	VII	44.9	IX	54.5	VII	66.9	X	71.1	VII	84.2	X	106.9	VIII	123.5	X	139.2	IX	150.3	VIII	178.9
7	VI	32.0	VII	42.3	X	53.7	XI	65.1	XI	70.2	X	81.4	IX	104.2	X	121.3	IX	137.3	V-VI	142.5	VII	173.0
8	VIII	26.8	VIII	39.4	VIII	51.8	VIII	57.9	VI	69.2	VI	80.6	X	100.7	IX	115.2	X	133.6	X	141.5	X	160.4
9	VI	24.3	VI	39.4	VIII	51.7	VIII	57.4	X	68.1	XI	78.9	VIII	100.3	X	115.2	VIII	127.9	V	140.1	V-VI	151.3
10	X	24.2	X	37.0	VIII	49.8	X	57.2	V	67.4	X	78.4	X	93.6	X	102.7	X	119.9	IX	138.6	XI	149.6
Σ		343.9	529.0		627.8		720.4		806.3		921.8		1108.7		1251.3		1506.8		1590.8		1786.0	
množina mm		34.69	52.90		62.78		72.04		80.63		92.18		110.87		125.18		150.68		159.08		178.6	
intenzitet mm/dan		832.56	817.40		188.34		123.49		80.63		46.09		36.96		25.08		21.53		15.91		11.90	
količina m³/km²/sec		9.64	3.67		2.18		1.43		0.98		0.58		0.43		0.29		0.25		0.18		0.14	

Kako je vidljivo iz ove tabele mi smo iznijeli 10 maksimalnih slučajeva. Želja nam je da prikažemo niz 1. sa najvišim vrednostima, ali i projek, koji će nam omogućiti da lako sagledamo odnos, koji postoji između trajanja i množine kiše. Pokušamo li ovom prosjeku od prvih 10 slučajeva najjačih oborina u 50-godišnjem periodu pronaći mjesto u tabeli, tada možemo zaključiti, da je on vanredno bliz nizu pod brojem 5. To znači, da se takav niz može da javi u označenom vremenskom intervalu 5 puta, odnosno da ovaj niz može karakterizirati desetgodišnje jake kiše.

Pretvorimo li množine kiše u mm u kišne intenzitete u mm/dan, tada možemo po metodi najmanjih kvadrata izračunati tražene veličine a i n. Prethodno je potrebno temeljnu jednadžbu $T = a + n \log i$ logaritamski prikazati:

$$\log T = \log a + n \log i$$

Postupak izjednačenja je općenito poznat, stoga ga bez naročitog obražloženja iznosimo:

Dani T	Intenzitet mm/dan	$\log T = f$	$\log i = x$	f_x	xx
1/24	823.56	-1.3802	2.9157	-4.0242	8.5013
4/24	317.40	-0.7781	2.5016	-1.9465	6.2580
8/24	188.34	-0.4772	2.2749	-1.0856	5.1752
14/24	123.49	-0.2341	2.0916	-0.4896	4.3748
1	80.63	0.0000	1.9065	0.0000	3.6347
2	46.09	0.3010	1.6636	0.5007	2.7676
3	36.96	0.4771	1.5677	0.7479	2.4577
5	25.03	0.6990	1.3985	0.9776	1.9558
7	21.53	0.8451	1.3330	1.1265	1.7769
10	15.91	1.0000	1.2017	1.2017	1.4441
15	11.90	1.1761	1.0755	1.2649	1.1567
		+ 1.6287 (f)	19.9303 (x)	-1.7266 (fx)	39.5028 (xx)

$$(x)^2 \dots . 397,2169$$

$$-S(xx) \dots . 434,5308$$

$$- 37,3139$$

$$\log a = 2.64646$$

$$a = 443.1$$

$$(x)(xf) \dots . -34,4117$$

$$-(f)(xx) \dots . -64,3382$$

$$- 98,7499$$

$$n = 1.3789$$

$$(x)(f) \dots . 32,4605$$

$$-s(xf) \dots . 18,9926$$

$$51,4531$$

Rezultat ovog izjednačenja je dakle $T_{1.3789} = 443.1 \dots 2$

Rasip stvarnih vrijednosti od onih dobivenih po ovoj jednadžbi je neznatan, a to znači, da ovaj suponirani oblik odnosa veoma dobro odgovara.

Maksimalni kišni intenziteti javljaju se, kako se to jasno očituje iz tabele, u toploj dijelu godine (maj–oktobar). Analiziramo li kratkotrajne kiše iz jednog dana u hladnom

periodu godine, tada možemo ustvrditi, da je najjači dnevni intenzitet kiše u pedesetgodišnjem periodu bio u mjesecu studenom 57.2 mm (dan te potom u ožujku 53.6 mm) dan. Dakle ti su intenziteti kudikamo manji od odgovarajućih veličina toplog perioda godine i nisu ni izdaleka toliko učestali. Ta je konstatacija veoma važna i o njoj će još biti govora kod studiranja otjecajnog koeficijenta.

Dakle odnos, koji smo jednadžbom 2. dobili pretstavlja funkciju trajanja kiše i njenog intenziteta, dobivenog prema podacima Zagreba (visina godišnje oborine 900 mm). Dali se taj odnos može usvojiti kao važeći i na području nizina uz Savu i Dravu? Znademo, naime, da oborinske koljčine u savsko-dravskom medjurečju idući od zapada k istoku opadaju.

To je opadnje znatno i prilično pravilno, kada se analiziraju godišnje oborine, a nalazi svoje opravdavanje u klimatskim specifičnostima tog kraja izraženim ponajviše u jakom marnitnom utjecaju. Da s time u vezi ispitujemo varijacije kišnog inten-

ziteti, da se kišni intenziteti mijenjaju i po prostranstvu. Potpuno je nemoguće nama, koji ne posjedujemo nužna opažanja, stvarati bilo kakove zaključke u tom smislu. Podaci jedne dosta gусте mreže ombrografova u dugogodišnjem promatranju dali bi izvjesnu dobru podlogu za takovo rješavanje. Ne ostaje drugo no da se poslužimo empiričkom formulom postavljenom po Bavarcima (Specht), koji su uveli za dobivanje prosječnog intenziteta na jednom slivnom području F multiplikator-koe-

$$\text{ficient } \sqrt[12]{\frac{1}{F}}. \text{ Mnogi strani auto-}$$

ri bez rezerve primjenjuju ovaj multiplikator u svojim računanjima, jer je mijenjanje intenziteta po prostranstvu odnos, koji nigdje nije dovoljno ispitana. To znači da je na području veličine $F = 5000 \text{ km}^2$ prosječni intenzitet jednak polovici intenziteta opaženog u centru kiše ili bar blizu njemu.

Dosljedno tome prosječni kišni intenzitet bit će na nekom slivnom području veličine F, godišnje oborine H:

$$T_i^{1.3789} = \\ = 0.0374 H^{1.3789} \left(\frac{1}{F} \right)^{\frac{1.3789}{12}} = \\ = \frac{0.0374 H^{1.3789}}{F^{0.1149}} \dots 4$$

teta u kratkim i najkraćim periodima, bilo bi potrebno provesti analogan račun za niz kišomjernih stanica na našem području, te ove rezultate dovesti u funkcionalnu vezu sa izvjesnim karakterističnim veličinama (recimo godišnjom oborinom) radi dobivanja jednog praktičnog odnosa. Ali mi to nažalost ne možemo provesti, jer nemamo nužnih podataka.

Medutim čini se, da ne ćemo učiniti grešku praktički zamjetljivu, ako usvojimo pretpostavku da su kišni intenziteti na području, bar oni, koji će se u našem računanju redovitojavljati (a to su od 15 mm/dan do 70 mm/dan) odnose prema odgovarajućim u Zagrebu kao njihove godišnje oborine. Prema tome bi naša formula dobila oblik:

$$T_i^{1.3789} = 443.1 \left(\frac{H}{900} \right)^{1.3789} = 0.0374 H^{1.3789} \dots 3$$

Ovim odnosom rješili smo zakonitost, koja postoji izmedju velikih kišnih intenziteta i trajanja kiše.

područje moći da djeluje na stvaranju vodnog vala, te da formira maksimalni vodni val. Označimo li tra-

janje kiše sa T, tada su moguća ova tri slučaja:

$$1) T = \tau, \quad 2) T > \tau \text{ i } 3) T < \tau$$

Najveće otjecanje je u vremenu $T = \tau$ kada se sastane oborinska voda sa cijelog oborinskog sliva, prema tome u prvom slučaju može da dodje do maksimuma. Ako je prema slučaju 2) $T > \tau$ ili ako je trajanje kiše veće od vremena sakupljanja opet nastaje najveće otjecanje u vrijeme $T = \tau$, te ne može postati veće prema $i = f(t)$ ni poslije tog vremena. U slučaju 3) $T < \tau$ ne dolazi do maksimuma za izvjesno slivno područje, jer cijelo ne može sudjelovati na stvaranju najvećeg vodnog vala, već samo jedan njegov dio.

Vrijeme sakupljanja zavisi prvenstveno od svojstva zemljišta, od njegova oblika i odnosa nagiba pojedinih dijelova. Ova se veličina dade odrediti iz karakteristike slijanja, no mi za to nemamo mogućnosti, bar ne u samom ravnom području, iz razloga koje smo uvodno iznijeli. Stoga vrijestnost τ izračunavamo na temelju formula iz iskustva. Poznate su formule talijanskih autora, koje nalaze dosta primjene i van Italije (na pr. u Madjarskoj). Tako su za ravnu područja postavili jednadžbe vremena sakupljanja:

$$\text{Venturi : } \tau_1 = 0.315 \sqrt{F}$$

$$\text{Pasini : } \tau_2 = 0.24 \sqrt[3]{F L}$$

(L je dužina oborinskog područja).

$$\text{Ruggieri : } \tau_3 = 0.72 \sqrt[3]{R}$$

N. pr.: za područje Mrsunje u Jelaspolu ($F = 150 \text{ km}^2$. $L = 30 \text{ km}$) $\tau_1 = 3.86 \text{ dana}$, $\tau_2 = 3.96 \text{ dana}$, $\tau_3 = 3.83 \text{ dana}$.

Formule kako vidimo daju rezultate, koji gotovo i ne odstupaju jedan od drugoga. Stoga je izbor irelevantan. Mi smo se odlučili za Ruggierovu formulu, koja je sračunata za nizine oko Venecije.

Izjednačimo li desne strane jednadžbe 4. i Ruggierovog odnosa za vrijeme sakupljanja, dobivamo da je mjerodavni intenzitet:

$$0.72 \sqrt[3]{F} = \frac{0.0374 H^{1.3789}}{F^{0.1149} i^{1.3789}}$$

$$i = \frac{0.1172 H}{F^{0.3250}} \text{ mm/dan} \dots 5$$

Koefficijent otjecanja

Za područje rijeke Orljave imademo izračunat, i to za jedan kratki period od 10 godina, hod otjecajnog koefficijenta po mjesecima. On izgleda ovako:

Nije nam poznato, da bi na teritoriju Hrvatske, a u medjurječju Save i Drave bila izvršena bilo kakva slična mjerena, stoga smo prinuđeni područje Orljave detaljnije razmotriti, jer to neće biti bez interesa za studiranje naših problema.

Dakle elementi područja su slijedeći: Slivno područje do Pleternice (vodomjer) imade veličinu $F = 759 \text{ km}^2$, brdovito je tlo srednje propusno, 30% pošumljeno, srednja mu je nad. visina 422 m n. J. m. Srednji nagib terena $u = \tau_y \approx 0.256$.

Veličina godišnje oborine je 849 milimetara, dok je hod temperature po mjesecima

mjesecu na tom području od onoga, koji je iskazan u požeškoj kotlini (gdje je glavni mjesecni maksimum u lipnju).

Nama nije potrebno da detaljnije analiziramo mjesecne otjecajne koefficijente. Naše interesovanje u tom pogledu može da se zadovolji i ovom predodžbom o veličini i hodu mjesecnih otjecajnih koefficijenata, koji nisu bez nekih specifičnosti u odnosu na druge krajeve. Moramo tek naglasiti, da ovi otjecajni koefficijenti, koji su dani u prosjeku veoma jako i često otstupaju od prosjeka. No to je općenita pojava i u hidrologiji nas ona ne mora da zbunjuje.

Mjeseci												Godina
I.	II.	III.	IV.	V.	VI.	VII.	VIII.	IX.	X.	XI.	XII.	
- 1.1	0.7	5.7	10.4	15.4	18.7	20.8	19.9	15.9	10.8	5.4	1.1	11.4

Dok suprotno naša se nizinska područja nalaze na 80–120 m n. J. m. Tlo je srednje do teško propusno, a pošumljenost 10–35%, dok srednji nagib terena ne prelazi $n = tg 0^{\circ} 20' = 0.066$. Prosječna se visina godišnjih taloga kreće između $H = 700$ –950 milimetara. Temperatura ne pokazuje značajnijih odstupanja od one, kada je prikazana u slivu Orljave.

Kad se tretira pitanje koefficijenta otjecanja u jednom dužem periodu (godina, mjesec), tada se mogu mnogi faktori zanemariti, time da visine oborina ostaju kao temeljne za razmatranje. Tada nagnutost terena, sastav tla, oblik zemljišta i veličina njegova čine gotovo drugorazredu ulogu, jer je potpuno jasno, da u takovom promatranju većeg vremenskog intervala brzina kretanja vodnog vala odnosno njegovog formiranja maksimuma, sva retardiranja, pa čak i infiltracija ne pretstavljaju ništa hitna po veličini koefficijenta otjecanja dužeg perioda.

Dakle stvarajući zaključke prema visini oborina, a shodno formuli $Q = 0.931 H - 512$ za godišnje otjecanje, koju imademo izračunatu za ove krajove, možemo očekivati odstupanja od navedenih prosječnih vrijednosti mjesecnih koefficijenata otjecanja maksimalno za $\pm 20\%$. Jasno je, da se odstupanja prema — moraju očekivati istočno od Požeške kotline, a prema zapadno od nje, prema odprije nalaženoj prostornoj raspodjeli godišnjih oborina. I još nešto: budući da se uslijed najjačeg maritimnog utjecaja na zapadnom dijelu savsko-dravskog medjurečja u Hrvatskoj javljaju glavni mjesecni maksimumi u lipnju, to se može očekivati i nešto veći otjecajni koefficijent u tom

Mi koji s pravom smatramo da maksimalne povodnje u našim relativno malim područjima mogu da stvore jaki pljuskovi, dakle kratkotrajni pljuskovi, nas zanimaju otjecajni koefficijenti ovih jakih kiša, čak i stvari otjecajni koefficijent u samom momentu stvaranja maksimuma.

Razumljivo je da su prosječne vrijednosti ovog otjecajnog koefficijenta za jakе kiše u toku jednog mjeseca uvijek veće od prosječnog otjecajnog mjesecnog koefficijenta. Veličina otjecajnog koefficijenta za jakе kiše u najvećoj je mogućoj ovisnosti sa svim mogućim terenskim i klimatskim faktorima, naročito je veoma promjenljiva sa sezonom, temperaturom, stanjem (pripravnosti) zemljišta, razmakom i jačinom kiše. Baš respektirajući sve ovo potonje Coutagne i de Martonne su predložili jednu duhovitu metodu određivanja otjecajnog koefficijenta za jakе kiše iz linije učestalosti dnevnih kiša, određujući specifični manjak otjecanja δ . Prema tome manjku otjecanja δ su sva dnevna otjecanja nastala od oborine h zapravo $h - \delta$, a dnevni koefficijent otjecanja dosljedno tome $\frac{h - \delta}{h}$.

Držeći se ove metode obradio sam otjecajne koefficijente za 25 najjačih kiša zapaženih na području Orljave kroz 50 godina, te dobio da je prosječna veličina $\alpha = 0.44$. Sa podacima o mjerjenjima vodnih količina ova je vrijednost potvrđena.

Sada se postavlja pitanje da li mi možemo i na naša područja sa osebnim otprije opisanim primjeniti isto takovu veličinu otjecajnog koefficijenta. Temeljno je jedno pri tom uočiti, da su nagibi zemljišta u ovoj paraleli veoma različiti, te da oni dolaze prvenstveno u razmatranje. Kada bi usvojili da su ostale osebine područje Orljave i naših nizinskih područja identične (supozicija nije toliko smiona, koliko se na prvi po-

Mjeseci												Godina
I.	II.	III.	IV.	V.	VI.	VII.	VIII.	IX.	X.	XI.	XII.	
61.8	45.7	128.5	56.6	30.1	18.5	19.5	11.3	11.4	19.7	30.2	31.7	33.5

gleđ čini), tada bi se prema teoretskom izvodu Herbsta za kritično vrijeme u relaciji s i, α , n mogao postaviti odnos:

$$t_1 : t_2 = \frac{A}{\sqrt{i_1 \alpha_1 n_1}} : \frac{A}{\sqrt{i_2 \alpha_2 n_2}}$$

Ovdje se članovi s indeksom 1 odnose na brdovito područje Orljave, članovi s indeksom 2 na ravnica područja. Član A je konstanta.

$$\text{Ili: } \frac{t_1^3}{t_2^3} = \frac{i_2 \alpha_2 n_2}{i_1 \alpha_1 n_1}$$

Imademo nadalje:

$$\begin{aligned} \text{za brdovit sliv } i_1 &= \left(\frac{123.69}{t_1} \right)^{0.7467} = \frac{36.505}{t_1^{0.7467}} \text{ mm/sat} = \frac{876.120}{t_1^{0.7467}} \text{ mm/dan} \\ \text{za nizinski sliv } i_2 &= \left(\frac{443.1}{t_2} \right)^{0.7252} = \frac{830.300}{t_2^{0.7252}} \text{ mm/dan} \\ \text{prema tome je } \frac{\alpha_2}{\alpha_1} &= \left(\frac{t_1}{t_2} \right)^3 \frac{i_1 n_1}{i_2 n_2} = 1.055 \frac{t_1^{2.2543}}{t_2^{2.2748}} \frac{n_1}{n_2} \end{aligned}$$

Za brdovito područje Orljave $t_1 = 33,8$ sati ili 1.41 dan, dok bi na istoj ravnici površini prema Ruggleru bilo

$$t_2 = 0.72 \sqrt[3]{759} = 6.56 \text{ dana.}$$

Uvrstimo li ove vrijednosti, dobivamo

$$\frac{\alpha_2}{\alpha_1} = 1.055 \frac{1.41^{2.2543} n_1}{6.56^{2.2748} n_2} = 0.032 \frac{n_1}{n_2}$$

Dakle prema iznesenim pretpostavkama otjecajni koeficijent jake kiše u nizinskom području α_2 jednak je ili veći od odgovarajućeg koeficijenta u brdovitom području α_1 , kada su im nagibi slivova $n_2 \leq 0.032 n_1$. U našem

$$\begin{aligned} \text{slučaju je } n_2 &= \frac{0.006}{0.256 n_1} = \\ &= 0.023 n_1 < 0.032 n_1. \end{aligned}$$

Dakle α_2 bi morao biti barem jednak α_1 , a nikako manji. Ovaj račun koji je proveden s izvjesnim pretpostavkama nema drugih namjera nego da stvori jasnija saznanja o funkcionalnom odnosu, koji postoji između koeficijenta otjecanja jake kiše, nagiba zemljišta i vremena sakupljanja, te da potvrdi konstataciju da otjecajni koeficijent doduše raste s nagibom zemljišta, ali sa kritičnim vremenom mjerodavnim za formiranje vodnog vala.

Stoga mi ne možemo drugo nego da shodno prednjem usvojimo u našem daljem računanju kao mjerodavan otjecajni koeficijent 0.44 za jake kiše.

Moramo naglasiti da su otstupanja od prosječnih vrijednosti pri proračunu otjecajnog koeficijenta jakih kiša α u području Orljave bila znatna. To je razumljivo, jer znademo da je problem veoma kompleksan, zavisan od velikog broja faktora.

Smatram da će biti potrebno, da se dobiveni otjecajni koeficijenti jakih kiša ovdje iznesu, grupirajući ih po mjesecima (za 25 maksimalnih slučajeva pedesetgodišnjeg perioda).

ženim maksimalnim slučajevima, koji su se, kako smo to već konstatirali, javili gotovo izključivo u toplo dijelu godine. S druge strane sada smo došli do konstatacije da se ma-

I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
100.0	27.5	23.8	35.8	74.9	49.1	34.4	49.8				

$$\frac{56.8}{4.7} = 13.0$$

$$\frac{35.0}{65.1} = 35.4$$

$$\frac{4.7}{25.3} = 46.3$$

$$\frac{35.4}{24.1} = 4.3$$

$$\frac{25.3}{80.6} = 80.0$$

$$\frac{24.1}{80.0} = 80.0$$

Dakle otstupanja su zaista značajna. No još je važnije da konstatiramo, da analogno mjesecnom otjecajnom koeficijentu najveći dnevni otjecajni koeficijent nastaje takodjer u hladnom dijelu godine i to u mjesecu ožujku.

Znademo da je naša formula za kišne linije računski konstruirana na osnovu podataka o dužini trajanja kiše i njenom intenzitetu prema zapa-

ksimalni koeficijenti otjecanjajavljaju u hladnom periodu godine. Dosljedno tome postavlja se pitanje će li kiše iz hladnog perioda, iako po intenzitetu mnogo slabije, dati veće efektivne oborine (oborine koje preostaju za otjecanja) uslijed relativno većih koeficijenata otjecanja. Držimo da neće. Kritični slučaj svakako može nastati u ožujku. U ovom mjesecu je zabilježena maksimalna kiša u pedesetgodišnjem periodu Zagreba s intenzitetom 53.6 mm (dan) 24 satna kiša. Kada bi usvojili za ovu kišu maksimalno mogući otjecajni koeficijent $\alpha = 1.00$ (što nikako ne mora da bude) još uvijek bi jake kiše iz ljetnih mjeseci i uz prosječni koeficijent $\alpha = 0.44$ dale veće efektivne oborine.

Proračun maksimalne količine otjecanja i specifičnog dotoka

Analizirajući kišne intenzitete i otjecajni koeficijent jake kiše došli smo do konstatacije iznesenih numerički. Sada nam ne preostaje drugog nego da se u temeljnu jednadžbu 1) supstituiraju dobivene veličine:

$$Q = F \alpha i \text{ m}^3/\text{sec}, \text{ dakle}$$

Otjecanje od kopnenja snijega

Dosada smo specifičnu protoku maksimalnih voda studirali kao rezultat jakih, kratkotrajnih pljuskova. Mi smo stalno pri tom naglašavali da je taj put ispravan, te to logičniji što su površine za koje se računa protok manje. Kod većih slivnih površina, može se očekivati veći specifični dotok od zimskih oborina, veći od onog kojeg bi dobili na bazi proračuna putem jakih intenziteta kiše. Zašto je tome tako, to bar nije teško dokazati niti posebno obrazlagati, kada se znaće iz prethodnih izlaganja, kako brzo po eksponencijalnoj liniji opadaju veličine kišnih intenziteta trajanjem kiše i njenim prostranstvom. Taj je pad toliko nagao da na jednoj većoj površini već može t. zv. mjerodavni intenzitet poprimiti manju vrijednost i dati manje specifične doteke od onih, koji bi mogli nastati od zimskih oborina potpomognutih

topljenjem veoma velikih količina otprije palih i magaziniranih oborina u obliku snijega.

Mi smo primjetili da postoji na našem području dosta velika prosječna vrijednost mjesecnog koeficijenta otjecanja za ožujak $\alpha = 1.285$. Njegova se veličina ne može drugačije protumačiti nego učestalom topljenjem snijega u tom mjesecu, na koji način oborine iz prethodnih mjeseci dolaze u mogućnost aktivnog otjecanja u ožujku. Mjesecni hod temperature ovičinjenicu takodjer potvrđuje. Dakle, iako slabe, zimske oborine mogu da uz topljenje snijega, te uz dobro pripremljeno zemljište za otjecanje postići tolike efektivne oborine, da ove na većim slivnim područjima rezultiraju maksimalnim specifičnim doteocima.

Ali i ovaj put, nažalost, mi moramo podvući da ćemo daljnje izлага-

nje provesti uz izvjesne pretpostavke, jer sa nužnim opažanjima ne raspolazemo. No sada, da nam savjest bude mirnija, naglašavamo, da ni drugdje situacija nije bolja (koliko smo to iz strane literature, kojom raspolazemo, mogli zaključiti!).

Naš ćemo proračun provesti na pretpostavci madjarskih autora (Korebely, Bogardi), koji smatraju, da se do maksimalnog specifičnog otjecanja može doći suponiranjem da maksimalne 15-dnevne zimske oborine oteknju u potpunosti kroz isto vrijeme, dakle sa koeficijentom otjecanja $\alpha = 1.0$. Ovakova se pretpostavka, dakako, ne da ničim dokazati, ali ovi autori potvrđuju iskustvom, da je ona u praksi u mnogo slučajeva odgovara. Dakle prema tome bi bio specifični dotok:

$$q = \frac{1000000 h}{15 \cdot 86400}$$

gdje je h visina maksimalne petnajstdnevne zimske oborine.

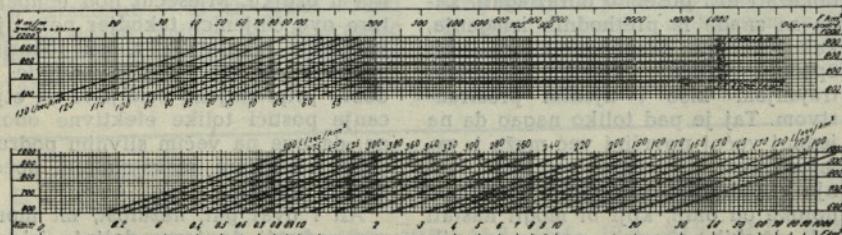
Koristeći ovaj način dobivanja specifičnog dotoka moramo se prethodno upoznati s našim veličinama h . U dvadesetgodišnjem prosjeku 1925–1944) ove maksimalne veličine imaju na nekim našim stanicama, koje mogu karakterizirati prilike kod nas, ovakove veličine:

Stanica	Zagreb	Koprivnica	Sl. Brod	Osijek
God. prosjek	H mm	900	972	762
h maksimumi u mm	1 132.4 2 108.5 3 82.8 4 77.5	121.3 118.4 115.6 101.3	99.9 79.5 78.5 76.5	100.7 78.5 70.0 68.1
prosjek	100.3	108.7	83.6	79.3

Desetgodišnji maksimum u ovom izkazu najvećih zapaženih zimskih petnajstdnevnih množinah kiše h odgovara slučaju pod red. br. 2. Nije teško konstatirati da su ovi maksimumi bar u prosjecima u linearnoj relaciji s visinom godišnje oborine, te da se desetgodišnji maksimum može izračunati s $h = 0.115 H$. Prema tome računanje specifičnog dotoka izgleda:

$$q = \frac{1000000 \cdot 0.115 H}{15 \cdot 86400} = 0.08873 H^2 \text{ sek km}^2 \dots 8$$

GRAFIKON SPECIFIČNIH DOTOKA ZA NIZINSKA PODRUČJA



Dakle petnajstdnevne jake zimske kiše sa jednakim vremenom otjecanja treba da, uz otjecajni koeficijent $\alpha = 1.0$, formiraju maksimalne specifične dotoke. Otjecajni koeficijent $\alpha = 1.0$ izgleda bar u prvi mah prično veliko pretpostavljen. Stoga ćemo mi u našem daljem izlaganju pokušati dokazati, da ovaj prijedlog nije nipošto pretjeran.

Prema formulama, koje smo postavili za mjesecne protoke, u savskodravskom medjurječju

$$Q_{\text{ožujak}} = 1.52 H_0^2 H_1 + 0.090$$

$Q_{\text{prosinac}} = 0.346 H_0^2 H_1 + 0.023$, gdje je

H_0 mjesечna oborina u mjesecu promatrana,

H_1 mjesечna oborina u prethodnom mjesecu, možemo dokazati, da bi n. pr. prema podacima za Zagreb mjesечni koeficijenti otjecanja bili:

Time dobivamo granicu upotrebe naših formula. Dakle za $F < 180 \text{ km}^2$ moći ćemo se služiti formulom 7, a za $F > 180 \text{ km}^2$ koristiti će nam formula 8. Time je dana i ona kritična često spominjana granica, koja može da rasčisti pojma manjih odnosno većih slivnih područja u našem izlaganju.

Zaključci

U početku naših izlaganja mi smo naglasili, da je općenito uvezvi problem odnosa oborina, koje padnu u otječu, veoma složen, te da ova složenost postaje to veća, kada se pređe na proceduru u kojoj period kao jedinica vremena postaje sve manji. A najmanje je, dakako, pri studiranju otjecanja maksimalnih vodnih količina, čime i problemi postavljeni pred nas postaju kompleksniji.

Slučaj	15-dnevna oborina h u mjes.	H_0 u dm	H_1 u dm	Q u dm	$\alpha = \frac{Q}{H_0}$
1	III	0.85	0.91	1.089	1.28
2	XII	1.15	1.56	0.733	0.64
3	III	1.00	0.69	1.139	1.14
4	III	0.83	0.62	0.731	0.88

No, dok s jedne strane pred nama stoji toliko složeni zadaci, dotele s druge strane mi pri njihovom rješavanju ne možemo često pronaći nužnih podataka. Stalno smo morali konstatirati da nam ne dostaju mjerjenja o vodnim količinama izgubljenim, a o akumuliranim da i ne govorimo. Stoga smo bili prinuždeni da se služimo analogijama, za koje smo pokušali dokazati da bi mogle praktično da se upotrijebi.

Mi međutim ne možemo a da ne naglasimo, da smo podatke o primljениh vodnim količinama mogli koristiti, te na osnovu toga dati zaista dobro obradjene kišne intenzitete u našim prilikama. To pretstavlja nesumljivo uspjeh ove studije. Ta činjenica kao temeljna u cijelom daljem postupku stvara izvjesne garancije da formule mogu naći svoju primjenu. Jasno je da pri tom ne stvaramo iluzije, da smo dali nešto što ne treba popravke, — no zato je već potrebno da raspolazemo s mnogo više hidrometeoroloških mjeranja i opažanja.

Bibliografija:

- dr. Škreb i saradnici: Klima Hrvatske, Zagreb,
- dr. Bogardi: Otjecajni koeficijent (prevod ing. Stošića),
- ing. Srebrenović: Maksimalne vodne količine.

Određivanje koeficijenta propusnosti tla kod crpljenja vode iz zdenca

Kod rješavanja različitih zadataka u granjevinskoj praksi treba znati vrijednost koeficijenta propusnosti tla k . Dosadašnji način određivanja toga koeficijenta pomoću stanovitih jednadžbi izmjerom za to potrebnih veličina u dvjema buštinama i dotoka u zdenac, daje rezultate, koji mogu varirati do 300%, t. j. $\frac{k_{\max}}{k_{\min}} = 3$ (1,110).

Pokusima je utvrđeno, da su te razlike to veće, što se bušotine nalaze u manjoj udaljenosti od osi zdenca. Tu se je činjenicu pokušalo objasniti tvrdnjom, da strujanje podzemne vode u blizini zdenca ne slijedi Darcyjev zakon linearnog gubitka tlaka (2,18). Uzmemo li pak u obzir, da je prijesek šupljinica i u krupnozrnatom tlu tako malen, da brzina procjeđivanja vode kod pada $J < 1$ jedva može premašiti kritičnu brzinu, a osim toga, da je to neslaganje jednako kod krupnozrnatog i sitnozrnatog sastava tla, moramo doći do zaključka, da moraju biti drugi razlozi tom neslaganju. Objašnjenje toga neslaganja treba tražiti u dosadašnjem nepravilnom određivanju krivulje površine podzemne vode, koja struji prema zdenцу ili otvorenoj grabi (3 i 4).

Kod pretpostavki, da podzemna voda struji prema zdencu prividnom prosječnom brzinom, koja odgovara prosječnoj razlici tlakova u dovodnom jarku i zdenцу i da gubitak tlaka na prevaljenom putu linearno raste s brzinom — je (4):

$$1 \dots s_0 = \frac{H^2 - h^2}{2H} i$$

$$2 \dots y_0 = \frac{H^2 + h^2}{2H}$$

Zanemarimo li utjecaj brzine, kojom voda pritječe u tlo i istječe iz tla, je: $J dx = - ds_1$.

Budući da je:

$$Q = F v = 2\pi x (H - s_1) v = 2\pi x (H - s_1) k J = 2\pi k x (H - s_1) \frac{ds_1}{dx},$$

dobivamo:

$$\frac{Q dx}{2\pi k x} = z dz, \text{ jer je } H - s_1 = z \text{ i stoga } - ds_1 = dz.$$

Integriramo li tu jednadžbu, dobivamo:

$$\frac{Q}{\pi k} \ln \frac{R}{x} = H^2 - z^2, \text{ pa je:}$$

$$3 \dots Q = \frac{\pi k (H^2 - z^2)}{\ln \frac{R}{x}}$$

Kod $x = r$, $z = z_0$, je:

$$4 \dots Q = \frac{\pi k (H^2 - z_0^2)}{\ln \frac{R}{r}}$$

Uvrstimo li vrijednost za Q iz jednadžbe 4 u jednadžbu 3, dobivamo:

$$5 \dots z = \sqrt{H^2 - (H^2 - z_0^2) \frac{\ln \frac{R}{x}}{\ln \frac{R}{r}}} = \sqrt{H^2 - (H^2 - z_0^2) \frac{\log \frac{R}{x}}{\log \frac{R}{r}}},$$

odnosno:

$$6 \dots z = \sqrt{z_0^2 + (H^2 - z_0^2) \frac{\ln \frac{x}{r}}{\ln \frac{R}{r}}} = \sqrt{z_0^2 + (H^2 - z_0^2) \frac{\log \frac{x}{r}}{\log \frac{R}{r}}}.$$

Kod $z_0 = h = o$ je:

$$7 \dots z_{\min} = H \sqrt{1 - \frac{\ln \frac{R}{x}}{\ln \frac{R}{r}}} = H \sqrt{1 - \frac{\log \frac{R}{x}}{\log \frac{R}{r}}},$$

odnosno:

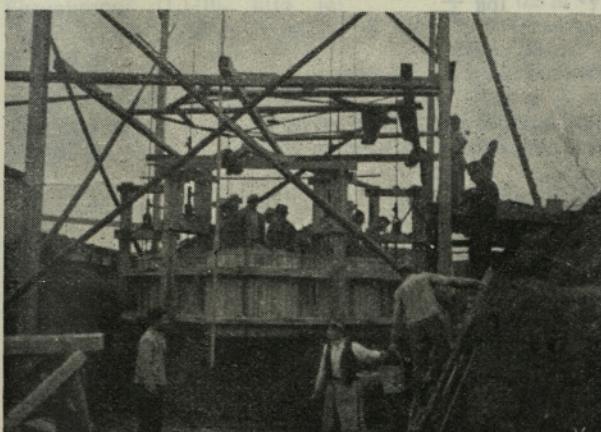
$$8 \dots z_{\min} = H \sqrt{\frac{\ln \frac{x}{r}}{\ln \frac{R}{r}}} = H \sqrt{\frac{\log \frac{x}{r}}{\log \frac{R}{r}}}.$$

Budući da ne dolazi u tim jednadžbama do izražaja koeficijent propusnosti tla k , znači, da je oblik krivulje prosječnog gubitka raspoloživog tlaka jednak za svako tlo. Kod jednakih pak uvjeta, kroz propustljivije će tlo protjecati razmjerno veća količina vode nego kroz nepropustljivije.

Iz jednadžbe 3 dobivamo:

$$9 \dots k = \frac{Q \ln \frac{R}{x}}{\pi (H^2 - z^2)}, \text{ a kod } x = r, z = z_0:$$

$$10 \dots \frac{Q \ln \frac{R}{r}}{\pi (H^2 - z_0^2)}.$$



Pomoću tih jednadžbi ne bismo mogli odrediti koeficijent propustnosti tla k izmjerom za to potrebnih veličina u dvjema buštinama, jer ne bismo mjerili ordinate zamišljene kri-

vulje prosječnog gubitka raspoloživog tlaka z , već ordinate krivulje površine podzemne vode y , koje ordinate ima voda u tim buštinama kod strujanja prema zdencu.

Budući pak je:

$$\frac{\pi k (H^2 - z^2)}{1_n \frac{R}{x}} = \frac{\pi k (H^2 - z_0^2)}{1_n \frac{R}{r}} = \frac{\pi k_1 (H^2 - y^2)}{1_n \frac{R}{x}} = \frac{\pi k_1 (H^2 - y_0^2)}{1_n \frac{R}{r}},$$

jednadžba krivulje površine podzemne vode, koja struji prema zdencu glasi:

$$11 \dots y = \sqrt{H^2 - (H^2 - y_0^2) \frac{1_n \frac{R}{x}}{1_n \frac{R}{r}}} = \sqrt{H^2 - (H^2 - y_0^2) \frac{\log \frac{R}{x}}{\log \frac{R}{r}}},$$

odnosno:

$$12 \dots y = \sqrt{y_0^2 + (H^2 - y_0^2) \frac{1_n \frac{R}{x}}{1_n \frac{R}{r}}} = \sqrt{y_0^2 + (H^2 - y_0^2) \frac{\log \frac{x}{r}}{\log \frac{R}{r}}},$$

gdje vrijednost za y_0 treba uzeti prema jednadžbi 2.

Kod $z_0 = h = 0$; $y_0 = \frac{H}{2}$, pa je:

$$13 \dots y_{\min} = H \sqrt{1 - \frac{3}{4} \frac{1_n \frac{R}{x}}{1_n \frac{R}{r}}} = H \sqrt{1 - \frac{3}{4} \frac{\log \frac{R}{x}}{\log \frac{R}{r}}}$$

odnosno:

$$14 \dots y_{\min} = \frac{H}{2} \sqrt{1 + \frac{3 \frac{1_n \frac{R}{x}}{1_n \frac{R}{r}}}{1}} = \frac{H}{2} \sqrt{1 + \frac{3 \log \frac{x}{r}}{\log \frac{R}{r}}}.$$

Koliko bismo, u udaljenosti $x_1 = r_1$ i $x_2 = r_2$, pomoću bušotine 1 i 2, ustanovili y_1 i y_2 , dobili bismo iz jednadžbe 11:

$$y_1 = \sqrt{H^2 - (H^2 - y_0^2) \frac{\log \frac{R}{r_1}}{\log \frac{R}{r}}}, \quad \text{a } y_2 = \sqrt{H^2 - (H^2 - y_0^2) \frac{\log \frac{R}{r_2}}{\log \frac{R}{r}}},$$

odnosno:

$$y_2^2 - y_1^2 = \frac{H^2 - y_0^2}{\log \frac{R}{r}} \left(\log \frac{R}{r_1} - \log \frac{R}{r_2} \right) = \frac{H^2 - y_0^2}{\log \frac{R}{r}} \log \frac{r_2}{r_1}.$$

Iz toga je:

$$15 \dots \log \frac{R}{r} = \frac{H^2 - y_0^2}{y_2^2 - y_1^2} \log \frac{r_2}{r_1},$$

odnosno:

$$16 \dots 1_n \frac{R}{r} = \frac{H^2 - y_0^2}{y_2^2 - y_1^2} 1_n \frac{r_2}{r_1}.$$

Koliko je $y_0 = \frac{H}{2}$, glasila bi jednažba 15, odnosno 16 ovako:

$$17 \dots \log \frac{R}{r} = \frac{3 H^2}{4 (y_2^2 - y_1^2)} \log \frac{r_2}{r_1}.$$

odnosno:

$$18 \dots l_n \frac{R}{r} = \frac{3 H^2}{4 (y_2^2 - y_1^2)} l_n \frac{r_2}{r_1}$$

Iz jednadžbe 15 dobivamo:

$$\frac{H^2 - y_0^2}{y_2^2 - y_1^2} \log \frac{r_2}{r_1},$$

$$19 \dots R = r 10$$

a iz jednadžbe 17:

$$\frac{3 H^2}{4 (y_2^2 - y_1^2)} \log \frac{r_2}{r_1}.$$

$$20 \dots R = r 10$$

Pomoću jednadžbe 19, odnosno 20, možemo izračunati udaljenost R, do koje siže sniženje podzemne vode u spremištu, kad nam je poznat y_1 i y_2 .

Koliko bismo, pomoću jednadžbe 16, odnosno 18, izračunali $l_n \frac{R}{r}$

i koliko bismo osim toga za vrijeme crpljenja mjerili dotok u zdenac Q, mogli bismo, pomoću jednadžbe 9 i 17, izračunati koeficijent k. U tom bismo slučaju dobili:

$$21 \dots k = \frac{Q (H^2 - y_0^2) l_n \frac{r_2}{r_1}}{\pi (y_2^2 - y_1^2) (H^2 - z_0^2)}.$$

Kod $z_0 = h = o$; $y_0 = \frac{H}{2}$, pa je:

$$22 \dots k = \frac{3 Q l_n \frac{r_2}{r_1}}{4 \pi (y_2^2 - y_1^2)}.$$

Koliko je $y_1 = y_0$, $y_2 = y_1$, $r_1 = r_2$, dobivamo

$$23 \dots k = \frac{Q (H^2 - y_0^2) l_n \frac{r_1}{r}}{\pi (y_1^2 - y_0^2) (H^2 - z_0^2)}.$$

Kd $z_0 = h = o$; $y_0 = \frac{H}{2}$, pa je:

$$24 \dots k = \frac{3 Q l_n \frac{r_1}{r}}{4 \pi \left(y_1^2 - \frac{H^2}{4} \right)}.$$

Koliko su nam poznate veličine $r, z_0 = h, H$ i Q , možemo odrediti koeficijent propustnosti tla k pomoći izmjeru za to potrebnih veličina u zdencu i u jednoj bušotini.

Kod pokusa, koje je izvršilo R. Ehrenberger (1,110), bilo je:

$r = 0,035$ m, $R = 0,95$ m, $H = 0,40$ m i

a) kod $z_0 = h = 0$, $y_0 = 0,20$ m,

$Q = \sim 0,00178 \text{ m}^3 \text{ sek}^{-1}$,

b) kod $z_0 = h = 0$, 20 m, $y_0 = 0,25$ m, $Q = \sim 0,00134 \text{ m}^3 \text{ sek}^{-1}$.

$$\begin{aligned} \text{kod } z_0 = h = 0,0 & \quad 0,10 & 0,15 & \quad 0,20 & 0,25 & \quad 0,30 & 0,40 \text{ m}, \\ y_0 & = 0,20 & 0,2125 & 0,2256 & 0,25 & 0,2781 & 0,3125 & 0,40 \text{ m}, \\ Q & = 1,78 & 1,67 & 1,53 & 1,34 & 1,09 & 0,779 & 0,01 \text{ sek}^{-1} \end{aligned}$$

Izračunamo li pomoći jednadžbe 11, odnosno 14, dobivamo kod slučaja a): za $r_1 = 0,5$ m, $y_1 = 0,369$ m; za $r_1 = 0,095$ m, $y_1 = 0,276$ m, pa iz jednadžbe 24 u oba slučaja je: $K = 0,0117 \text{ m sek}^{-1}$ kod slučaja b): za $r = 0,5$ m $y_1 = 0,375$ m; za $r_1 = 0,095$ m $y_1 = 0,303$ m pa iz jednadžbe 23, u oba slučaja je: $k = 0,0117 \text{ m sek}^{-1}$.

Kod $k = 0,0117 \text{ m sek}^{-1}$, za različite dubine vode u zdencu $z_0 = h$, iz jednadžbe 2, odnosno 4, dobivamo:

u različitim udaljenostima od osi zdenca x_1 , dobivamo: kod $z_0 = h = 0$, $y_0 = 0,20$ m $r = 0,035$ m, $R = 0,95$ m, $H = 0,40$ m, $Q = 0,00178 \text{ m}^3 \text{ sek}^{-1}$

$$\begin{array}{llllllll} x_1 & = 0,095 & 0,14 & 0,21 & 0,35 & 0,50 & 0,70 & 0,95 \\ y_1 & = 0,276 & 0,300 & 0,330 & 0,352 & 0,369 & 0,389 & 0,40 \\ z_1 & = 0,220 & 0,259 & 0,295 & 0,334 & 0,359 & 0,381 & 0,40 \\ k & = 0,0117 & 0,0117 & 0,0117 & 0,0117 & 0,0117 & 0,0117 & 0,0117 \end{array} \text{ m, sek}^{-1}$$

Vidimo dakle, da pomoći jednadžbe 23, odnosno 24, možemo izračunati koeficijent propusnosti tla k izmjerom, odnosno i računanjem za to potrebnih veličina u zdenцу i samo u jednoj bušotini i da je on jednak, ne samo kod njegova računanja za svaku dubinu vode u zdenцу, već i kod uzimanja bušotine u ma kojoj udaljenosti od osi zdenca.

Kod određivanja koeficijenta propusnosti tla nijesu nam stoga potrebne dvije, već samo jedna bušotina. Takvim postupkom možemo znatno skratiti vrijeme, koje je potrebno, da se odredi koeficijent propusnosti k, a takodjer i smanjiti troškove ne samo poradi mogućnosti uzimanja jedna mjesto dvije bušotine, već i radi smanjenja troškova crpljenja vode, naročito ako uzmemmo bušotinu u neposrednoj blizini zdenca.

Kratki sadržaj.

U ovoj je raspravi autor došao do zaključka, da dosadašnji način određivanja koeficijenta propusnosti tla, izmjerom za to potrebnih veličina u zdencu i dvjema bušotinama, ne može dati ispravne rezultate, jer u buštinama mjerimo ordinate krivulje površine podzemne vode (y) a ne ordinate zamišljene krivulje prosječnog gubitka tlaka (z).

Nakon što su izvedene jednadžbe krivulje gubitka prosječnog tlaka (5, 6, 7 i 8) i krivulje površine podzemne vode (11, 12, 13 i 14), koja struji prema zdenцу, autor je dao jednadžbe, pomoći kojih možemo odrediti koeficijent propusnosti tla k (21, 22, 23 i 24) koliko izmjerom za to potrebnih veličina u dvjema bušotinama toliko i izmjerom u zdencu i jednoj bušotini, koju možemo izbrati i u neposrednoj blizini zdenca.

Rezultati pokusa, koje su izvršili drugi autori, potpuno se slažu s rezultatima, koje dobivamo pomoći izvedenih jednadžbi.

Literatura:

1. Ehrenberger R.: Versuche über Ergiebigkeit von Brunnen und Bestimmung der Durchlässigkeit des Sandes, Zeitschrift des österr. Ingenieur- und Architekten - Vereines, Wien 1928.

2. Kyrieleis W. u. Sichardt W.: Grundwasseraabsenkung bei Fundierungsarbeiten, izdanje iz god. 1930. Naklada: J. Springer, Wien.

3. Franković A.: Utjecaj odvodnjene vodostaj podzemne vode. Rasprava nije još obelodanljena.

4. Franković A.: Procjedjivanje vode kroz nasipe i nasute brane. Referat je održao autor na savjetovanju stručnjaka za visoke brane u Jablanici 25. IX. 1952. god.

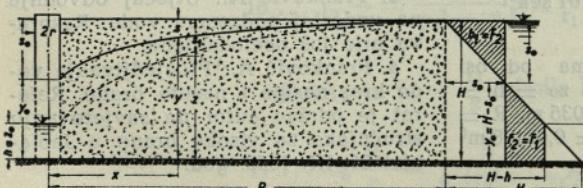
Utjecaj uzgona na stabilnost građevine

Kod određivanja stabilnosti građevine, koja se podiže djelomično ili potpuno u vodi na nepropusnom tlu, važno je znati stvarnu veličinu uzgona, koji djeluje na takvu građevinu, naročito na njenu dodirnu plohu s tlom, na kojem se ona podiže. Budući da je donekle propustan svaki materijal iz kojega se podiže građevina, razumljivo je, da će se voda više ili manje, procijedjivati kroz takvu građevinu. Postojanje pak kapilarnih sila u takvoj građevini uzrokuje dizanje vode i iznad one površine, koju poprima procijedna voda u dotičnoj građevini. Budući da je kapilarno dizanje vode to veće, što je manji promjer šupljinica, takvo dizanje može sizati i do samoga tijemena građevine, koja se podiže od malo propusnog materijala. Kod određivanja stabilnosti takve građevine moramo stoga uzeti u obzir i povećanje njene težine za težinu obujma vode, koji ispunjava njene šupljinice. To pak povećanje težine građevine pojačava njenu stabilnost. Kod građevine, koja se podiže iz jednolikog, malo propusnog materijala, možemo uzeti, bez bojažni, da ćemo napraviti veću pogrešku, da su sve šupljinice dotične građevine ispunjene vodom. Kod građevine pak nejednolikoga sastava, odnosno nejednolike propusnosti, važno je ustanoviti krivulju površine procijedne vode, jer se ona bitno razlikuje od krivulje površine procijedne vode kod građevine jednolike propusnosti (1).

Kod različite propusnosti pojedinih slojeva neke građevine, procijedjivat će se jednak količina kroz svaki takav sloj. Budući da je potreban manji pretlak, da se procijedi stanovita količina vode kroz propustljiviji sloj, razumljivo je, da će se voda, kod istjecanja iz manje propusnoga sloja, koliko zanemarimo utjecaj njene brzine, cijediti vertikalno prema dolje i dizati do visine, koja odgovara pretlaku, koji je potreban, da se procijedi voda kroz propustljiviji sloj. Kod prijelaza pak procijedne vode kroz sloj, koji graniči s manje propusnim slojem takve građevine, voda će se

Iz toga je:

$$13 \dots R = \frac{H^2 - h^2}{2 \left\{ \frac{1}{m+n} \left[H - h - \frac{a}{m+n} \ln \frac{a + (m+n)(H-h)}{a} \right] + \frac{h(H-h)}{a + \frac{m+n}{2}(2H-h)} \right\}}$$



Sl. br. 1 Sl. br. 2

uspovarat pred takvim slojem do visine, koja odgovara pretlaku, koji je potreban, da se procijedi voda kroz manje propustan sloj.

Kod prijelaza iz jednoga sredstva u drugo, moramo stoga posebno računati krivulju gubitka tlaka i krivulju površine procijedne vode za svaki takav sloj građevine (1). Kod građevine jednolike propusnosti pravokutna prijesjeka, jednadžba zamišljene krivulje prosječnoga gubitka tlaka — prema oznakama na slici 1 — glasi (2):

$$1 \dots z = \sqrt{H^2 - (H^2 - z_0^2) \frac{R-x}{R}}, \text{ odnosno:}$$

$$2 \dots z = \sqrt{z_0^2 + (H^2 - z_0^2) \frac{x}{R}}, \text{ a protoka:}$$

$$3 \dots Q = \frac{kb(H^2 - z^2)}{2(R-x)}.$$

Kod $x = 0$ i $z = z_0$, dobivamo:

$$4 \dots z_{\min} = H \sqrt{1 - \frac{R-x}{R}}, \text{ odnosno:}$$

$$5 \dots z_{\min} = H \sqrt{\frac{x}{R}} i$$

$$6 \dots Q = \frac{kb(H^2 - z_0^2)}{2R} = \frac{kb(H^2 - h^2)}{2R}$$

Jednadžba pak krivulje površine vode, koja se procijeduje kroz građevinu, glasi (2):

$$7 \dots y = \sqrt{H^2 - (H^2 - y_0^2) \frac{R-x}{R}}, \text{ odnosno:}$$

$$8 \dots y = \sqrt{y_0^2 + (H^2 - y_0^2) \frac{x}{R}},$$

$$Q = \frac{kb(H^2 - h^2)}{2R} = b k \left\{ \frac{1}{m+n} \left[H - h - \frac{a}{m+n} \ln \frac{a + (m+n)(H-h)}{a} \right] + \frac{h(H-h)}{a + \frac{m+n}{2}(2H-h)} \right\}$$

gde je:

$$9 \dots y_0 = \frac{H^2 + h^2}{2H}.$$

$$\text{Kod } z_0 = h = 0; y_0 = \frac{H}{2},$$

pa je:

$$10 \dots y_{\min} = H \sqrt{1 - \frac{3}{4} \frac{R-x}{R}},$$

odnosno:

$$11 \dots y_{\min} = \frac{H}{2} \sqrt{1 + \frac{3x}{R}}.$$

Kod građevine trapezastoga prijelaska i jednolike propusnosti, protoka — prema oznakama na slici 2 — iznosi (1):

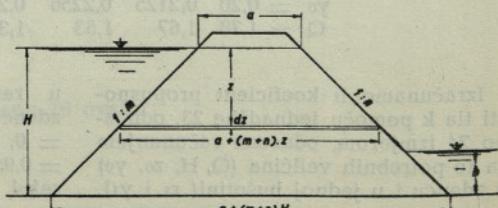
$$12 \dots Q = b k \left\{ \frac{1}{m+n} \left[H - h - \frac{a}{m+n} \ln \frac{a + (m+n)(H-h)}{a} \right] + \frac{h(H-h)}{a + \frac{m+n}{2}(2H-h)} \right\}.$$

Kod $h = 0$, je:

$$Q_{\max} = \frac{b k}{m+n} \left[H - \frac{a}{m+n} \ln \frac{a + (m+n)H}{a} \right].$$

Koliko bismo htjeli znati kako veliki prijesjak građevine trapezastoga oblika odgovara veličini građevine pravokutnoga prijelaska, je (1):

$$a + (m+n)H = \frac{1}{m+n} \left[H - h - \frac{a}{m+n} \ln \frac{a + (m+n)(H-h)}{a} \right] + \frac{h(H-h)}{a + \frac{m+n}{2}(2H-h)}$$



Kod $z_0 = h = 0$, je:

$$14 \dots R = \frac{H^2}{\frac{2}{m+n} \left[H - \frac{a}{m+n} \ln \frac{a + (m+n)H}{a} \right]}.$$

Prema tome općenita jednadžba, koju možemo primjeniti kod računanja protoka kroz gradjevinu trapezastoga prijesjeka, glasi:

$$15 \dots Q = \frac{k b (H^2 - h^2)}{2R}, \text{ gdje } R$$

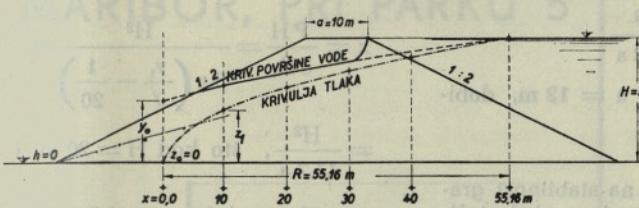
treba uzeti prema jednadžbi 13.

Kod $h = 0$, je:

$$16 \dots Q_{\max} = \frac{k b H^2}{2R}, \text{ gdje } R \text{ treba}$$

uzeti prema jednadžbi 14.

Kod gradjevine trapezastoga oblika možemo stoga računati krivulju gubitka tlaka kao kod gradjevine pravokutnoga prijesjeka pomoću jednadžbe 1 ili 2, odnosno 4 ili 5, a krivulju površine procjedne vode pomoću jednadžbe 7 ili 8, odnosno 10 ili 11, koliko R uzmemmo prema jednadžbi 13, odnosno 14. Kod takvoga bi slučaja krivulja gubitka tlaka i krivulja površine procjedne vode imala oblik kako je to prikazano na slici 3.



Slika br. 3

Na jednak bismos način računali oblik krivulje gubitka tlaka i krivulje površine procjedne vode kod slučaja nejednolike propusnosti pojedinih slojeva takve gradjevine. Kod takvoga slučaja procjedjivala bi se jednaka količina vode kroz svaki sloj. Budući pak da je potreban manji pretlak, da se procijedi jednaka količina vode kroz propustljiviji, nego kroz manje propustan sloj — prema oznakama na slici 4 — je:

$$Q = \frac{k_1 b (h_1^2 - h_0^2)}{2R_1} = \frac{k_2 b (h_2^2 - h_1^2)}{2R_2} = \frac{k_3 b (H^2 - h_2^2)}{2R_3}.$$

Kod $h_0 = 0$, je:

$$Q_{\max} = \frac{k_1 b h_1^2}{2R_1}, \quad h_1 = \frac{2R_1 Q_{\max}}{k_1 b}, \text{ pa je:}$$

$$Q_{\max} = \frac{k_2 b \left(h_2^2 - \frac{2R_1 Q_{\max}}{k_1 b} \right)}{2R_2} = \frac{k_2 \left(b h_2^2 - \frac{2R_1 Q_{\max}}{k_1} \right)}{2R_2}, \text{ odnosno:}$$

$$2R_2 Q_{\max} = k_2 b h_2^2 - 2R_2 Q_{\max} \frac{k_2}{k_1}. \text{ Iz toga je:}$$

$$17 \dots h_2 = \sqrt{\frac{2Q_{\max}}{b} \left(\frac{R_2}{k_2} - \frac{R_1}{k_1} \right)}, \text{ pa je:}$$

$$Q_{\max} = \frac{k_3 b \left(H^2 - \frac{2R_2 Q_{\max}}{b k_2} - \frac{2R_1 Q_{\max}}{b k_1} \right)}{2R_3}, \text{ odnosno:}$$

$$2R_3 Q_{\max} = b k_3 H^2 - 2R_2 Q_{\max} \frac{k^3}{k_2} - 2R_1 Q_{\max} \frac{k_3}{k_1}.$$

Iz toga dobivamo:

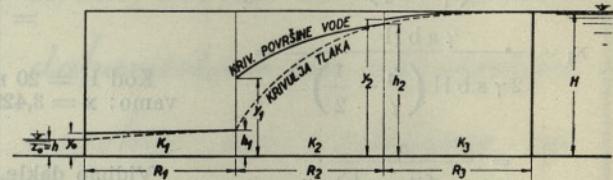
$$18 \dots H = \sqrt{\frac{2Q_{\max}}{b} \left(\frac{R_1}{k_1} + \frac{R_2}{k_2} + \frac{R_3}{k_3} \right)}, \text{ odnosno:}$$

$$19 \dots Q_{\max} = \frac{b k_1 H^2}{2 \left(R_1 + \frac{k_1}{k_2} R_2 + \frac{k_2}{k_3} R_3 \right)}.$$

Koliko uzmemmo, da je:

$$20 \dots R' = R_1 + \frac{k_1}{k_2} R_2 + \frac{k_1}{k_3} R_3, \text{ dobivamo:}$$

$$21 \dots Q_{\max} = \frac{b k_1 H^2}{2R'}.$$



Slika br. 4

Kod poznatoga h , možemo izračunati visinu vrelne plohe y_0 za svaki sloj takve gradjevine pomoću jednadžbe 9.

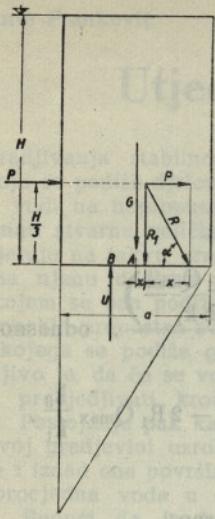
Koliko bi srednji sloj gradjevine bio manje propustan od druga dva sloja, krivulja bi gubitka tlaka i krivulja površine procjedne vode, izgledala kako je to prikazano na slici 4.

Vidimo dakle, da će uzgon, koji djeluje na takvu gradjevinu, biti to

manji, što je njen uzvodni sloj nepropustljiviji. Budući pak da procjedna voda u samoj gradjevini, povećava njenu težinu, a time i njenu stabilnost, nema razloga, da se uzvodni dio gradjevine odvodnjava pomoću drenaže, jer takav način izvedbe gradjevine, ne samo da smanjuje njenu stabilnost, već i povećava njenu propustnost.

Kod određivanja stabilnosti gradjevine, koja se podiže djelomično ili potpuno u vodi na nepropusnom tlu, naročito kod visokih brana, ne uzimamo u račun djelovanje ukupne, već za $\frac{1}{2}$ do $\frac{2}{3}$ smanjene veličine uzgona. Koliko pak iznosi stvarno smanjenje uzgona, možemo to odrediti ovako:

Poradi lakšega računanja, pretpostavimo, da je gradjevina pravokutnoga prijesjeka izvedena od betona, specifične težine $\gamma_1 = 2000 \text{ kgm}^{-3}$ s 12% šupljinicama. Prema oznakama na slici 5, kod takvoga će slučaja rezultanta para sila R_1 iznositi:



Slika br. 5

$$R_1 = G - U; \quad G = \gamma_1 a b H; \quad U = \frac{\gamma a b H}{2}, \quad P = \frac{\gamma b H^2}{2}, \quad \text{gdje označuje:}$$

γ ... specifičnu težinu vode,
 γ_1 ... specifičnu težinu betona i
 b ... širinu gradjevine.

Iz toga dobivamo:

$$R_1 = \gamma a b H \left(\frac{\gamma_1}{\gamma} - \frac{1}{2} \right), \quad A B = \frac{a}{6}$$

$$x_1 = \frac{\gamma a b H}{2 \gamma a b H \left(\frac{\gamma_1}{\gamma} - \frac{1}{2} \right)} \frac{a}{6} = \frac{a}{12 \left(\frac{\gamma_1}{\gamma} - \frac{1}{2} \right)}$$

Kod $\gamma_1 = 2000 \text{ kg m}^{-3}$ i $\gamma = 1000 \text{ kg m}^{-3}$, je:

$$x_1 = \frac{a}{18} = 0,05 a, \quad \text{što, kod } a = 12 \text{ m,}$$

daje: $x_1 = 0,6 \text{ m}$.

$$\text{Budući da je: } \operatorname{tg} \alpha = \frac{R_1}{P} = \frac{H}{3x},$$

Hvatište rezultante vlastite težine gradjevine, uzgona i tlaka tekućine, iznosi:

$$x = \frac{PH}{3R_1} = \frac{H^2}{6a \left(\frac{\gamma_1}{\gamma} - \frac{1}{2} \right)} = \frac{H^2}{9a}. \quad \text{Kod } H = 20 \text{ m i } a = 12 \text{ m,}$$

dobivamo:

$$x = 3,7037 \text{ m, a } R = \sqrt{P^2 + R_1^2}.$$

Kod pretpostavke, da su sve šupljinice gradjevine ispunjene bilo projekcijom, bilo kapilarno uzdignutom vodom, je:

$$\begin{aligned} G &= \gamma_1 a b H + \alpha \gamma a b H = \\ &= \gamma_1 a b H \left(1 + \frac{\alpha \gamma}{\gamma_1} \right), \quad U = \\ &= \frac{\gamma a b H}{2}, \quad R_1 = \\ &= \gamma a b H \left(\frac{\gamma_1}{\gamma} + \alpha - \frac{1}{2} \right), \end{aligned}$$

gdje α označuje omjer volumena šupljinica u gradjevini i njenoga ukupnoga volumena. Stoga dobivamo:

$$\begin{aligned} x_1 &= \frac{\gamma a b H}{2 \gamma a b H \left(\frac{\gamma_1}{\gamma} + \alpha - \frac{1}{2} \right)} \frac{a}{6} = \\ &= \frac{a}{12 \left(\frac{\gamma_1}{\gamma} + \alpha - \frac{1}{2} \right)}. \end{aligned}$$

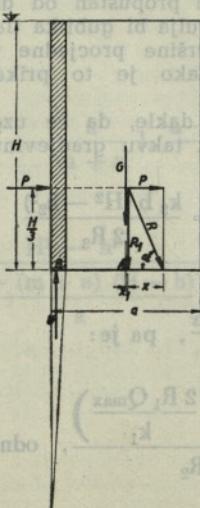
Kod $\frac{\gamma_1}{\gamma} = 2$ i $\alpha = 0,12$, je:

$$x_1 = \frac{a}{19,44}, \quad \text{a kod } a = 12 \text{ m: } x_1 = 0,617 \text{ m.}$$

$$x = \frac{PH}{3R_1} = \frac{\gamma b H^3}{6 \gamma a b H \left(\frac{\gamma_1}{\gamma} + \alpha - \frac{1}{2} \right)} = \frac{H^2}{9,72 a}.$$

Kod $H = 20 \text{ m}$ i $a = 12 \text{ m}$, dobivamo: $x = 3,429 \text{ m}$.

Vidimo dakle, da na stabilnost gradjevine utječe uzimanje u obzir težine vode, koja ispunjava šupljinice dotične gradjevine, ali ne u tolikoj mjeri, da bi to opravdavalo uzimanje u račun $\frac{1}{2}$ do $\frac{1}{3}$ stvarne veličine uzgona.



Slika br. 6

Budući da se obično ne podižu takve gradjevine od materijala jednolike propusnosti, jer se one provide s vodne strane manje propusnom žbukom, razumljivo je, da će biti manji učinak sile uzgona na takvu gradjevinu. Koliko ne uzmememo u obzir povoljan utjecaj s vodom ispunjenih šupljinica na stabilnost gradjevine i kod pretpostavke, da je debljina mā

nje propusnoga sloja $\frac{a}{10}$, prema oznakama na slici 6, je:

$$\begin{aligned} G &= \gamma_1 a b H, \quad U = \\ &= \frac{\gamma a b H}{20}, \quad P = \frac{\gamma b H^2}{2}, \quad R_1 = \\ &= \gamma a b H \left(\frac{\gamma_1}{\gamma} - \frac{1}{20} \right), \quad AB = \\ &= \frac{14 a}{30}, \quad x_1 = \frac{14 a}{20,30 \left(\frac{\gamma_1}{\gamma} - \frac{1}{20} \right)} = \\ &= 0,01196 a, \quad \text{što, kod } a = 12 \text{ m,} \\ &\quad \text{daje: } x_1 = \sim 0,1436 \text{ m.} \end{aligned}$$

Hvatište pak rezultante vlastite težine gradjevine, uzgona i tlaka tekućine, iznosi:

$$\begin{aligned} x &= \frac{PH}{3R_1} = \frac{H^2}{6a \left(\frac{\gamma_1}{\gamma} - \frac{1}{20} \right)} = \\ &= \frac{H^2}{11,7 a}, \quad \text{što kod } H = 20 \text{ m i} \end{aligned}$$

$a = 12 \text{ m, daje: } x = 2,849 \text{ m.}$

Pretpostavimo li, da djeluje samo $\frac{1}{3}$ stvarnog uzgona — kako se to obično i prepostavlja — dobivamo:

$$\begin{aligned} G &= \gamma_1 a b H, \quad U = \frac{1}{3} \frac{\gamma a b H}{2} = \\ &= \frac{\gamma a b H}{6}, \quad P = \frac{\gamma b H^2}{2}, \end{aligned}$$

$$R_1 = \gamma a b H \left(\frac{\gamma_1}{\gamma} - \frac{1}{6} \right),$$

$$R = \sqrt{P^2 + R_1^2},$$

$$\begin{aligned} x_1 &= \frac{a}{6} \frac{\gamma a b H}{6 \gamma a b H \left(\frac{\gamma_1}{\gamma} - \frac{1}{6} \right)} = \\ &= \frac{a}{36 \left(2 - \frac{1}{6} \right)} = 0,015 a, \quad \text{što,} \\ &\quad \text{kod } a = 12 \text{ m, daje: } x_1 = 0,18 \text{ m, a} \end{aligned}$$

$$x = \frac{H^2}{6a \left(\frac{\gamma_1}{\gamma} - \frac{1}{6} \right)} = \frac{H^2}{11a} = 3,0303 \text{ m.}$$

Vidimo dakle, da utjecaj uzgona na stabilnost gradjevine, kod takvoga slučaja, može biti i manji od $\frac{1}{3}$ stvarnoga uzgona. Koliko pak ne bismo proveli odvodnjnu gornjeg dijela takve gradjevine, njena bi se stabilnost još više povećala. Stoga mislim, da bi takve gradjevine bile stabilnije, kad bi se one podizale od što tanjega i što manje propusnoga sloja s vodne strane i kad bi se izvela samo galerija za odvod procjedne vode, koju bi galeriju trebalo predvi-

djeti u propustljivijem dijelu temelja uz nizvodni rub manje propusnoga sloja dотићe gradjevine.

Kratki sadržaj

U ovoj je raspravi autor pokušao dati smjernice za određivanje one veličine uzgona, koju bi trebalo uzeti u obzir kod računanja stabilnosti gradjevine. Uzevši, da na stabilnost gradjevine povoljno utječe koliko težina procjedne, toliko i težina kapilarno usisavane vode, autor dolazi do zaključka, da niti težina vode, koja ispunjava sve šupljinice gradjevine, ne može opravdati uzimanje u račun samo $\frac{1}{2}$, a još manje $\frac{1}{3}$ uzgona, koji stvarno djeluje na gradjevinu i da možemo polučiti takvo njegovo smanjenje jedino izgradnjom što tanjega

i što manje propusnoga sloja s vodne strane gradjevine. Stoga autor misli, da možemo postići veću stabilnost takve gradjevine bez izvedbe odvodnje njenoga gornjeg dijela izgradnjom što tanjega, malo propusnoga sloja s vodne strane i izvedbom odvodnje u donjem dijelu propustljivijega sloja uz rub manje propusnoga sloja dотићe gradjevine.

Literatura:

1. Franković A.: Procjedjivanje vode kroz nasipe i nasute brane. Referat, koji je održan na savjetovanju stručnjaka za visoke brane 25. IX. 1952. u Jablanici.

2. Franković A.: Utjecaj odvodnje na vodostaj podzemne vode. Rasprava nije još objelodanjena.

SPLOŠNO GRADBENO PODJETJE

»KONSTRUKTOR«

MARIBOR, PRI PARKU 5

izvaja vsa gradbena
in obrtniška dela

JURIŠČEVA 18

tel. 23-649, 23-650, 23-651

*K 10=letnici ustanovitve
nove Jugoslavije iskreno
čestita vsem delovnim kolek-
tivom, svojim odjemalcem in
dabaviteljem ter želi mnogo
uspehov pri nadaljnji iz-
gradnji socializma*

*Kresniška industrija apna
Kresnice*

**Republiško Podjetje za urejanje hudournikov
v Ljubljani**

PREUZIMA SVE

kot edino podjetje te vrste na področju LRS,
vrši vsa dela v zvezi z urejanjem hudournikov



V okviru Podjetja dela tudi Projektivni biro za urejanje hudournikov

GEOISTRAŽIVANJA

PODUZEĆE ZA GEOLOŠKO - RUDARSKA I GRADJEVINSKA
ISTRAŽIVANJA, KONSOLIDACIJU TLA I PROJEKTIRANJE

ZAGREB
KUPSKA UL. 2

Telefon: 25-107, 35-950, 39-916

Površinska i jamska istražna bušenja na metale,
ugljen, sol, vodu i sl.



Konsolidacioni radovi na akumulacionim baze-
nim i branama. Injektiranje sa cementnim i ben-
tonitnim injekcijama.



Geomehanička ispitivanja na terenu i u labora-
toriju sa najmodernijim sredstvima.



Istraživanje vode. Studij nadzemne i podzemne
hidrografije, oborinskih područja, praćenje oscil-
acija vodostaja i temperature u buštinama i na
otvorenim vodotocima, izrada karata podzemnih
voda. Izrada arteških i subarteških bunara. Pro-
jektiranje vodovoda, vodokaptaža, te raznih vo-
doopskrbnih uredaja.



Projektiranje nasutih brana zemljanih i kamenog
tipa.



Projekti za rudnike i kamenolome, njihovo istra-
živanje i otvaranje.



Rudarska mjerena.



Geološko - rudarska i inženjersko - geološka istra-
živanja.



Konzultacije i stručni savjeti.



JUGOSLOVENSKO PREDUZEĆE ZA FUNDIRANJE

JUGOFUND

BEograd
ZEMUNSKI PUT br. 7

Telefon 28-976

SPECIJALIZOVANO PREDUZEĆE ZA
FUNDIRANJE OBJEKATA U STIŠLJIVIM TE-
RENIMA NA ŠIPOVIMA SISTEMA „FRANKI“

VRŠI SVE VRSTE SONDAŽNIH
BUŠENJA ZA GRADJEVINSKE
SVRHE I ZA SNABDEVANJE VODOM

PODUZEĆE ZA IZVODJENJE GRADJEVINSKIH RADOVA
FRANKI

ZAGREB

JURIŠIČEVA 1/II

Tel. 23-649, 23-648, 35-190



PREUZIMA SVE VRSTE GRADJE-
VINSKIH RADOVA IZ VISOKE I NI-
SKE GRADNJE, A NAROČITO RA-
DOVE NA REGULACIJAMA RIJEKA
I MELIORACIJAMA TLA

HIDROPROJEKT

ZAVOD ZA PROJEKTIRANJE

ZAGREB DRAŠKOVIĆEVA UL. 33

TELEFON: 39-211, 35-284, 38-358, 24-044, 38-807

PROJEKTIRA:

sve vodogradjevine i ostale
gradjevinske rade, izvršuje
agrarne operacije, projektira
projekte bujičarstva i zaštite tla
te izradjuje poljoprivredno
melioracione osnove i rade
time u vezi

Splošno gradbeno podjetje

BETON

CELJE

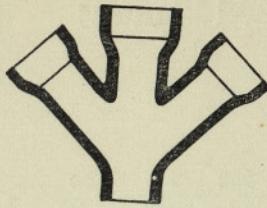
Ljubljanska c. 16

Telefon 20-30 in 20-31

Ustanovljeno leta 1946

Podjetje zaposluje do 2000 delavcev, razpolaga s potrebnimi prevoznimi sredstvi in stroji ter opravlja vse vrste visokih in nizkih gradenj. — Ima svojo lastno žago, mehanično, mizarsko in tesarsko delavnico, svoje električarje, vodovodne inštalaterje, kleparje, slikarje in pleskarje ter svoj kamnolom in gramoznico.

Letos ima svoja največja gradbišča v Štorah (Železarna Štore), v Trbovljah (Strojna tovarna Miha Marinko in Rudnik Trbovije), v Zagorju (Rudnik Zagorje), v Celju in na Vranskem. — Podjetje ima svoje laboratorije za preizkušnjo materiala; sestavlja predračune za vse vrste gradbenih del



DVOKRAKI ODCEP (Fazonski komad)

(SALONITNI IZDELKI)

Tehnični podatki:

ϕ	50	80	100	125	150	175	200	250	300	350
kg	1,66	4,11	5,69	7,25	10,50	11,80	15,70	28,85	35,00	48,20

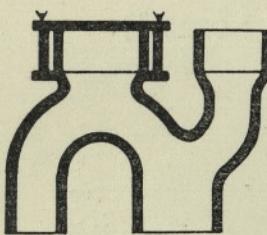
Uporaba: Za kanalizacijske in odtočne cevi.

Proizvod izdeluje:

»15. SEPTEMBER«

tovarna cementa in
salonita

ANHOVO - SLOVENIJA



QBIČAJNI SIFON (Fazonski komad)

(SALONITNI IZDELKI)

Tehnični podatki:

ϕ	50	80	100	125	150	175	200	250
kg	1,79	4,38	7,00	10,09	13,10	17,80	25,40	33,30

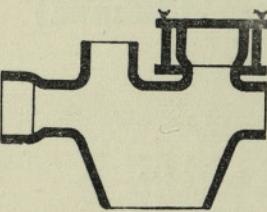
Uporaba: Za kanalizacijske in odtočne cevi.

Proizvod izdeluje:

»15. SEPTEMBER«

tovarna cementa in
salonita

ANHOVO - SLOVENIJA



ZABOJNI SIFON (Fazonski komad)

(SALONITNI IZDELKI)

Tehnični podatki:

ϕ	50	80	100	125	150	175	200	250
kg	2,62	5,16	6,56	9,20	12,95	15,75	25,65	35,00

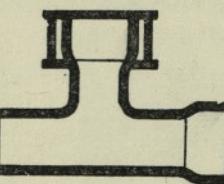
Uporaba: Za kanalizacijske in odtočne cevi.

Proizvod izdeluje:

»15. SEPTEMBER«

tovarna cementa in
salonita

ANHOVO - SLOVENIJA



REVIZIJSKI KOMAD (Fazonski komad)

(SALONITNI IZDELKI)

Tehnični podatki:

	50	80	100	125	150	175	200	250	300	350	
komplet	kg	1,21	3,12	4,15	5,28	7,17	10,93	11,85	17,90	27,90	33,50
guma	kg	0,08	0,10	0,15	0,15	0,20	0,20	0,25	0,35	0,40	0,45
železo	kg	0,25	0,40	0,50	0,75	0,85	0,98	1,10	1,70	2,10	2,40

Uporaba: Za kanalizacijske in odtočne cevi.

Proizvod izdeluje:

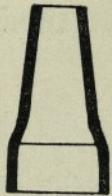
»15. SEPTEMBER«

tovarna cementa in
salonita

ANHOVO - SLOVENIJA

REDUKCIJA A—B (Fazonski komad)

(SALONITNI IZDELKI)



Tehnični podatki:

ϕ	50	80	100	125	150	175	200	250	300	350
kg	0,70	1,49	1,92	2,54	3,15	3,68	4,55	8,75	12,25	16,20

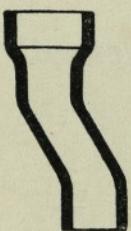
Uporaba: Za kanalizacijske in odtočne cevi.

Proizvod izdeluje:

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

ETAŽNI LOK (Fazonski komad)

(SALONITNI IZDELKI)



Tehnični podatki:

ϕ	50	80	100	125	150	175	200	250	300	350
kg	0,80	2,27	3,33	4,55	5,78	7,88	8,75	12,70	19,25	24,50

Uporaba: Za kanalizacijske in odtočne cevi.

Proizvod izdeluje:

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

DIMNOVODNI ENOKRAKI ODCEP (Fazonski komad)

(SALONITNI IZDELKI)



Tehnični podatki:

ϕ	80	100	125	150	200	250	300	350
kg	1,75	2,60	3,50	4,80	7,50	12,25	18,40	26,80

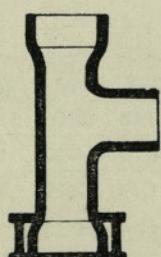
Uporaba: Za dimnovodne cevi.

Proizvod izdeluje:

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

DIMNOVODNI REVIZIJSKI KOMAD (Fazonski komad)

(SALONITNI IZDELKI)



Tehnični podatki:

	80	100	125	150	200	250	300	350	
kompletan	kg	1,80	2,40	3,15	3,85	7,05	11,20	14,70	20,35
guma	kg	0,10	0,15	0,15	0,20	0,25	0,35	0,40	0,45
železo	kg	0,40	0,50	0,75	0,85	1,10	1,70	2,10	2,40

Uporaba: Za dimnovodne cevi.

Proizvod izdeluje:

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