

DRUŠTVO ZA ODVODNJAVANJE I NAVODNJAVANJE HRVATSKE
Z A G R E B

PRIRUČNIK
ZA HIDROTEHNIČKE MELIORACIJE

I KOLO

ODVODNJAVANJE

KNJIGA 6.

ODRŽAVANJE

ZAGREB, 1991. god.

DRUŠTVO ZA ODVODNJAVANJE I NAVODNJAVANJE HRVATSKE
Z A G R E B

PRIRUČNIK
ZA HIDROTEHNIČKE MELIORACIJE

I KOLO
ODVODNJAVANJE

KNJIGA 6.
ODRŽAVANJE

ZAGREB, 1991. god.

Izdavač

DRUŠTVO ZA ODVODNJAVANJE I NAVODNJAVANJE HRVATSKE
Zagreb, Proleterskih brigada 220

Glavni i odgovorni urednik:

Prof.dr. Josip Marušić, dipl.inž.građ.

Recenzenti:

Prof.dr. Stjepan Mađar, dipl.inž.agr.
Doc.dr. Josip Petraš, dipl.inž.građ.

Tehnički urednik:

Branko Vujasinović, dipl.inž.geod.

Lektor:

Dubravko Dosegović, prof.

Naklada 500 primjeraka.

Tisak:

Copy centar, Zagreb, Cvjetna cesta 13

PREDGOVOR

Društvo za odvodnjavanje i navodnjavanje Hrvatske je krajem 1981.godine u programu svojeg rada predvidjelo izdavanje publikacija u obliku **"Priručnika za hidrotehničke melioracije"** i to u prvom kolu šest knjiga s obradom aktualnih teoretskih i praktičnih tema iz područja odvodnjavanja a u drugom kolu iz navodnjavanja zemljišta. Obzirom na kompleksnost, a i specifičnosti planiranja, projektiranja, građenja, održavanja i korištenja hidromelioracijskih sustava - u procesu definiranja sadržaja pojedinih brojeva priručnika, bilo je neophodno angažiranje afirmiranih stručnjaka i to kako za teme teoretskog tako i praktičnog značenja - iz naših i inozemnih iskustava i dostignuća.

To je realizirano sudjelovanjem stručnjaka s višegodišnjim iskustvom iz znanstvenih institucija (Fakulteti građevinskih i poljoprivrednih znanosti) i privrednih, te projektantskih organizacija (iz vodoprivredne i poljoprivredne djelatnosti). Pored brojnih tema značajan je i broj autora koji su sudjelovali u realizaciji do sada tiskanih 6 knjiga priručnika - što je vidljivo iz osnovnih podataka pojedinih brojeva:

- 1 - opći dio; 5 tema; 5 autora; 164 str.; 1983.g.
- 2 - podloge; 9 tema; 8 autora; 308 str.; 1984.g.
- 3 - osnovna mreža; 9 tema; 11 autora; 300 str.; 1985.g.
- 4 - detaljna mreža; 12 tema; 10 autora; 323 str.; 1987.g.
- 5 - građenje; 13 tema; 15 autora; 260 str.; 1989.g.
- 6 - održavanje; 11 tema; 12 autora; 280 str.; 1991.g.

Financiranje troškova izdavanja navedenih šest knjiga je bilo iz sredstava: Republičke vodoprivredne interesne zajednice, dijela SVIZ-ova vodnih i slivnih područja, te manjeg broja vodoprivrednih i poljoprivrednih organizacija Hrvatske (kao kolektivnih članova DONH-e) - kao i RSIZ-a znanstvenog rada. Troškove izdavanja knjige 6 financiralo je JVP "Hrvatska vodoprivreda" - Zagreb.

Sadržaji i obrađene teme u dosadašnjim brojevima "Priručnika za hidrotehničke melioracije" prihvaćene su kako u projektnim, vodoprivrednim i poljoprivrednim organizacijama tako i u znanstveno-nastavnim institucijama - a naročito na Fakultetima građevinske, poljoprivredne i geodetske struke i to u procesu obrazovanja studenata.

U sklopu ovog predgovora još jednom se u ime izdavača "DONH-e" - Zagreb zahvaljujemo svim autorima, recenzentima kao i lektorima, te tehničkim, glavnim i odgovornim urednicima na njihovom doprinosu u realizaciji programa izdavanja šest knjiga ovog Priručnika.

U sklopu programa I kola u ovoj zadnjoj (6.) knjizi iz područja odvodnjavanja, obrađene su teme u vezi problema, zadataka i načina održavanja hidromelioracijskih sustava površinske i podzemne odvodnje. Iz raspoloživih podataka vidljiva su značajna financijska ulaganja u izgradnju novih i dogradnju postojećih hidromelioracijskih odvodnih sustava i to

naročito u periodu od 1975. do 1985. godine. Međutim od 1986. godine prisutan je i sve veći problem u vezi nedovoljnog stupnja održavanja izgrađenih hidromelioracijskih sustava površinske odvodnje, što dovodi do sve slabijeg stupnja kako površinske tako i podzemne odvodnje hidromelioriranih zemljišta.

U sklopu navedenih konstatacija i zadataka treba i shvatiti te vrednovati sadržaje pojedinih tema obrađenih u ovoj knjizi.

Od ukupno dvanaest obrađenih tema devet je bilo predviđeno i usvojenim programom sadržaja, a tri su naknadno uvrštene, pa se daju i odgovarajuće napomene:

1. Potrebe, principi i načini održavanja odvodnih hidromelioracijskih sustava (Kos Z.). Rad je objavljen u časopisu "Vodoprivreda", broj 129-130;1991/1-2; JDON - Beograd. Međutim, obzirom da je rad bio planiran, objavljen je u knjizi 6 (iako autor nije pravovremeno obavijestio Redakcijski odbor o objavljivanju rada u časopisu "Vodoprivreda").

2. Meteorološka i hidrološka mjerenja neophodna za održavanje i korištenje hidromelioracijskih sustava (Bonacci O.) Rad je naknadno uvršten u knjigu 6 - obzirom na aktualnost te njegovo značenje za održavanje hidromelioracijskih odvodnih sustava.

3. Iskustva i preporuka za racionalno korištenje dreniranih površina (Čamdžić S; Marušić J; Racz Z; Vidaček Ž). Rad je prezentiran na savjetovanju "Dostignuća i perspektive ratarsko-stočarske proizvodnje u tržišnim uvjetima", u Puli, veljača 1991. g. Obzirom na aktualnost i značenje, te iskustvo i timski rad autora, rad se objavljuje i u ovoj knjizi, ali u prerađenom smanjenom broju stranica.

Osim ovog potrebno je posebno ukazati na rad prof.dr. Skender koji ima specifičan karakter znanstveno-istraživačkog rada i po tome ne bi spadao u kategoriju Priručnika ali smo ga zbog značaja teme ovdje uključili kako bi ukazali na ovaj dio problema u održavanju.

Također se napominje da su za knjigu 6 bile planirane, a nisu obrađene slijedeće teme:

- 1) Održavanje glavnih vodotoka i hidrotehničkih objekata za zaštitu od poplava melioracijskih područja (od poplava rijeka i brdskih vodotoka)
- 2) Održavanje crpnih postrojenja za odvodnju melioracijskih područja. Dio te teme je obrađen u knjizi 3 "Odvodne crpne stanice u Hrvatskoj"
- 3) Efekti biljne proizvodnje na hidromelioriranim poljoprivrednim zemljištima
- 4) Ekonomsko financijski pokazatelji proizvodnje poljoprivrednih kultura na hidromelioriranim zemljištima

I pored produživanja roka predaje radova autori koji su prihvatili obradu navedenih tema do 31.05.1991. to nisu izvršili.

Obzirom da DONH planira i izdavanje i knjige 7 - s obradom odabranih tema, kao i planiranih a neobrađenih u dosadašnjim knjigama, navedene teme moguće je kvalitetno pripremiti za tisak u dopunskoj knjizi ovog kola.

Zagreb, lipnja 1991.godine

Prof.dr. Josip Marušić

SADRŽAJ

	str.
1. Prof.dr. Zorko Kos: Potrebe, principi i načini održavanja odvodnih hidromelioracijskih sustava	1
2. Prof.dr. Frane Tomić: Osnovne mjere održavanja sustava odvodnje	25
3. Antun Marin, dipl.inž.stroj.: Strojevi za održavanje hidromelioracijskih sustava površinske i podzemne odvodnje	43
4. Ivan Kolovrat, dipl.inž.građ.: Održavanje objekata na hidromelioracijskim sustavima površinskog odvodnjavanja	69
5. Prof.dr. Josip Marušić: Norme i standardi za redovno održavanje hidromelioracijskih sustava površinske odvodnje	79
6. Prof.dr. Željko Vidaček, dr. Sulejman Čamdžić, prof.dr. Zoltan Racz i prof.dr. Josip Marušić: Iskustva i preporuke za racionalno korištenje dreniranih površina	143
7. Prof.dr. Željko Vidaček: Kontrola i održavanje sustava cijevne drenaže	155
8. Prof.dr. Ana Skender: Utjecaj održavanja na promjene vegetacije melioracijskih i obrambenih sustava na području istočne Slavonije i Baranje	171
9. Drago Gereš, dipl.inž.građ.: Eksploatacija sistema za odvodnjavanje i kontrola sistema u pogonu	199
10. Prof.dr. Ognjen Bonacci: Meteorološka i hidrološka mjerenja neophodna za održavanje i korištenje hidromelioracijskih sustava	233
11. Doc.dr. Josip Petraš: Uređenje bujica i zaštita od erozije	263

Prof. dr Zorko Kos
Redovni profesor Fakulteta
Graditeljskih znanosti Sveučilišta u Rijeci

POTREBA, PRINCIPI I NAČINI ODRŽAVANJA ODVODNIH HIDROMELIORACIJSKIH SUSTAVA ¹

1. Uvod

Nema nikakve dvojbe da je već odavno jasno svakom, pa i prosječnom stručnjaku u hidrotehničkoj praksi da masovno građenje odvodnih hidromelioracijskih mreža bez osigurane adekvatne službe održavanja s odgovarajućim sredstvima ne samo da nema ekonomske logike i smisla, već nanosi izravnu i značajnu štetu kako društvenoj zajednici, tako i svakom pojedincu - korisniku hidromelioracijskog sustava. To je, dakako, jasno i očigledno, ali stoji i činjenica da je problem osiguranja adekvatne službe za upravljanje i održavanje s osiguranim izvorima sredstava za normalan pogon mreže, predmet "rješavanja" i "razmatranja" odgovarajućih upravno-administrativnih struktura naše zemlje, prisutan u gotovo čitavom poslijeratnom razdoblju. Kod toga se često pojavljivao slučaj da je za izgradnju takvog sustava obično bilo daleko jednostavnije i brže osigurati potrebna financijska sredstva (ona su obično bila riješena sustavno - dugoročno), nego za potrebno održavanje adekvatnog pogona. Kako se tu u najvećem broju slučajeva radilo isključivo o društvenim sredstvima, nema nikakve dvojbe da je tome razlog u defektu društvenog sustava i nesposobnosti odgovarajućih stručnih i zakonodavnih službi društva da osiguraju adekvatno korištenje uložениh sredstava.

U našoj poslijeratnoj praksi ima više primjera da je neki hidromelioracijski sustav bio nefunkcionalan i potom napušten samo zbog toga što nije bio osiguran adekvatan režim pogona pa nije mogao udovoljiti planiranim ciljevima. Ima također više primjera da je za osposobljavanje neke odvodne građevine nakon višegodišnjeg neodržavanja (to je najčešće bio kanal) bilo jeftinije izgraditi novu nego li osposobiti postojeću. Pri tome su se takvi slučajevi, po uobičajenoj shemi, gotovo uvijek pravdali s nedostatkom novčanih sredstava. Nadajmo se da takav odnos prema zajedničkoj društvenoj imovini proživljava svoje zadnje trenutke, i da će konačno prevladati svijest o potrebi u prvom redu adekvatnog korištenja postojećeg "bogatstva", a potom će se viškom dohotka graditi novi kapaciteti. Da bi se to ostvarilo, neophodno je onemogućiti birokratski i volontaristički odnos pojedinih funkcionara, kao i osigurati provjerene stručne kadrove za rukovođenje službom. U tom nastojanju izvjesnu ulogu trebala bi odigrati i ovaj rad.

¹ Ovaj rad je sa istim naslovom tiskan u "VODOPRIVREDI" broj 129-130 na str 61 - 74

2. Upravljanje hidromelioracijskim sustavom

Jedan od osnovnih preduvjeta svrsishodnog održavanja hidromelioracijskih sustava je u načinu upravljanja: održavanje čini bitan element upravljanja. Zato će se u nastavku samo kratko navesti osnovne značajke upravljanja kao uvod u održavanje. Iako se u ovom radu razmatra održavanje odvodnih mreža, nije uvijek moguće zasebno analizirati i obrađivati odvodne sustave neovisno od ostalih aktivnosti u domeni zaštite od voda. Malo je područja u kojima je jedina vodoprivredna aktivnost odvodnja unutarnjih voda. U regijama s aridnom klimom odvodnja u pravilu ima komplementarnu funkciju s natapanjem, dok je u humidnim područjima pridružena obrani od poplava. Zbog toga se gotovo uvijek, organizacije koje upravljaju odvodnim sustavom na određenom području bave i drugim aktivnostima iz domene kontrole režima voda.

Kod razmatranja tipa organizacije kao i sheme rukovođenja na određenom-konkretnom melioracijskom području i u okviru nekog društveno-političkog modela, neophodno je analizirati problematiku koja se kratko prikazuje u nastavku.

2.1. Funkcije sustava

Ovisno o podneblju, veličini područja, tipu tla, vrsti planiranih usjeva, hidrogeologiji, itd. za neko određeno hidromelioracijsko područje biti će potrebno planirati određeni tip odvodnog sustava (otvorena odvodna mreža, horizontalna drenaža, vertikalna drenaža, odvodnjavanje mehaničkim dizanjem, itd.). Ciljevi odvodnje mogu biti različiti i mogu se, općenito uzevši, sažeti u dvije skupine, i to preventivni i meliorativni. U preventivne mjere spadaju radovi čija je osnovna svrha sprečavanje izdizanja podzemne vode iznad određene razine, borba protiv zaslanjenja i alkalizacije, itd., a u meliorativne: osposobljavanje nepoljoprivrednih ili slabo produktivnih poljoprivrednih tala u visoko produktivne (najčešće poplavna, močvarna, zaslanjena ili alkalna tla). Kao što je već ranije spomenuto ovi se radovi najčešće planiraju u sklopu navodnjavanja ili obrane od poplava. U novije vrijeme ovome se pridružuje i zaštita okoline.

U vezi iznijetog postavlja se pitanje, da li za svaku funkciju treba posebna organizacija, ili jedna organizacija za sve ili barem veći broj funkcija. Dakako, moguć je veći broj rješenja, a izbor u mnogome ovisi o tipu društveno-političkog sustava zemlje. Nema nikakve sumnje da izvjesnih prednosti ima tip organizacije u kojoj se objedinjuju svi aspekti zaštite od voda, jer se u tom slučaju omogućuje cjelovit i sveobuhvatan pristup. Dakako, kad je organizacija konstituirana, onda ona preuzima funkciju planiranja, izgradnje a iznad svega adekvatnog održavanja i pogona svih građevina i sustava u datom hidromelioracijskom području.

2.2. Administrativna razina

Prilikom razmatranja izbora, vrste i stupnja organizacije za održavanje odvodnih mreža, treba uzeti u obzir činjenicu da se odvodnja poljoprivrednih tala, kao i drugi vidovi zaštite od voda, u velikoj mjeri razlikuje od ostalih vrsta krupne infrastrukture kao što su plovni putevi,

ceste i sl. u prvom redu zbog toga jer neposredno služe interesima poljoprivrednih proizvođača. Dakako, neki aspekti zaštite od voda imaju šire društveno i gospodarsko značenje i moraju biti respektirani sa stanovišta šireg nacionalnog interesa. To se u prvom redu odnosi na osiguranje zaštite potreba industrije, prometa, rekreacije i krajolika, a posebno vodoopskrbnih izvorišta, kao i zaštite interesa susjednih područja, odnosno slivova.

U skladu s navedenim principima i potrebama, i u slučaju formiranja organizacije niže administrativne razine (općine ili zajednice općina), u izvjesnim je pitanjima neophodno aktivno učešće odgovarajućih vlasti više razine (republika ili federacije). Iako je u našoj zemlji vodoprivreda, pa shodno tome i odvodnja, normirana odgovarajućim zakonima i drugim propisima, iskustvo nam pokazuje da to nije dovoljno i da ne daje zadovoljavajuće efekte, već se neki poslovi, koji imaju specifične zahtjeve moraju rješavati i na višoj razini odlučivanja. To sudjelovanje viših vlasti, osim u zakonovodstvu, može se izraziti u potrebi financiranja, kontrole, davanja nekih suglasnosti, pa sve do odobravanja ili čak izrade planova značajnijih hidromelioracijskih sustava.

Kako je već sasvim jasno i neizbježno da će se u našoj zemlji u neposrednoj budućnosti provoditi temeljita reforma, među ostalim, i u društveno-ekonomskoj i zakonodavnoj sferi, doći će i do odgovarajućih promjena u načinu i oblicima organiziranja u vodoprivredi. Neophodno je hitno zamijeniti rasipnički i nedjelotvoran dosadašnji način organiziranja, i to ne samo u domeni financiranja, već i u ostalim vidovima aktivnosti. S tim u vezi biti će neophodno izučiti nekoliko efikasnijih modela organiziranja u svijetu i izabrati onaj koji je prošao odgovarajuću provjeru u praksi i dao zadovoljavajuće rezultate. Nadamo se da više nikome neće pasti na pamet da se ponovno "izmisli" neki novi sistem - dakako "najbolji na svijetu". S tim u vezi vrijedno je spomenuti iskustva Nizozemske, u kojoj je vlada organizirala i realizirala isušivanje i melioraciju poldera, zatim izvanredne uspjehe savezne vlade SAD u razvoju zapadnih država putem melioracije tla na temelju Reclamation Acta. Vrijedan pažnje je i model primjenjivan u susjednoj Grčkoj, gdje vlada pokreće, planira i realizira velike melioracijske projekte, a kasnije ih preda na održavanje lokalnim vodoprivrednim organizacijama, ili pak način primjenjivan desetljećima u Italiji po kome se učešće države određuje na osnovu stupnja (kategorije) radova i razine razvijenosti područja. Dakako, svi takvi projekti podložni su rigoroznoj kontroli odgovarajućih ministarstava, počev od revizije projekata, pa do kolaudacije radova.

2.3. Veličina i granice hidromelioracijskog područja

Danas se općenito smatra da, kad je u pitanju zaštita od voda, osnovna jedinica koju treba razmatrati slivno područje, ili pak u najmanju ruku cjeloviti dio sliva. Kod hidroloških istraživanja, sliv se uvijek obrađuje kao nedjeljiva cjelina. Uostalom, problemi otjecanja, zaštite od poplava i građevine za skladištenje voda, projekti natapanja i ostali vidovi upotrebe voda, a u posljednje vrijeme i zaštita od zagađivanja, moraju se obrađivati zajednički i jedinstveno, jer će neminovno građevine i sustavi građeni u jednom dijelu sliva utjecati na

režim voda u drugom.

Ponekad je moguće da pojedinačno poljoprivredno dobro čini ujedno i osnovnu jedinicu za zaštitu od voda. Na područjima gdje su hidrografske i hidrološke jedinice male, a poljoprivredna imanja velika, granice hidromelioracijske jedinice mogu se poklapati s granicama imanja. To je npr. čest slučaj u našim obalnim i otočnim područjima. U takvim je slučajevima sasvim uobičajeno da obrana od poplava, unutrašnja odvodnja i eventualno natapanje kišenjem može biti realizirano na razini imanja. Međutim, u slučaju većeg broja imanja bit će neophodno osnovati odgovarajuću vodoprivrednu organizaciju.

Potreba zajedničkog upravljanja uređajima i sustavima za zaštitu od voda i korištenja voda prisutna je već stoljećima u mnogim krajevima svijeta. Ljudske zajednice, suočene s istim problemom organizirale su se u cilju zajedničke zaštite života, imovine i poljoprivrednih usjeva.

U sadašnje vrijeme, kao rezultat tehnološkog napretka i potrebe većih financijskih sredstava za adekvatno rješavanje naraslih problema, manje se jedinice obično spajaju ili udružuju u veće. S tim u vezi značajna je uloga državnih organa, koji različitim mjerama pomažu unapređenje službe. S druge strane poznata je činjenica da kod vodoprivrednih sustava postoji tzv. ekonomika mjerila, a to znači da su pojedine građevine (kanali, cjevovodi, crpne stanice, akumulacije) to ekonomičnije, tj. "jedinica proizvoda" je to jeftinija što je građevina većeg kapaciteta.

Kao zaključak može se naglasiti da je nemoguće a priori dati odgovor na pitanje koja veličina osnovne jedinice daje optimalne efekte u pogonu. Male organizacijske jedinice imaju obično jaču koheziju u rješavanju svakodnevnih problema, dok veće imaju prednost u mogućnosti introdukcije modernije tehnologije i u rješavanju krupnijih problema razvoja. Dakako, u svakom pojedinom slučaju treba pomno realizirati sve prednosti i mane, i nakon toga donijeti adekvatno, po mogućnosti optimalno rješenje.

2.4. Zakonska regulativa

Povijest nas uči da narodi, koji su se jednom nastanili na području ili u blizini nekog značajnijeg izvorišta vode, veoma brzo spoznaju potrebu za definiranje pravila kako bi se to bogatstvo sačuvalo i donijeli propisi o vlasništvu, raspodjeli i korištenju vode. Postoji, također, čitav niz primjera da se civilizacija razvijala i cvjetala u onim predjelima gdje je upravljanje i nadzor nad vodnim bogatstvom bio efikasan, a isto tako i propadanje i nestajanje pojedinih civilizacija dobrim je dijelom uzrokovano lošim upravljanjem i nebrigom za vodno bogatstvo.

Bit vodnog zakonodavstva tog ranog razdoblja naše povijesti podjednako kao i danas, temelji se u prvom redu na osnovnim fiziografskim faktorima zemlje, kao i na njenom društvenom, tehničkom, ekonomskom i političkom položaju. U krajevima gdje je vode bilo u izobilju, regulativa je prvenstveno bila usmjerena u pravcu zaštite od štetnog djelovanja

voda (uređenje vodotoka, nasipi, obrana od poplava). dok je u sušnim predjelima težište bilo usmjereno na zaštitu nedovoljnih vodnih količina, kao i na pravednu raspodjelu.

Vodoprivreda kao grana, a shodno tome i sve vodoprivredne radne organizacije moraju imati zdravu zakonsku osnovu. U našoj zemlji, ili bolje rečeno u našoj republici, osnovna regulativa vodoprivrednih djelatnosti ima zadovoljavajuću kvalitetu, ali u nekim segmentima nije dovoljno razrađena. Nadalje, kao značajniji nedostatak može se spomenuti činjenica o nedovoljnoj integriranosti vodoprivrednih službi u nacionalnim okvirima (republike i federacije) a s tim u vezi i nedostatak adekvatnog tijela koje bi razrađivalo strategiju dugoročnog razdoblja pojedinih grana za čitavu zemlju. Naime, treba naglasiti da skup optimalnih rješenja, recimo vodoopskrbe u pojedinim izdvojenim područjima, nije istovremeno optimum za cijelu republiku. Osim toga, ima poslova i problema koji su zajednički za sve, ili takvih koje pojedine izdvojene jedinice ne mogu na adekvatan način rješavati (standardi, opća istraživanja, tipizacija elemenata i sl.).

Lokalni propisi i pravila, koji u nekim krajevima proizlaze iz običajnog prava, čine vitalni dio organizacijske strukture lokalne vodoprivredne organizacije. Ova pravila ne samo da utvrđuju prava i obaveze korisnika tla i vode, već također propisuju i ograničenja trećim licima (npr. pristup nasipima i sl.)

U nekim zapadnim zemljama uobičajeno je da se lokalnim propisima određuje opseg i dinamika godišnjeg održavanja otvorene odvodne mreže (broj i vrijeme košnje kanala i, čišćenje mulja). U slučajevima da vlasnik imanja ne obavi na vrijeme planirane radove, to može učiniti vodoprivredna organizacija na njegov trošak. Ovaj se režim održavanja obično odnosi samo na kanale nižeg reda. Uobičajeno je da takve lokalne propise odobri neka viša instanca.

2.5. Upravljanje i unutrašnja organizacija

U svijetu ima nekoliko modela upravljanja vodoprivrednim sustavima koji u prvom redu ovise o političkom sistemu, stupnju razvoja zemlje, naslijeđenim običajima i pravu itd. Spomenut ćemo neke mogućnosti

Dobar dio zemalja ima za tu djelatnost posebno ministarstvo ili pak ponekad veći broj, koje obavlja poslove planiranja, građenja pogona i održavanje vodoprivrednih sustava. Rukovođenje i obavljanje poslova regulira se hijerarhijski ustrojenim jedinicama, počev od generalnih direkcije, uprava, odsjeka, odjela itd. pa sve do neposrednih izvršilaca. Takve su ustanove najčešće podijeljene, pogotovo na višem stupnju odlučivanja, po užim stručnim poslovima ili granama. Veza između takve "činovničke" organizacije i vlasnika (korisnika) tla realizira se putem lokalnih odbora ili komisije u kojima su zastupljene obje strane.

U jednom broju zemalja upravljanje tom djelatnošću, ili pak dijelu koji neposredno služi vlasnicima tla i ostalih nekretnina, provodi se putem radnih zajednica, radnih zadruga ili tzv. javnih distrikata (public district). Kod ovog modela upravljanje hidromelioracijskim

područjem provodi se putem skupštine zajednice koju čine svi vlasnici (ili predstavnici) nekretnina, a odluke realizira upravni odbor. Radovi se obavljaju ili putem vlastite operative ili na neki drugi način.

Dakako, postoji i kombinacija između ova dva osnovna modela, a to je da dio radova obavlja državni organ putem svojih službi iz sredstava državnog budžeta, a ostalo interesenti putem svojih lokalnih organizacija. U tom slučaju država osigurava osnovne preduvjete za razvoj svih vodoprivrednih djelatnosti, kao što su obrana od poplava i uređenje glavnih vodotoka, osiguranje izvorišta vode (akumulacije), zaštita voda i ostali poslovi od zajedničkog interesa.

U našoj je zemlji ranije postojao takav "kombinirani" sustav dok preustrojtstvom zemlje na principima samoupravljanja i uvođenjem SIZ-ova, nije to dokinuto. Kao mane ovog modela mogu se navesti sve mane koje se pripisuju modelu samoupravljanja plus jedna značajna otežavajuća okolnost a to je da rukovodstva SIZ-ova i RO Vodoprivrede, iako koriste društvena (državna) sredstva, de facto ne odgovaraju nikome, a tržište na ovom segmentu gotovo da i ne može regulirati te odnose. Zato je u ovoj sferi neophodno hitno učiniti bitne promjene.

2.6. Financiranje

U mnogim zemljama država u cjelini preuzima obavezu financiranja kako građenja, tako i održavanja hidromelioracijskih sustava. U nekim drugim (SSSR, Egipat i dr.) ovi radovi spadaju u kategoriju javnih radova, pa se državne institucije brinu za realizaciju radova od planiranja, preko građenja, uključujući i održavanje. Nikakvi nameti ne nameću se korisnicima, ali država očigledno, indirektno namiruje troškove putem povećanih prihoda od poreza i taksa. U onim zemljama gdje su razrezane takse, one obično nisu u nekom direktnom odnosu s troškovima građenja i održavanja, već se određuju ili na osnovu povećane proizvodnje uslijed odvodnje (i natapanja) i, općenito uzevši, ovisne su o platežnoj moći korisnika. U nekim zemljama (npr. SAD) korisnici su dužni vratiti državi prvobitnu (nevaloriziranu) cijenu investicije na bazi dugoročnog bezkamatnog zajma ili s vrlo niskim kamatama (vraća se u godišnjim ratama - npr. 50 godina). U tim slučajevima korisnici su obavezni udruživati se u profesionalnu organizaciju radi adekvatnog održavanja tih radova.

2.7. Projektiranje i građenje odvodnih sustava

Kod složenijih hidromelioracijskog sustava, pogotovo u početnim fazama projektiranja (vodoprivredne osnove, idejne studije) kada treba kompleksno obraditi čitav sliv, ili bar veći dio, bit će neophodno na tome zaposliti značajniji tim specijaliziranim stručnjaka interdisciplinarnog sastava s bar jednim voditeljem širokog spektra znanja. Ovi se poslovi u svijetu realiziraju na nekoliko načina. Navesti ćemo neke značajnije.

U većini ekonomski najrazvijenijih zemalja svijeta najznačajnije radove na realizaciji hidromelioracijskih sustava organizira, planira, realizira i financira država (vlada), bilo putem redovnih institucija (ministarstva, direkcija itd.), ili putem specijaliziranih ustanova formiranih samo za tu namjenu. U tom slučaju te institucije provode istraživanja, izrađuju standarde i tipska rješenja studije i projekta, te putem izvođača realiziraju radove. U takvim se slučajevima za neposrednu eksploataciju tih sustava, dakako po dovršenju, obično formiraju vodne zajednice, koje se dalje brinu o održavanju i pogonu mreža.

U drugoj skupini zemalja ta je djelatnost obično podijeljena između državnih organa i organizacija zadružnog tipa. U takvom ustrojstvu, država obično planira i realizira samo osnovne - ključne građevine u sustavu, a sve ostalo vodoprivredna organizacija sliva (vodna zajednica, npr.) uz financijsku podršku i nadzor nadležne državne institucije. Financijska podrška obično ovisi o vrsti sustava, socijalnom stanju područja i eventualno nekim drugim kriterijima.

Između ova dva modela ima čitav niz oblika i varijanti (od potpuno državnog do potpuno zadružnog ustrojstva) tako da je to i nemoguće sistematizirati. Praktički, svaka država ima svoj vlastiti model.

Kao kod društvenog sustava općenito, tako i u domeni upravljanja vodoprivredom, naša je zemlja imala model "sui generis", koji se ne može usporediti ni s jednim na svijetu. Osnovna značajka tog modela, po kome se najoštrije razlikovao od ostalih, sastojao se u tome da državni organi, izuzev radnji administrativno-upravne prirode (dozvole, suglasnosti i sl.), ni u čemu nisu bili uključeni u planiranje, razvoj i građenje vodoprivrednih sustava. Ako se i SZ-ovi uvrste u "državne institucije" onda je država osiguravala i glavninu sredstava, a da nije imala adekvatnu službu koja se brinula za efekat uloženi sredstava. Prema tome, i u ovom segmentu privrednih aktivnosti neminovne su adekvatne promjene koje će osigurati razvoj ove grane kako kvalitativno, tako i kvantitativno u skladu s uloženi sredstvima.

3. Potreba redovnog održavanja mreže

Jednom izgrađena, odvodna hidromelioracijska mreža bilo otvorenog ili zatvorenog tipa, trebala bi u svim uvjetima (npr. uslijed uspora na ušću) i u svim godišnjim dobima osigurati projektirani režim protjecanja. Da bi se to postiglo, u nekim zemljama (npr. u Italiji) uobičajeno je, da se računom dobiveni poprečni presjek kanala poveća, tako da su projektirani uvjeti otjecanja osigurani i u trenutku koji neposredno predhodi čišćenju kanala. Dakako, pri tome je *veoma značajno točno utvrditi koeficijent hrapavosti koji se u tom području može očekivati u pogonu*, njegova fluktuacija između dva sukcesivna čišćenja (košnje), kao i strogo propisani režim održavanja. Ako to nije definirano još u stadiju studija i projekata, te kasnije osigurano u pogonu, onda je iluzorno govoriti o "optimalnim" dimenzijama mreže, o traženju načina i upotrebi najnovijih metoda, o što točnijim proračunima, kada samo jedna izostala košnja može "promijeniti" kapacitet kanala za 20-30%.

Iz navedenog je očigledno da je, pored kvalitetnog i točnog (u skladu s današnjim dostignućima znanosti) proračuna osnovnih dimenzija hidromelioracijskog sustava, jednako važno dobro organizirati upravljanje i održavanje tih sustava. Ako to nije osigurano na adekvatan način, onda je korisnije za čitavu zemlju da se oni i ne grade.

Prema nekom uobičajenom pravilu, kod nas se otvoreni odvodni kanali u zemlji obično dimenzioniraju uz pretpostavljeni koeficijent hrapavosti u eksploataciji od $n = 0,027$ po Manningu, odnosno $\gamma = 1,75$ po Bazinu. Rijetki su slučajevi da su se te vrijednosti provjeravale i uspoređivale sa stvarnim stanjem u eksploataciji. Autoru ovih redaka je prije više godina, od strane državne revizione komisije vraćen na prerađu projekt odvodnje sa zahtjevom da se umjesto primijenjenog koeficijenta hrapavosti $\gamma = 1,75$ po Bazinu, primijeni $\gamma = 1,30$ kako bi se smanjile dimenzije mreže. Na moju primjedbu da je to nerealno, jer treba uzeti u obzir najnepovoljnije stanje prije čišćenja (košnje), uslijedio je odgovor da, ako se kanali neće održavati, onda ih ne treba ni graditi . Međutim, činjenice govore da smo mi tisuće kilometara kanala u poslijeratnom razdoblju sagradili, a veoma malo kvalitetno održavali.

Kao primjer kvantitativnog utjecaja stanja vegetacije u koritu na veličinu hrapavosti, odnosno vodne nivoe u koritu, navest ćemo slučaj rijeke Mirne. Ovaj je vodotok sedamdesetih godina, u srednjem toku, reguliran na 100-godišnju veliku vodu, ali su se unatoč tome u sukcesivnim godinama u više navrata pojavile razine vode koje su bile jednake ili više od mjerodavnih. To je dalo povoda RO Vodoprivreda da provede istraživanja o razlozima tog odstupanja od projektom definiranih rezultata.

Kao prvi korak u tom pravcu provedeno je mjerenje hrapavosti korita Mirne na presjeku rta Dionizije. Tom prilikom ustanovljeno je (listopad 1969. god.) da za malu vodu ($Q = 5,8 \text{ m}^3/\text{s}$) koeficijent hrapavosti po Manningu iznosi $n = 0,044$, što odgovara $\gamma > 3$ po Bazinu. Dakako, za potpuniji uvid u ovu problematiku trebalo bi utvrditi rezultate za čitavu amplitudu vodnih razina, ili bar za neko stanje punjenja blisko maksimalnom. No i taj je rezultat indikativan, ali nažalost samo kvalitetne naravi; šteta je što se ova mjerenja nisu opetovala za ostale karakteristične slučajeve, što bi dalo neprocjenjive rezultate za svakodnevnu upotrebu.

Nadalje, provedena je analiza mogućih vodnih razina vodotoka uz različitu hrapavost i to primjenom modela HEC-2, koji je simuliran na računaru UNIVAC-1106. Poznato je da taj program ima kapacitet od preko 40 parametara i varijabli a namijenjen je u prvom redu za proračun stacionarnog toka prirodnih vodotoka. U ovom je slučaju pažnja usmjerena na dolinu donjeg toka rijeke Mirne, odnosno na potez od ušća do km 13 + 215 (cesta Pula - Koper). Za slučaj pojave velike vode 100-godišnjeg povratnog perioda (koja je uzeta kao osnova za sve projekte nakon 1965. god.) te uzimajući u obzir neizmjenjene sve parametre izuzev hrapavosti koja je varirana između $n = 0,025$ po Manningu (projektirano stanje) i $n = 0,044$ (izmjereno stanje), razlike razine velike vode na pojedinim presjecimavodotoka bile bi slijedeće:

Km 2 + 236 ;	H = 1,10 m
Km 6 + 0,50;	H = 1,30 m
Km 9 + 645;	H = 1,35 m
Km 13 + 215;	H = 1,40 m

Ako ove rezultate stavimo u kontekst reguliranog stanja vodotoka po kome je predviđeno da obrambeni nasipi nadvisuju razine 100- godišnje velike vode za 0,75 m (bez akumulacije Botonega), u tom bi slučaju, ako su svi računi točni, takova velika voda trebala prelijevati nasipe, ovisno o stacionaži, u visini između 0,30 i 0.70 m. Pa, ako se takav slučaj i pojavi, onda smo po pravilu skloni da uzrok tražimo u greškama inženjera - hidrologa, projektanata itd., a najmanje tamo gdje on stvarno i leži.

Nažalost, podataka koji ukazuju na zavisnost kapaciteta vodotoka o hrapavosti korita ima u nas jako malo, pa je teško o tome davati nekakav mjerodavan sud. Bilo bi daleko jeftinije, a za praksu probitačnije da se ovom problemu posveti dužna pažnja, a ne da se olako, bez adekvatne znanstvene analize biraju nekakva "optimalna" rješenja na osnovi paušalno biranih dugoročnih povratnih perioda javljanja.

4. Metode i načini održavanja mreže

4.1. Općenito

Već je ranije naglašeno kolika je važnost da se odvodna mreža neprekidno drži u ispravnom stanju, odnosno da joj protočna moć u svakom trenutku odgovara projektiranoj vrijednosti. S tim u vezi neophodno je, po nekoj primjerenoj dinamici, redovito čistiti korito od materijala koji u njega dospije na različite načine (mulj, sasušena vegetacija, industrijski i drugi otpaci i sl.), kao i uklanjati vegetaciju koja veoma često bujno raste, kako po dnu tako i po pokosima i rubovima kanala.

U otvorenim kanalima pojavljuje se veliki broj vrsta akvatičnih korova, najčešće sa specifičnim zahtjevima u pogledu okoline. Osnovne grupe su slijedeće:

- Rubni korovi čine skupinu kod kojih biljka u cjelini raste iznad vode. Tu zapravo spadaju sve one vrste koje se najčešće susreću i na poljoprivrednim površinama. U ovu grupu spadaju cyperus, spp., ipomoea spp., panicum spp. i paspalum spp. Za kanale su najopasnije one vrste koje razvijaju izdanke na površini vode,, što se ponekad može razviti u gusti i debeli sloj, što poput tepiha pluta na površini.

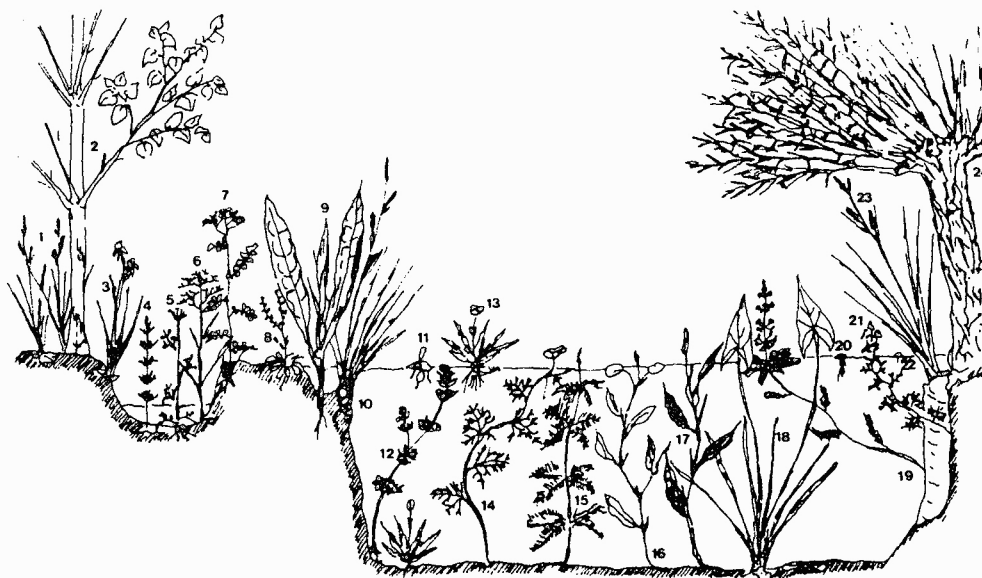
- Nadvodni korovi imaju korijenje i žilje u zemlji na dnu kanala, a stabljika i lišće nalazi se iznad vode. Imaju veoma čvrstu stabljiku pa kod velike količine bitno smanjen protjecajni presjek. U tu grupu spadaju cyperus spp., hydrocleis spp., lymonocharis spp., i typha spp. Uslijed taloženja organske mase veoma su štetni u zališnim bazenima, jer smanjuju

zapreminu, pa ih treba energično suzbijati. Kako rastu samo u relativno plitkoj vodi (ispod 100 cm) mogu se uspješno suzbijati povećanjem dubine

- Podvodni korovi u cjelini rastu u vodi, a na površini se pojavljuju eventualno cvjetovi. U ovu grupu spadaju: *ceratophyllum* spp., *elodea* spp., *myriophyllum* spp., i *potamogeton* spp. Mogu se razvijati i u uvjetima s dubinom vode od nekoliko metara, ali ne podnose povremeno presušenje, pa se na taj način mogu uspješno suzbijati.

- Plivajući usidreni korovi su slični prethodnoj skupini, ali im listovi plivaju na vodi. U ovu skupinu spada *nymphaea* spp (vodeni liljan) i *lotus*. S obzirom na relativno tanku stabljiku i široko lišće na vodenoj površini, neznatno smanjuju presjek kanala, ali zato bitno sprečavaju prodor svjetla u dubinu jer veliku površinu vodnog ogledala prekrivaju širokim listovima. To može biti štetno, ali i korisno jer time onemogućavaju razvoj druge vrste močvarnog bilja, npr. trske koja svojom stabljikom bitno smanjuje presjek kanala. Kao i prethodna skupina, ne mogu preživjeti ako se kanal povremeno prazni.

- Plivajući slobodni korovi nemaju žilje u tlu već plutaju na vodi iz koje crpe sva potrebna hranjiva. Da bi se mogli razvijati, voda mora sadržavati sva potrebna hranjiva; sadržaj mulja i glinovitih komponenata pospješuje razvoj. Nastanjuju se u mirnoj i sunčanoj vodi. Brzo se šire pod utjecajem vjetrova i vodenih struja, pa se na taj način na pojedinim mjestima mogu sakupiti u golemim količinama. Glavni predstavnici ove skupine su *eichornia crassipes* (ajhornija), *pistia stratiotes* (vodena salata), *salvinia auriculata* (vodena paprat) i alge.



Sl.1 Močvarno bilje koje se najčešće pojavljuje u melioracijskim kanalima (vidi tablicu)

NAZIVI AKVATIČNOG BILJA koje se najčešće pojavljuje u melioracijskim kanalima

Red. broj	LATINSKI	HRVATSKI	FRANCUSKI	ENGLESKI
1	<i>Carex acutiformis</i>	Šaš	<i>Carex aigu</i>	Lesser Pond Sedge
2	<i>Populus spp</i>	Topola	Peuplier	Poplar
3	<i>Iris pseudacorus</i>	Močvarna perunika	<i>Iris d'eau, l.des marais</i>	Yellow Flag
4	<i>Equisetum palustre</i>	Močvarna preslica	<i>Prele des marais</i>	Horsetail
5	<i>Oenanthe fistulosa</i>	Cjevasta trublja	<i>Oenanthe fistuleuse</i>	Water-dropwort
6	<i>Juncus silvaticus</i> (<i>J.acutiflorus</i>)	Šiljastocvjetni sit	<i>Jonc sylveste</i>	Sharp-flowered Rush
7	<i>Filipendula ulmaria</i>	Končara	<i>Reine des pres</i>	Meadow Sweet
8	<i>Myosotis palustre</i> (<i>M.sccrpiodes</i>)	Močvarni spomenak	<i>Myosotic des marais</i>	Forget-me-not
9	<i>Polygonum amphibium</i>	Vodeni troskot	<i>Patience d'eau</i>	Amphibious Persicaria
10	<i>Carex stricta</i>	Kruti šaš	<i>Carex raide</i>	Tufted Sedge
11	<i>Lemna sp.</i>	Vodena leća	<i>Lentille bourgeonnante</i>	Duckweed
12	<i>Ceratophyllum demersum</i>	Voščika	<i>Cornifle</i>	Hornwort
13	<i>Stratiotes aloides</i>	Rezac	<i>Aloes d'eau</i>	Water Soldier
14	<i>Ranunculus divaricatus</i> (<i>R.flaccidus</i>)	Žabnjak	<i>Renoncule divarique</i>	Crowfoot
15	<i>Myriophyllum spicatum</i>	Klasasti krocanj	<i>Myriophylle en epi</i>	Spiked Water Milfoil
16	<i>Potamogeton gramineus</i>	Travolisni mrijesnjak	<i>Potamot a feuille de graminees</i>	Various-leaved Pondweed
17	<i>Potamogeton lucens</i>	Svjetlucavi mrijesnjak	<i>Potamot luissant</i>	Shining Pondweed
18	<i>Sagittaria sagittifolia</i>	Strelica	<i>Sagittaire</i>	Arrowhead
19	<i>Myriophyllum sp.</i>	Vodeni krocanj	<i>Millefeuille aquatique</i>	Milfoil
20	<i>Spirodella polyrhiza</i> (<i>Lemna polyrhiza</i>)	Barskaleća	<i>Lentillee a nombreuses racines</i>	Great Duckweed
21	<i>Utricularia sp</i>	Mješinka	<i>Ultriculaire</i>	Bladderwort
22	<i>Lemna minor</i>	Vodena leća	<i>Lentille minuscule</i>	Lesser Duckweed
23	<i>Carex riparia</i>	Obalni šaš	<i>Carex des rivers</i>	Great Pond Sedge
24	<i>Salix viminalis</i>	Košaraška vrba	<i>Saule asier</i>	Common osier
25	<i>Nymphaea sp.</i>	Lopoč	<i>Nenuphar</i>	Water Lily
26	<i>Eichornia crassipes</i>	Ajhornija	<i>Hyacint d'eau</i>	Water hyacinth
27	<i>Pistia stratiotes</i>	Vodena salata	<i>Laitue d'eau</i>	Water lettuce
28	<i>Salvinia auriculata</i>	Vodena paprat, nepačka	<i>Fougere d'eau</i>	Water fern

Napomena: Brojevi uz močvarno bilje sa slike 1 odgovaraju nazivima na ovoj tablici (od 1 do 24) Navedena su znanstvena (latinska), hrvatska, francuska i engleska imena kako bi se čitaoci mogli lakše snalaziti u odnosnoj literaturi.

4.2. Mehaničko održavanje otvorenih kanala

Neovisno o kvaliteti izvedbe nekog otvorenog kanala ili jarka, njegova se protočna moć može smanjiti i do 30% samo u jednoj sezoni ako se ne održava na adekvatan način. Uzrok tome je razvoj močvarnog bilja, taloženje mulja i raznih otpadaka i eventualno urušavanje bokova. Općenito uzevši, radovi održavanja se mogu podijeliti u tri različite skupine:

- košnja vegetacije na pokosima,
- košnja vegetacije u vodi,
- čišćenje mulja i uređenje presjeka

Učestalost čišćenja vegetacije u vodi i na pokosima i bankinama ovisi o njenim vrstama i klimatskim prilikama. U područjima umjerene klime vegetacija se treba čistiti jednom do pet puta godišnje, najčešće dva do tri.

a) Košnja pokosa

Osnovni preduvjet dobrog funkcioniranja i očuvanja projektnih elemenata kanala jeste kvalitetna i redovna košnja bankina, pokosa i dna. Da bi efekat rada bio što veći treba nastojati odjednom obuhvatiti što duži potez vodotoka, najbolje čitavu dužinu. U slučaju čišćenja manjeg poteza uspor neočišćenog dijela zadržava visoke vodne razine na uzvodnom, odnosno nizvodnom dijelu, što pogoduje bržem rastu bilja i zamuljivanju.

Košnja može biti ručna i mehanička. Iako je ručna košnja kvalitetnija (ali mnogo skuplja), u novije je vrijeme sve više zamjenjuje mehanička. Za ručnu košnju upotrebljavaju se obične i specijalne kanalske kose na dugom kosišću. Mehanička košnja obavlja se pomoću više tipova kosa prilagođenih za košnju kosih površina. Osnovne karakteristike koje treba zadovoljiti dobra mehanička kosilica jesu:

- mogućnost košnje svih vrsta bilja koje raste na pokosima i bankinama kanala,
- neosjetljivost na sijeno prethodne košnje
- mogućnost prilagođavanja kose svakom nagibu pokosa.

Detaljniji prikaz opreme, alata i mehanizacije za pojedine vrste i operacije održavanja kanalske mreže bit će prikazan u odgovarajućim priložima, a na ovom se mjestu navode samo opća, načelna razmatranja i sažeti prikaz te materije. Dakako, u tim će se radovima navesti glavne pogonske i tehnološke karakteristike pojedinih modela koji se danas najviše koriste, posebno u našim uvjetima.

U novije vrijeme pojavljuje se stalno sve veći broj modela opreme koji obuhvaćaju veći broj pojedinačnih operacija, tako da zahvati postaju kompleksniji. Tako imamo kosilice s uređajem na osnovi beskonačnog lanca za sakupljanje trave (grablje), zatim sitnjenje (meljavu) trave i rastresanje po površini ili pomoću posebnog usisnog uređaja prebacivanje na bankinu. Sve se više proizvode i koriste čistači kanala koji istovremeno kose pokose i

dno kanala, znači čitav profil, bilo s obje strane, bilo samo s jedne, ovisno o postupku, odnosno veličini kanala. Ti tipovi mogu pokošeni materijal deponirati uzduž kanala, jer imaju košaru za sakupljanje i prijenos. Rade intermitentno, slično kao bager dragline.

b) Čišćenje akvatičnog bilja

Močvarno se bilje može čistiti ručnim alatima, strojevima i kemijskim sredstvima. Kemijska sredstva obično uništavaju svu vegetaciju, ostavljajući gole pokose, što ponekad može pogodovati razvoju erozije. Osim toga, nerado se koriste radi zaštite okoline.

Kada na raspolaganju stoji dovoljno radne snage, močvarno se bilje može kositi i lančanom kosom, koja ima više sječiva međusobno spojenih u verižni lanac. Kosi se tako da jedan radnik (ili više njih) drži kosu s jedne, a drugi s druge strane kanala. Naizmjeničnim povlačenjem i popuštanjem, kosa klizi po dnu i siječe bilje. Može se upotrebljavati za manje kanale bez drvenastih sastojina. U povoljnijim prilikama efekat sličan lančanoj kosi može se postići i provlačenjem po koritu lagane drljače (brane) koja svojim prolazom lomi i sakuplja bilje.

U slučaju da je kanal bar 0,4 m dubok i ako je 1,5 m širok na vodnom licu, za čišćenje vegetacije mogu se primijeniti i plovne kosilice. Plovna kosilica je zapravo najčešće obična barka opremljena prikladnom kosom koja može kositi ravne površine dna i pokosa, odnosno može se podesiti za različite kose površine. Neki tipovi kosilica mogu bilje rezati u samom korijenu (neznatno ispod površine mulja) tako da ono sporije ponovno naraste. Obično su opremljene prikladnom košarom za uklanjanje raslinja, a djelomično i nataložene vegetacije.

O tipovima alata i strojeva, radnim karakteristikama i pogonskim učincima bit će riječi u poglavljima koji obrađuju tu materiju.

c) Čišćenje mulja i uređenje presjeka

Mulj treba redovito čistiti, u skladu s planom održavanja, kako bi se održao projektom utvrđeni efekat odvodne mreže. Zajedno s muljem uklanja se i preostala nataložena vegetacija od ranijih košnji.

Za ručno čišćenje upotrebljavaju se alati za vađenje mulja i uređenje presjeka. Kod toga se najčešće koriste specijalne lopate na dugim drškama, kao i prikladne vile za sakupljanje bilja. Ručno se čišćenje jednostavno organizira, ali zahtijeva mnogo radne snage pa je skupo, te se danas u razvijenim zemljama sve manje primjenjuje.

Za mehaničko čišćenje mulja i uređenje presjeka danas se upotrebljavaju mnogobrojna oruđa koja se mogu priključiti na traktor, te odgovarajući bageri i čistači kanala.

Posebnu grupu strojeva prikladnih za čišćenje mulja i uređenje profila u prikladnom nagibu čine rotacioni rovokopači. Njima se odstranjuje mulj u vegetacija, uređuje pokos u odgovarajućem nagibu te izbacuje sav iskopani materijal iz kanala. Nedostatak im je što se

ne mogu upotrebljavati kad je voda dublja od 30 cm i kad je tlo šljunkovito.

Za čišćenje obloženih kanala, kanala s dubljom vodom, kad se nanos deponira na većoj udaljenosti od ruba kanala, ili kad je otežan ili onemogućen pristup kanalu ili kretanje uzduž trase (drvoredi i sl.) vrlo dobro će poslužiti jaružala (refuleri). Ona se mogu montirati na plovne objekte, što se najčešće i čini. Neki su tipovi prikladni i za traktorski pogon. U novije vrijeme na tržištu ima veći broj tipova veoma podobnih za manje presjeke kanala. Pri izboru tipa stroja za određeni slučaj primjene, treba imati na umu:

- za manje i povremene radove - oruđe montirano na običan traktor,
- za veće melioracijske sustave, kad se radovi izvode cijelu sezonu - odgovarajući hidraulički čistač (bager),
- za manje kanale i jarke, pretežno bez vode i bez kamenih primjesa - rotacioni rovokopač,
- za obložene kanale i kanale s dubokom vodom - bageri - jaružala,
- za kanale bez mogućnosti pristupa s kopna (ograde, građevine, drvoredi) - odgovarajući plovni objekti.

4.3. Kontrola vegetacije kemijskim sredstvima

Upotreba kemijskih sredstava za uništavanje i suzbijanje rasta svih vrsta ili pojedinih vrsta korova proširila se u razvijenijim državama poslije 1950. godine, ponajviše zbog sve skuplje radne snage. Dosad je proizvedeno više stotina vrsta preparata, od kojih se samo nekoliko koristi za suzbijanje korova u kanalskoj mreži.

U zapadnim industrijski razvijenim zemljama, kemijska kontrola akvatičnih korova se naglo proširila kao rezultat neprestanog rasta cijene radne snage. Primjena kemijskih sredstava u proteklih tridesetak godina tako se naglo proširila da su njeni nedostaci došli brzo do izražaja. S tim u vezi nije iznenađujuće, da zadnjih desetak godina mehanička kontrola korova ima prednost. Na mjestima gdje se strojevi ne mogu primijeniti i gdje kemijska sredstva predstavljaju jedinu mogućnost uništavanja korova u odnosu na ručno čišćenje, koriste se dakako i herbicidi, ali uz dužnu mjeru opreza.

U zemljama u razvoju, s relativno niskim cijenama radne snage i visokim cijenama kemijskih sredstava, herbicidi i nisu do sada našli širu primjenu, pa nije ni bilo većih problema te vrste. Nadajmo se da će ove zemlje na vrijeme uočiti nepoželjne učinke masovne primjene kemijskih sredstava za tu namjenu, i da neće ponoviti greške koje su druge zemlje prije njih učinile.

Jedna od osnovnih primjedbi protiv primjene herbicida u odvodnim kanalima čije vode otječu u rijeke ili jezera sastoji se u tome da oni mogu biti otrovni za riblji fond. Čak ako ta sredstva i nisu neposredno otrovna za ribe, ona ih mogu ugrožavati uništavajući organizme kojima se ribe hrane. Nadalje, pojedini organizmi mogu akumulirati pojedine otrovne tvari, koje se kasnije prenose na ribe, zatim na ljude ili ptice (druge životinje), a otrovni se učinak može se očitovati nakon više godina.

Neotrovna kemijska sredstva mogu također biti štetna za riblji fond jer uzrokuju pomanjkanje kisika u vodi. Kao što je poznato, kisik je neophodan kod procesa truljenja vegetacije. Prema tome ako se odjednom uništi velika količina vegetacije, ponestat će kisika u vodi, uslijed čega može doći do pomora riba. Dakako, ista primjedba vrijedi i za mehaničko čišćenje korova. Stoga treba voditi računa da se košnji, odnosno uništavanju korova pristupi prije nego li dosegne svoj najveći razvoj.

Daljnje primjedbe za upotrebu herbicida odnose se na nepodobnost tretirane vode iz kanala za piće ljudi, odnosno napajanja stoke, što je ponegdje uobičajeno. Ako se ta voda koristi za natapanje ili pripremu otopine za prskanje usjeva, može doći do smanjivanja uroda ili oštećenja ploda. Za vrijeme postupka prskanja herbicidima, mlaz može oštetiti okolne usjeve, drvorede ili zatavljenje pokose kanala, što bi inače trebalo zaštititi.

Upotreba herbicida može, dugoročno gledano, izazvati neke druge nepoželjne učinke, a to je razvoj vegetacije koja je štetnija od one koju smo iskorijenili. Dakle, ako se kemijska sredstva koriste neprekidno u dužem trajanju, močvarno će bilje postupno zamijeniti vrste koje su otpornije na ta sredstva, i koja je teško suzbijati.

Da se spriječi ili smanji širenje močvarnog bilja po odvodnim kanalima, ponekad se u kanale ugrađuju rešetke ili najlonske mreže radi hvatanja sjemenja, biljnih izdanaka ili pokošenog bilja.

Ocjene stupnja štetnosti primjene kemijskih sredstava u suzbijanju vodenih korova u pojedinim su zemljama kontroverzne. Dok se u jednim to energično napada, u drugim se smatra da to nije tako štetno i da se može provoditi, dakako uz dužne mjere sigurnosti i opreza. Tako se u nekim novijim istraživanjima u Francuskoj navodi da kod primjene herbicida postoji velika opasnost od zagađivanja okoline, ali da se neposredni učinci tih kemikalija na stanje vode i vodene faune ne čine zabrinjavajućima. Što se tiče sekundarnih učinaka situacija je mnogo složenija. Analize pokazuju da se sadržaj kisika u vodi uravnoteži otprilike za tjedan dana, jasno pod uvjetom da se postupak strogo provodi po važećim normama. U tom slučaju sadržaj kisika neće se spustiti ispod 3 mg/l. Međutim, i nakon dužeg vremenskog razdoblja nakon primjene herbicida (dva mjeseca, npr.) u vodi se mogu naći nezanemarive količine nepoželjnih organskih i anorganskih spojeva.

Da bi se rizik na eventualne nepoželjne učinke pri upotrebi kemijskih sredstava za kontrolu vegetacije u odvodnoj kanalskoj mreži sveo na minimum, treba se strogo pridržavati odnosnih propisa i normativa. Većina zemalja već ima za to odgovarajuće zakonske propise, samo nadzorne službe još uvijek nisu svugdje dovoljno rigorozne. Neophodno je da se ta materija što prije sredi na međunarodnom nivou.

Pri upotrebi herbicida treba imati na umu da se oni nikad ne koriste u:

- vodi koja se koristi za natapanje
- vodi u kojoj se uzgajaju ribe,
- vodi u kojoj treba sačuvati okolinu.

Proizvođač svakog herbicida dužan je uz proizvod priložiti upute za upotrebu, a njih se

treba strogo pridržavati.

Za svaku od ranije opisanih grupa korova proizvode se herbicidi s najboljim učinkom. Za rubne korove se najčešće koriste sistemski herbicidi. Za ostale vrste korova se vrlo često koriste herbicidi s rezidualnim djelovanjem. Za primjenu herbicida upotrebljavaju se samo prskalice koje otopinu mogu raspršiti u vrlo sitne kapljice.

Za podvodnu primjenu obično se koriste specijalni topovi rasprskivači za ravnomjerno doziranje.

Bez obzira na to primjenjuju li se selektivni ili totalni herbicidi, mora se strogo voditi računa o doziranju. Za podvodnu primjenu količinu kemikalija treba izraziti u ppm (dijelovi na milijun).

Strojevi za prskanje mogu biti ručni i motorni. Obično se koriste isti ili slični uređaji koji se upotrebljavaju za prskanje vinograda i voćarskih nasada.

4.4. Održavanje cijevnih drenova.

Ako je drenaža pravilno projektirana i kvalitetno i stručno izgrađena, morala bi kroz duže razdoblje efikasno odvodnjavati odgovarajuće površine bez održavanja izuzev kontrole i čišćenja izljeva i revizionih okana. Nažalost nije uvijek tako, pa je vrlo često neophodna intervencija radi otklanjanja pojedinih nedostataka ili grešaka koje mogu biti grupirane u dvije osnovne skupine i to:

- a) nedostaci uzrokovani greškama izvedbe, i
- b) nedostaci uslijed prirodnih fenomena.

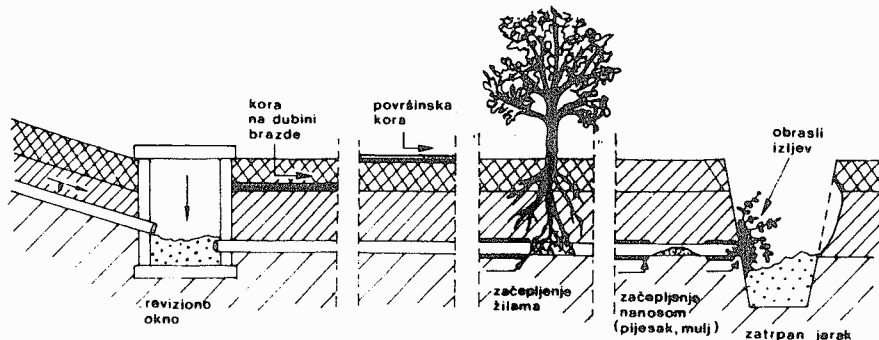
U nastavku ćemo ukratko opisati glavne nedostatke svake skupine (vidi sl.2.).

a) Nedostaci uslijed loše izvedbe

U ovu skupinu ubrajamo greške nedovoljnog presjeka drena, premalog pada, nekvalitetnih cijevi i loše izvedbe.

Ako je projekt drenaže izrađen u skladu s važećim propisima i standardima, na temelju pravilno izabranih i izračunatih parametara za razmatrano polje ili područje onda nema razloga da pojedina sisala, odnosno hvatala budu neadekvatnog kapaciteta i da ne mogu na vrijeme evakuirati planirane vodne količine. Ta se greška, dakle, može otkloniti disciplinarnim i kvalitetnim pripremnim radovima, odnosno izborom kvalitativnog projektanta mreže.

Vrlo se često događa da se u donjim (nizvodnim) dijelovima drenske mreže, uslijed premalog pada, smanjuje brzina vode, uslijed čega nastaje taloženje mulja u cjevovodu. Ova se pojava češće očituje u uzdužnim nego u poprečnim drenskim sustavima. Može se, dakako, izbjeći pravilnim izborom projektnog rješenja, kao i kvalitetnom izvedbom.



Sl. 2. Neki uzroci lošeg funkcioniranja drenaže

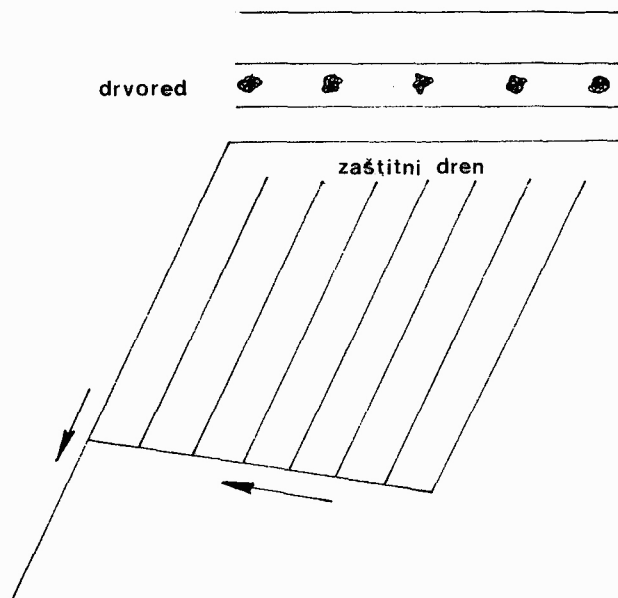
Neadekvatno funkcioniranje sustava može biti uzrokovano i primjenom nekvalitetnih cijevi. Posebno se to očituje kod upotrebe glinenih cijevi, koje mogu biti s "kockicama" živog vapna i nepostojeane na mrazu (preveliko upijanje vode) i kao takve nepovoljne za ugradbu. Zato o svemu tome treba voditi računa prilikom ugovaranja i prijema materijala.

Greške izvedbe mogu biti mnogostruke: od lošeg polaganja cijevi, neadekvatnih spojnica, nepravilnog pada i nekvalitetnog zatrpavanja. Polaganje cijevi je posebno osjetljivo na mjestima slabo nosivog tla, gdje treba takva gnijezda premostiti adekvatnim rješenjima kako bi se održao efekat drena. Deformacija pada u takvim slučajevima po pravilu se događa tek nakon zatrpavanja rova odnosno opterećenja tla. Da bi se sve te moguće greške svele na minimum treba drenažne radove ugovoriti samo s iskusnim i dobro opremljenim poduzetnicima.

b) Nedostaci uslijed prirodnih fenomena

Glavni uzročnici začepljenja, odnosno smanjenja efekta drenaže uslijed prirodnih činilaca mogu biti slijedeći: ulaz sitnih životinja, prodor žila i korijenja, razvoj algi i taložine vapnenastih, željeznih i manganovih spojeva.

Veći broj sitnih životinja (miševi, žabe, zmije, zečevi i sl.) ulaze u drenske cijevi, najčešće u potrazi za vodom, pa tu obično i zaglave začepljujući cijev. Jedini način da se to spriječi je rešetka na izljevu.



Sl. 3 Primjena zaštitnog drena

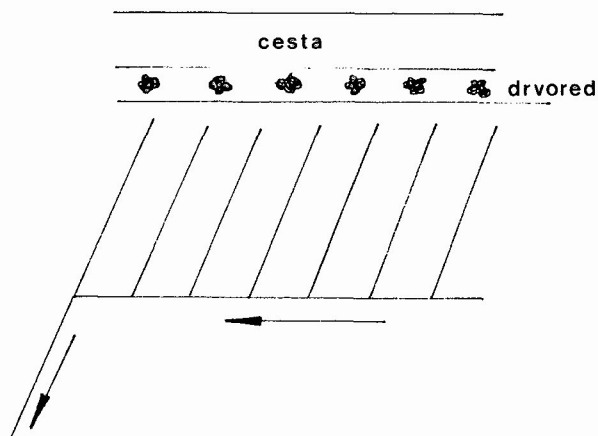
U slučaju da postoji opasnost začepljenja drena žilama drveća, a drenaža se ne može dovoljno pomaknuti od drvoreda, treba postupiti kako slijedi:

- za pojedinačno drveće, pojas u blizini stabla providjeti nepropusnim spojevima na drenaži (zabrtviti spojnice cementnim mortom ili zabetonirati cijev)
- za drvorede mogu se usvojiti rješenja prema slikama 3. i 4., tj. da žilje zahvaća drenove samo na početnom uzvodnom dijelu ili da se planira zaštitni dren samo za tu svrhu.

U slučaju opasnosti od žilja uzgajanog bilja (uljana repica, lucerna i sl.) treba voditi računa da žilje i sjeme ovih biljaka ne dospije u drenažni rov prilikom gradnje, kako se ne bi pospješio razvoj aeracijom i vlagom drenskih cijevi.

Ponekad se u drenskim cjevovodima mogu razviti posebne vrste algi koje rastu u mraku i intenzivno se može u voluminozan snop poznat pod imenom "lisičji rep". Najčešće se pojavljuju u kiselim tlama sa željezovitim taložinama i ravnim tlama bez dovoljno pada.

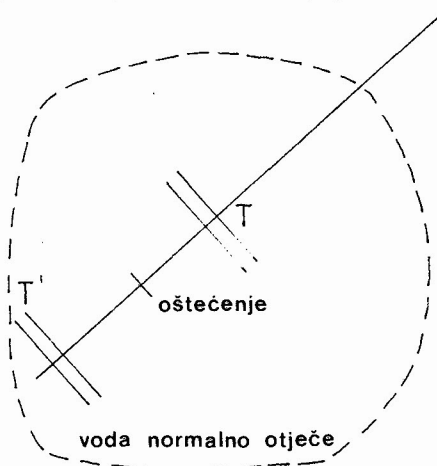
U tlima gdje postoji opasnost stvaranja vapnenastih, željezovih i sličnih nakupina, treba primjeniti drenove većeg presjeka s glatkim stijenkama i što većim padom, kako bi se omogućilo ispiranje.



Sl. 4 Žilje može ugroziti samo početni - uzvodni dio drena

Kod začepjenja drena, tlo u okolišu postaje prevlažno što se očituje u promjeni njegove boje (postaje tamnije) i u neujednačenom rastu biljaka, koje obično i požute. Da bi se što točnije utvrdilo mjesto gdje se oštećenje odnosno začepljenje drena nalazi (vidi sl. 5) najbolje je to polje odmah iskolčiti, odnosno obilježiti, a potom pričekati da se polje malo prosuši kako bi se radovi lakše obavili.

Tada se otvori dren na mjestu za koje se pretpostavlja da bi moglo biti začepljeno (npr. točka T na sl. 5) i ustanovi da li tu voda otječe ili ne. Ako je na tom presjeku tlo prevlažno, a voda stagnira, znači da se začepljenje (oštećenje) nalazi nizvodno (točka T') u suprotnom je uzvodno. Ovisno o tom nalazu iskopa se novi rov okomito na osovinu drena, bilo uzvodno ili nizvodno od toga, i na taj način najlakše će se utvrditi točno mjesto. Kada se to provede, onda preostaje da se otkopa dren na potezu od T do T' i popravi, odnosno zamijeni oštećena dionica.



Sl. 5 Pronalaženje mjesta oštećenja (začepjenja) drena

Ako se primijeti da nakon višegodišnjeg pogona drenažni sustav, na manjoj ili većoj površini, biva sve manje efikasan, očigledno je da se radi o postupnoj kolmaciji drenova. U tim se slučajevima najčešće radi o postupnom taloženju mulja po plaštu drena čime se formira podeblji slabopropustan omotač, koji sprečava pravodobni ulaz u dren, smanjujući mu efekat. Kod ove pojave voda iz drena otječe bistra i čista, jer se prethodno profiltrirala kroz taj omotač. Ovaj se nedostatak ne može otkloniti, izuzev otkopavanjem i zamjenom drenaže. Sprečava se time da se dren providi odgovarajućim filterom.

c) Postupak i načini održavanja drenaže

Kao što je već napomenuto, otežani protok u drenskim cjevovodima očituje se u povećanom tlaku u cijevi drena, a može biti uzrokovan uslijed:

- premalog promjera cijevi,
- oštećenja cjevovoda
- začepljenja cjevovoda uslijed nataloženog mulja,
- začepljenja cjevovoda zbog kemijskih inkrustracija
- začepljenja zbog prodora žila.

Prodor mulja najčešće treba pripisati lošim radnim uvjetima ili neadekvatnoj tehnici polaganja cijevi. To se obično događa, kada se dren polaže (zatrpava) kad je tlo prevlažno ili kada su tla nestabilna (pjeskovita i muljevita). Građevine na trasi (reviziona okna i zahvati površinskih voda) također su često izvori zamuljivanja cjevovoda.

Kad se pretpostavlja opasnost od zamuljivanja, potrebno je drenski cjevovod obavezno providjeti filterom. Kod hvatala i ostalih odvodnih kolektora treba spojeve glinenih i betonskih cijevi brtviti, te upotrijebiti plastične neperforirane cijevi. Da bi se omogućilo uklanjanje mulja, treba na svim građevinama hvatala predvidjeti taložnice, a protjecajnu brzinu, po mogućnosti, planirati bar s 0,35 m/s.

Najčešći uzročnici začepljenja drenskih cijevi zbog kemijskih reakcija jesu različite soli željeza i mangana. Reakcije mogu biti ubrzane aktivnošću nekih bakterija, utjecajem temperature i PH-vrijednosti.

Začepljenje cijevi zbog prodora žila ovisi o vrsti drveća, dubini drena i klimi. Problem nastaje kad žilje prođe kroz otvore i zatvori profil cijevi. Dosad stečena iskustva pokazuju da su najopasnije neke vrste drveća i šiblja koje se koriste za vjetrobrane (npr. topola). Problem se može riješiti na razne načine. Pored ranije prikazanih postupaka (sl. 3 i 4) s dispozicijom drenskih sustava moguće je tome doskočiti brtvljenjem spojeva cijevi ili premazivanjem rubova cijevi bitumenom.

Za čišćenje taložina u drenskim cijevima primjenjuju se uglavnom dvije metode: struganje i ispiranje. Struže se različitim vrstama četaka i drugim sličnim predmetima koji odstranjuju mulj, koji se potom ispire vodom. Ispire se fleksibilnim cijevima na čijem je kraju specijalna sapnica za izbacivanje mlaza vode pod visokim tlakom. Tipovi sapnica za ovu namjenu su brojni i razvrstavaju se uglavnom u dvije skupine:

- visokotlačne s radnim tlakom od 80-100 bara,
- niskotlačne s radnim tlakom oko 20 bara.

Ovom se metodom mogu ispirati drenski cjevovodi dugački do 350 m. Pri primjeni visokotlačnih sapnica treba paziti da se ne ispiru pijesak u okolišu drenskog cjevovoda čime bi se stanje još više pogoršalo.

Željezni oksidi relativno se lako čiste raznim tipovima četaka i ispiranjem. Odnedavno je razvijena kemijska metoda na osnovi sumpor-dioksida, SO_2 . Naime, na uzvodnom se kraju pušta plin SO_2 i čeka dok se ne pojavi na izljevju cijevi. Tada se cijev začepi i ostavi 24 sata. Nakon toga se cijev otvori, a voda koja protječe drenom ispiru otopljeno željezo.

4.5. Ostale metode održavanja kanala

Prikazane metode održavanja otvorene kanalske mreže su, općenito uzevši, odreda dosta skupe, pa je to najčešći uzrok da se, bar u našim prilikama, dosta neredovito i neadekvatno održavaju. Pored toga, metode kontrole akvatične vegetacije pomoću herbicida nailaze na stalne i žestoke prigovore odgovarajućih institucija koje se bave zaštitom okoline. To je osnovni razlog da se već godinama traga za sredstvima i metodama koje bi bile prihvatljivije od navedenih, tj. koje bi eliminirale te nedostatke. Iako je na većem broju eksperimentalnih poligona širom svijeta razmatran i analiziran veći broj alternativnih rješenja, do danas ih je pronađeno malo koji bi bili primjenjivi na širokom planu. Spomenut ćemo neka, koja se mogu, u određenim specifičnim prilikama, uspješno koristiti.

Manati (*trichechus trichechus*) ili morska krava je vrsta sisavca koji može narasti do dužine od četiri - pet metara. Biljožder je, živi u kanalima i jede velike količine močvarne vegetacije i to ne samo u vodi već i na pokosima i u okolišu kanala. Mana mu je što je velikih dimenzija, pa se može nastaniti samo u većim vodnim tokovima. S druge strane, nije se u stanju braniti, pa je u pojedinim predjelima gdje obitava (toplija područja) gotovo istrijebljen.

Sličan efekat kao i manati mogu postići i pojedine vrste riba koje se isključivo hrane vodenom vegetacijom čime doprinose dvostruku korist: čišćenje kanala i prihod od izlova. Kod nas su poznati amur i tolstolobik, koji mogu u nedostatku kvalitetnije ishrane trošiti i tvrde sastojine bilja, kao npr. trsku. Nažalost, u našim se klimatskim uvjetima ne reproduciraju u prirodi, pa je neophodno jato stalno dopunjavati (kako se smanjuje), bilo uvozom, bilo odgovarajućom proizvodnjom mlađi u prikladnim uvjetima.

Izvjestan efekat u kontroli vegetacije može se postići ispašom domaće sitne stoke kao što su ovce i koze, dakako pod uvjetom da se dozvoli paša na pokosima kanala. To neće predstavljati nikakav problem ili opasnost za kanal ako su pokosi stabilni i ako se stoci osigura dovoljno prostora i hrane da se vegetacija ne razrijedi, u kojem bi se slučaju izazvala erozija pokosa. Dakako, dijelovi kanala koji su u vodi trebaju se čistiti na uobičajen način.

U nekim slučajevima izvjesno poboljšanje može se postići zasjenjivanjem kanala, odnosno sprečavanjem prodora svijetla u vodu, pa će se smanjiti ili pak potpuno

onemogućiti rast močvarnog bilja. Da bi se to postiglo, sade se po rubu kanala prikladne vrste drveća ili trske. Ponekad se time postiže i sekundarni efekat - učvršćenje pokosa kanala.

U onim područjima i onim kanalima koji povremeno, u sušnom razdoblju, potpuno presuše, vegetacija se može uništiti i paljenjem. Time se oslobađamo neželjene vegetacije bez uništenja korijena, čime se štite pokosi od erozije.

5. Zaključak

Odvodna hidromelioracijska mreža, naročito otvoreni tokovi, što se tiče trajnosti zapravo su "polustalne" građevine, koje postaju stalne jedino redovitim i svrsishodnim održavanjem u skladu s projektiranim kapacitetima i značajkama, te režimom pogona čitavog sustava. U ovom je radu, pored ostalog istaknut značaj radova održavanja kao i utjecaj tog segmenta vodoprivrednih aktivnosti na kvalitet i režim pogona mreže. Detaljnija obrada ova problematike slijedi u poglavljima drugih autora.

Da bi ova problematika bila tretirana u skladu sa značenjem i utjecajem kojeg ima na vodni režim u nekom određenom području, bilo bi neophodno da se u okviru vodoprivrede Hrvatske pokrene inicijativa za poduzimanje slijedećih mjera:

1. Organizirati ispitivanja utjecaja promjene hrapavosti korita na kapacitet kanala odvodne mreže. Pri tome treba snimiti karakteristična stanja za različita klimatska područja, godišnja doba, veličine presjeka i stanje punjenja mreže.
2. Kod izrade projektne dokumentacije za građenje novih odvodnih mreža treba obavezno razmotriti karakteristična stanja hrapavosti koja će nastati u eksploataciji, te presjeke kanala odrediti prema optimalnim uvjetima pogona.
3. Da se osigura projektirani stupanj efikasnosti mreže, već u fazi idejnih rješenja treba voditi računa da se presjek kanala poveća za planirano zamuljivanje presjeka neposredno prije narednog čišćenja.
4. Sastavni dio glavnog projekta sustava treba biti plan održavanja kanalske mreže s osnovnim tehničkim i financijskim pokazateljima.
5. Osigurati praćenje promjene sastava i rasta močvarne vegetacije u ovisnosti o primijenjenim tehničkim i kemijskim sredstvima kontrole akvatičnog bilja.
6. Izraditi tehničko-ekonomske studije optimalnog održavanja hidromelioracijskih sustava za karakteristična hidromelioracijska područja.
7. U okviru neke republičke vodoprivredne institucije ustanoviti službu za praćenje, razvoj i unapređivanje metoda i sredstava za održavanje kanalske mreže.

Bibliografija

1. International Institute for Land Reclamation and Improvement.:
Drainage Principles and Applications, Wageningen, 1974.
2. Kos, Zorko: Hidrotehničke melioracije tla. Navodnjavanje. Školska knjiga Zagreb, 1987.
3. Kos, Zorko: Hidrotehničke melioracije tla. Odvodnjavanje. Školska knjiga, Zagreb, 1989.
4. Ollier, Ch. - Poiree, M.: Assanissement Agricole, Eyrolles, Paris, 1981.
5. Skender, Ana: Fitocenologija u spontanim i antropogenim ekosistemima: Poljoprivredni fakultet, Osijek, 1990.
6. US.Department of the Interior: Aquatic Pests on Irrigation Systems, Denver, Co. 1980.
7. Santin, Gianantonio: Utjecaj nivoa mora i faktora hrapavosti na vodostaj u koritu rijeke Mirne. Zbornik radova VI Fakulteta Graditeljskih znanosti Sveučilišta u Rijeci, 1981., str.57-66.

OSNOVNE MJERE ODRŽAVANJA SUSTAVA ODVODNJE

1. Uvodne napomene

Na mnogim našim poljoprivrednim površinama uvjeti za suvremenu biljnu proizvodnju su otežani ili uopće ne postoje. Najčešći i najveći faktor ograničenja pri tome je tlo i prisustvo suvišnih voda na i u njemu. To se posebno odnosi na veći dio površina u društvenom vlasništvu, koje se nalaze na nižem terenu gdje su formirana teža hidromorfna tla s nepovoljnim vodo-zračnim režimom. Poznato je, da se za uklanjanje suvišnih voda s proizvodnih površina primjenjuju hidromelioracijske i agromelioracijske mjere različitog intenziteta.

Na jednom dijelu težih hidromorfni tala u društvenom vlasništvu izvedene su intenzivne mjere hidro i agromelioracija. Izvršena je osnovna odvodnja otvorenim kanalima, detaljna odvodnja cijevnom drenažom s hidrauličnim filterom, te agromelioracijske mjere koje u stvari predstavljaju dodatne mjere u sustavu kombinirane detaljne odvodnje. Na nešto povoljnijim tlima izvedene su manje intenzivne melioracijske mjere. Međutim, bez obzira na intenzitet izvedenih melioracijskih mjera potrebno je na svim uređenim zemljištima održavati postojeće sustave. Dakle, koliko je značajno pitanje postavljanja ili izgradnje melioracijskih sustava, isto tako je važna problematika njihovog održavanja. Važan je izbor, način i pravovremenost izvođenja mjera za održavanje tih sustava. U svakom slučaju treba ostvariti dobro funkcioniranje izvedenih sustava, kao i nesmetano iskorištavanje uređenih površina za uspješnu biljnu proizvodnju. Razradom osnovnih mjera održavanja sustava odvodnje, želimo, upravo ovim radom, ukazati na potrebe, mogućnosti i način ostvarivanja ovog cilja.

2. Stanje melioracijskih sustava i uređenost poljoprivrednih površina u Hrvatskoj

Razvoj poljoprivredne proizvodnje ovisi o stanju i stupnju uređenosti proizvodnih površina. Zbog toga su hidromelioracije i agromelioracije temeljni faktor za poboljšanje društvenog standarda. Ova konstatacija je posebno značajna za područja s nepovoljnim tlima (naročito teška tla) i nepovoljnim hidrološkim prilikama, kao što je slučaj u više područja Jugoslavije i Hrvatske. Štete u biljnoj proizvodnji, koje nastaju od suvišnih voda, u našoj

republici su znatne. Općenito je, zbog suvišnih voda, nesigurna biljna proizvodnja na čak oko 70% obradivih površina. Suvišne vode ne samo da stvaraju lošije uvjete za rast i razvoj biljaka i smanjuju prinose, već i otežavaju ili čak onemogućavaju izvođenje agrotehničkih zahvata (od osnovne obrade do berbe plodova) koje treba pravovremeno izvesti (Tomić 1986). Zbog toga, u cilju ostvarivanja intenzivnije biljne proizvodnje, prvenstveno treba rješavati ovaj problem.

Pri rješavanju problema suvišnih površinskih i podzemnih voda izvodi se više zahvata, a osnovni su: obrana površina od vanjskih voda, osnovna odvodnja, detaljna odvodnja. Nakon hidromelioracija moguće je izvoditi i veći broj agromelioracijskih mjera u svrhu poboljšanja fizikalnih, kemijskih i bioloških svojstava tla. Hidromelioracijske i agromelioracijske mjere mogu se izvoditi pojedinačno, ili u raznim međusobnim kombinacijama - ovisno o stvarnim potrebama i postojećim mogućnostima u prostoru na kojem se namjerava izvršiti reguliranje suvišnih voda.

Izvođenje obrane od vanjskih voda i osnovne odvodnje (kanali I i II reda) preduvjet je za uspješno reguliranje suvišnih voda na proizvodnoj površini sustavom detaljne odvodnje. Međutim, često postoji dilema koju bi mjeru detaljne odvodnje trebalo primijeniti; da li samo otvorene kanale III i IV reda, ili u kombinaciji sa cijevnom drenažom i dodatnim agromelioracijskim mjerama. Izbor sustava detaljne odvodnje najviše ovisi o tipu tla, njegovim svojstvima, te porijeklu i karakteru suvišnih voda u tlu.

Prije prikaza stanja sustava odvodnje, potrebno je istaći da u Hrvatskoj ima ukupno 3,306.837 ha poljoprivrednih površina, a od toga je obradivih 2, 144.765 ha (Tomić i Marinčić, 1983). Na 1, 415.470 ha izvedeni su sustavi osnovne i detaljne odvodnje otvorenim kanalima. Od toga je potrebno na 511.060 ha dograditi i rekonstruirati otvorene kanale.

Ukupno je izvedeno 30437 km otvorenih kanala, od toga:

- kanali I reda 2948 km
- kanali II reda 4490 km
- kanali III i IV reda 23035 km

Postojeća kanalska mreža iznosi (u odnosu na obradive površine) 13,45 m/ha, a u odnosu na površine na kojima su izvedeni 20,4 m/ha. Međutim, potrebe su znatno veće. Naime, na društvenom sektoru potrebne su table, zbog upotrebe suvremene mehanizacije, veličine 12-30 ha. Ako se uzme tabla od 24 ha (800 x 300 m) to odgovara gustoći kanalske mreže od 45,8 m/ha. Obzirom na taj normativ, iskopano je, na već odvodnjenim površinama, svega 44,5% kanala od ukupno potrebnih (Tomić, 1986). To znači da je potrebno dopuniti postojeću kanalsku mrežu na tim površinama s još 38.006 km kanala.

Osim toga, analize pokazuju (Butorac i Tomić, 1987) da je na daljnjih 430.040 ha površina potrebno izraditi cijeli sustav kanalske mreže. Dakle, na temelju podataka o izgrađenosti i potrebi odvodne kanalske mreže, može se konstatirati da je potrebno rekonstruirati veći broj postojećih sustava odvodnje kanalima i pristupiti (na jednom dijelu površine) izgradnji novih.

Uz osnovnu odvodnju (kanali I i II reda) i kanale III i IV reda, koji čine detaljnu odvodnju, potrebno je na većem dijelu hidromorfni tala nadopuniti detaljnu odvodnju cijevnom drenažom. Do sada je u Hrvatskoj ukupno drenirano oko 155.110 ha. No potrebe su znatno veće. Podaci pokazuju (Tomić i Marinčić, 1988) da bi trebalo drenirati 822.350 ha. U daljnjem traženju funkcionalnijih i ekonomičnijih rješenja detaljne odvodnje cijevnom drenažom, potrebno je više voditi računa o upotrebi filtera, razmaku drenova (cijevi), dubini, nagibu i promjeru cijevi, te načinu i trenutku izvođenja radova pri izgradnji sustava.

Za kompletno uređenje proizvodnih površina pored hidromelioracijskih mjera izvode se i agromelioracijske mjere. One se, primarno izvode u svrhu popravljivanja fizikalnih, kemijskih i bioloških svojstava tla, a time se lakše rješava problem suvišnih voda i stvaraju povoljniji uvjeti za rast i razvoj uzgajanih biljaka. Agromelioracije nisu predmet ovog rada, pa samo navodim osnovne mjere: vertikalno dubinsko rahljenje, melioracijska obrada (rigolanje, duboko oranje), melioracijska organska i mineralna gnojdba, kalcifikacija, primjena kondicionera.

Razne kombinacije ovih mjera, ili njihova pojedinačna primjena, potrebne su na hidromelioriranim tlima. Isto tako često su nužne i na ostalim tlima na kojima hidromelioracije nisu potrebne.

Prilikom izgradnje sustava odvodnje i uređenja proizvodnih površina obavezno treba:

- izvesti sve melioracijske mjere određene istraživačko-projektnom dokumentacijom
- paziti na povoljan trenutak izvođenja pojedinih zahvata (iskop kanala, uređenje proizvodnog prostora, postavljanje cijevi i izvođenje agromelioracijskih mjera).

Takav pristup objašnjava, ali ne i opravdava, neuspjeh nepravilno izvedenih mjera na nekim lokacijama u koje je predhodno puno uloženo. Uspjeh bi se morao postići, a do njega se dolazi kompletnim i kvalitetno izvedenim sustavom za odstranjivanje suvišnih voda.

3. Održavanje sustava odvodnje

Nakon uređenja proizvodnih površina i postavljenog sustava odvodnje, pojavljuju se i nove mogućnosti za pojavu negativnih procesa u odnosu na vodni režim tla. Zbog toga korisnik melioriranih površina treba provoditi *održavanje melioracijskog sustava*.

Služba održavanja posebno uključuje:

- održavanje kanalske mreže
- održavanje sustava cijevne drenaže
- održavanje proizvodnog prostora (putne mreže i uređenost tabli).

3.1. Održavanje kanalske mreže

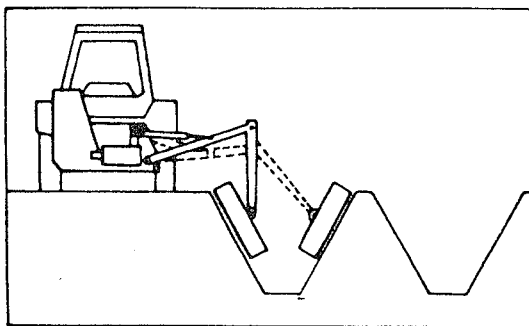
Otvoreni kanali trebaju stalno biti čisti kako bi mogli vršiti svoju funkciju predviđenu istraživačko-projektnom dokumentacijom. Međutim, često se u našim prilikama iskopani kanali ne čiste i postaju glavno izvoriste korova i štetnika. Zbog toga, za kratko vrijeme nakon iskopa njihova funkcija počinje slabiti, a za nekoliko godina (4-6) može potpuno i prestati. U tim uvjetima, općenito rečeno "higijena polja" postaje nepovoljna. Dakle, služba održavanja kanala u nas je uglavnom slaba ili uopće ne postoji. Na površinama gdje se održavanje ipak provodi, najčešće se radi o nekontinuiranom, nekvalitetnom i nepravilnom izvođenju. Neki od tih zahvata su štetni. Naime, korisnici površina ponekad pale zarasle pokose kanala. U tom slučaju biljke stradaju, pa se gole stranice kanala zarušavaju. Osim toga, ako se u kanal izlijevaju plastične cijevi drenažnog sustava spaljuju se njihovi završetci (izljevi), te ih lako može začepiti zemlja, miševi, žabe, pa slabije funkcioniraju ili potpuno prestanu funkcionirati. Do nepovoljnih posljedica može doći i pri upotrebi kemijskih sredstava (herbicida) za održavanje kanala. U tom slučaju moguća su kemijska zagađenja vodotoka, kao i uništenje korisne flore i faune. Trebamo imati na umu da je nužno čuvati životnu okolinu, ali i to, da će jedino prirodno zdrava hrana u budućnosti imati i vrijednost na tržištu. Prema tome, preporučamo izbjegavanje kemijskih sredstava i primjenu mehaničkog načina održavanja kanalske mreže u sustavu odvodnje.

Mehaničko održavanje kanala sastoji se od raznih zahvata. Njihov broj, vrsta i redoslijed ovisi o stupnju zapuštenosti kanala. U daljnjem tekstu bit će prikazani osnovni principi održavanja normalnih kanala, poluzapuštenih i zapuštenih kanala.

3.1.1. Održavanje normalnih kanala

Pod normalnim kanalima podrazumjevaju se oni koji su novoizvedeni (iskopani) i oni koji su redovno održavani. Novoiskopane kanale treba početi održavati, uglavnom, već nakon 1-2 godine od njihovog iskopa. Prije toga roka potrebno je početi izvoditi mjere održavanja u područjima koja imaju dosta vode (oborina) i topline (sunca). Naime, u ovim uvjetima flora brže, bolje i gušće raste, pa je u takvim područjima potrebno početi održavanje kanala i prije navedenog perioda. Može se reći da povoljne uvjete za rast i razvoj flore ima veći dio teritorija naše zemlje. Nakon prvog pravovremenog čišćenja normalne kanale potrebno je jedamput godišnje kositi i izmuljivati. U tom slučaju može se reći da se primjenjuje redovno održavanje, te da su otvoreni kanali normalni. Redovno održavanje normalnih kanala može se izvoditi opremom (strojevima), koja služi za izmuljivanje, te košnju korova. U tu svrhu danas se proizvode oruđa s dobrim tehničkim rješenjima u svijetu, a djelomično i u nas. Na slici 1 prikazana je univerzalna kosilica koja može imati različita radna oruđa. Najčešće se koriste hidraulični priključci:

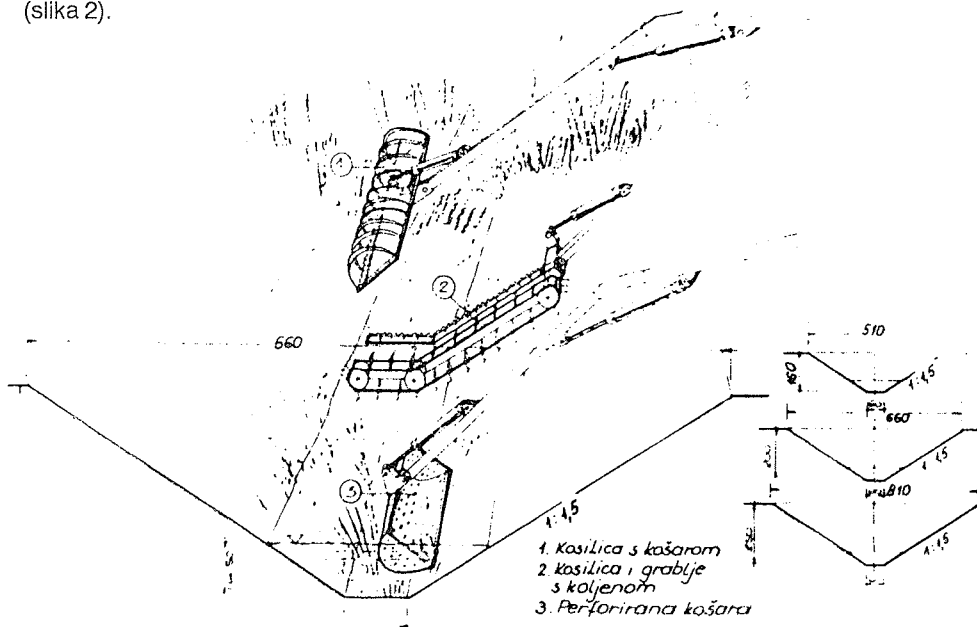
- kosilica s košarom
- kosilica i grablje s koljenom
- perforirana košara.



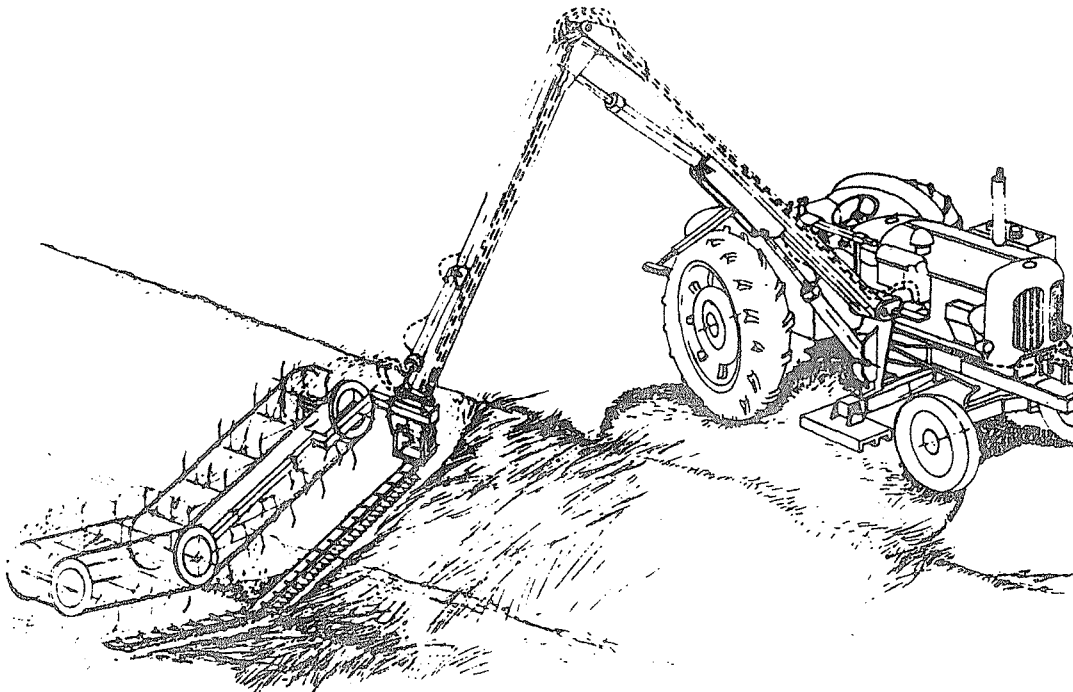
Sl. 1. Skica univerzalne kosilice

Budući da se univerzalnom kosilicom mogu uspješno kositi obrasli pokosi kanala, trebale bi je koristiti, kao redovnu mjeru, sve organizacije koje izvode održavanje kanala. Na slici 2 shematski je prikazana kosilica s košarom. Njom se kose oba pokosa i dno kanala, a uz košnju služi i za izmuljivanje. Njen učinak je oko 250 m dužine kanala, ili oko 2000 m² površine kanala na sat. Na istoj slici i na slici 3 je kosilica i grablje s koljenom. Kosi i skuplja korov po dnu i na jednom pokosu kanala. Brzina kretanja u radu je do 4 km/sat, a učinak do 10.000 m² pokošenog dna i pokosa. Svakako, strojem treba upravljati stručna i iskusna osoba, koja pored racionalnog korištenja istovremeno i čuva strojeve za održavanje.

Perforirana košara služi za čišćenje korita kanala, a najčešće za njegovo izmuljivanje (slika 2).

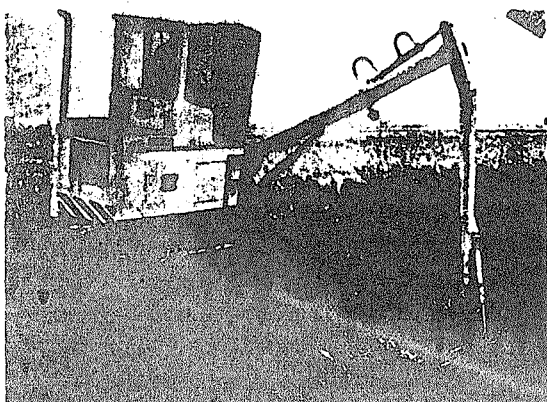


Sl. 2. Skica oruđa za održavanje normalnih kanala

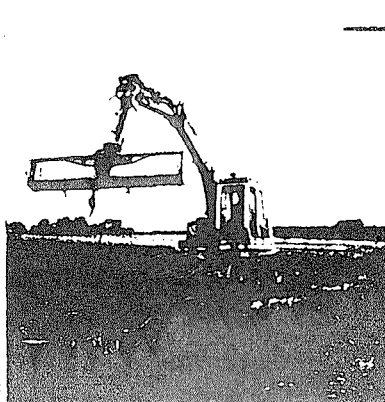


Sl. 3. Skica kosilice i grablje s koljenom u radu

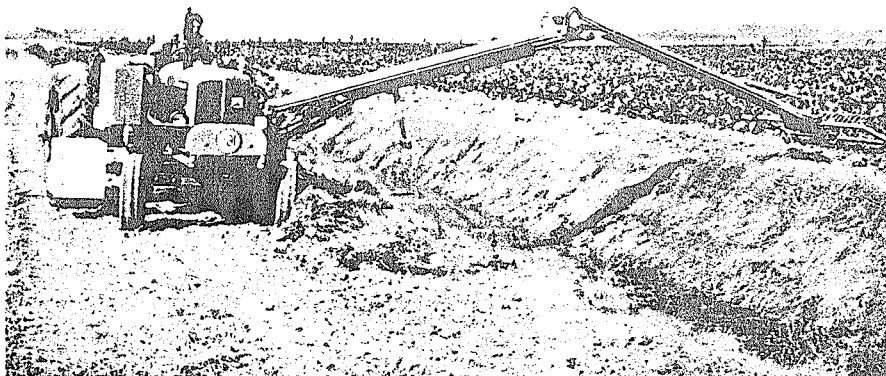
Navedena oruđa za održavanje kanala mogu se priključiti na različite pogonske strojeve. Pored specijalnih pogonskih strojeva (slika 4 i 5) često se koriste traktori (slika 6, 7, 8, 9 i 10). Traktor je jačine 55 kw i više. Poželjno je da težina traktora ne bude manja od 3000 kg, te da ima pogon na četiri kotača i reduciranu brzinu. Takvi su agregati vrlo uspješni i dugotrajni.



Sl. 4. Kosilica sa specifičnim pogonom



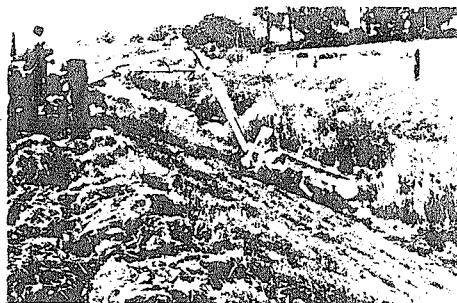
Sl. 5. Kosilica priključena na bager



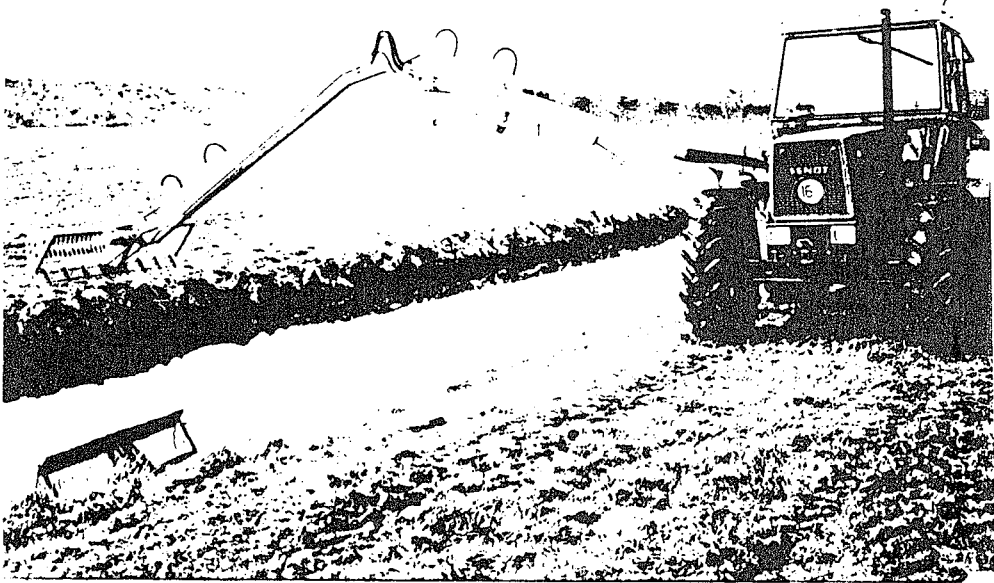
Sl. 6. Priključak kosilice na traktor



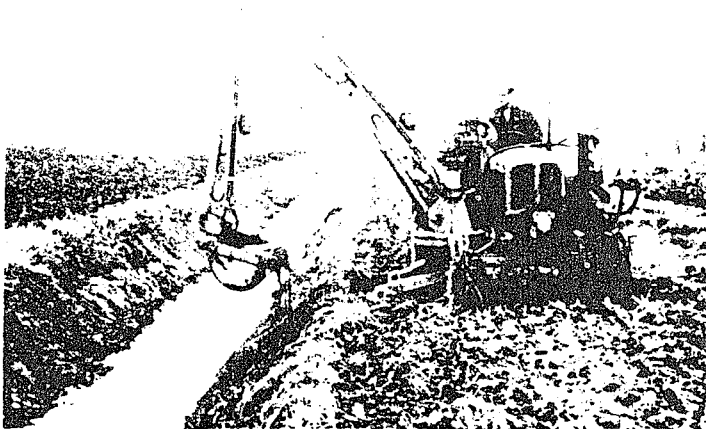
Sl. 7. Priključak kosilice na traktor



Sl. 8. Priključak kosilice na traktor



Sl. 9. Kosilica s traktorskim pogonom



Sl. 10. Priključak košare za izmuljivanje na traktor

3.1.2. Održavanje poluzapuštenih kanala

Poluzapuštenim kanalima smatraju se oni koji nisu održavani 3-4 godine nakon njihove izvedbe.

U njima su se razvili korovi, trska, šaš, a često se nalazi i mlado grmlje. Poluzapuštenih kanala u našim uvjetima ima dosta. Naime, nekoliko godina nakon izvođenja, kanali uglavnom ostaju prepušteni nebrizi svih odgovornih. Obično se ta nebriga produžava i oni postaju zbog jače zarašćenosti i zamuljenosti "zapušteni kanali". Budući da odgađanje početka intervencije održavanja kanala multiplicira tehničke poteškoće i financijske potrebe, neophodno je pristupiti njihovom održavanju već nakon prve godine ili najkasnije u poluzapušenom stanju. Pri održavanju poluzapuštenih kanala, košnja raslinstva i čišćenje suvišnog materijala u njima može se uspješno izvoditi oruđima prikazanim na slici 11. To su:

- mlatilo-kosilica
- kosilica s košarom
- perforirana košara

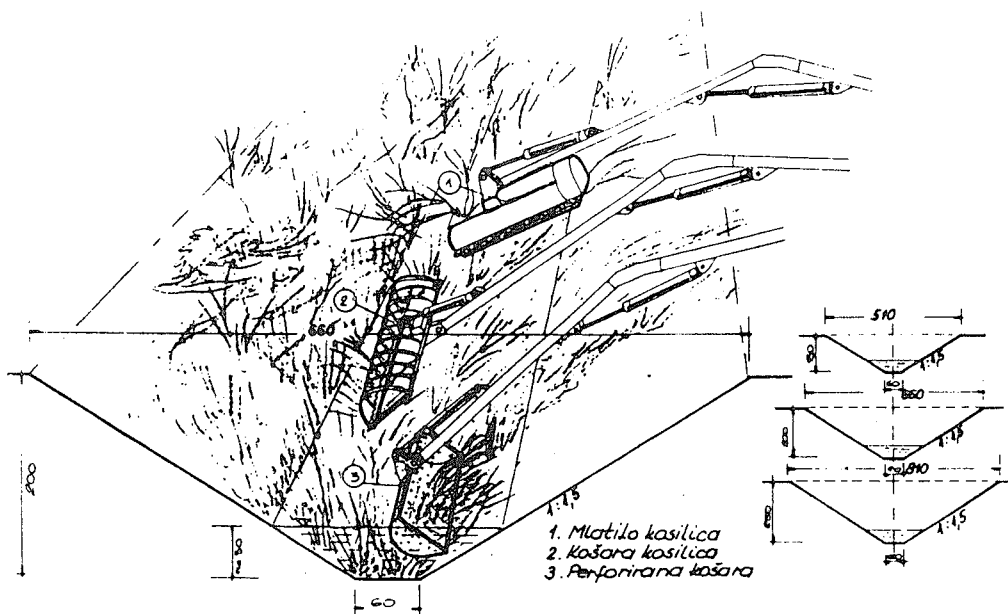
Prvenstveno se montira mlatilo-kosilica na traktor i s njom se pokosi sve raslinje na pokosima i na dnu kanala (slika 12). Ovisno o obraslosti kanala, mlatilo-kosilica može obaviti košnju do 4 km na sat. Nakon ovog zahvata primjenjuje se, ako je potrebno, kosilica s košarom (dužine 250 cm) za čišćenje kanala (slika 13). Ako postoji nanos na dnu kanala upotrebljava se perforirana košara, već prikazana kao oruđe za redovno održavanje kanala (slika 10 i slika 14).

Ako se pretpostavi da u kanalima i nakon 3-4 godine nema razvijenog grmlja i puno trske, već samo razne trave s korovima, može se umjesto mlatilo-kosilice koristiti kosilica s košarom. Ona kosi pokose i dno kanala u jednom zahvatu, te istovremeno kupi i izbacuje pokošeni korov i manje količine mulja na prostor uz kanal. Pri ovim zahvatima, također, treba (pogotovo ako je kanal bez vode - suh) oruđa držati nekoliko centimetara iznad tla, kako oruđe ne bi zadiralo u zemlju te izazvalo i zatupljenje noževa.

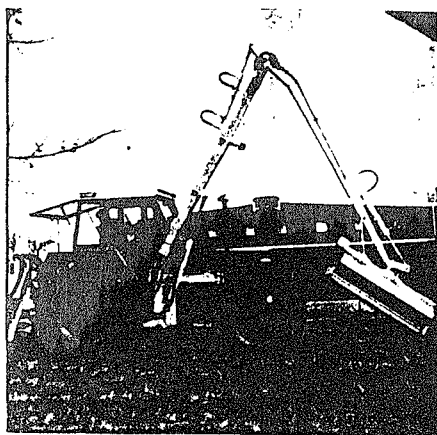
3.1.3. Održavanje zapuštenih kanala

Ako se redovno održavanje kanala, nije započelo 1-2 godine poslije njihove izvedbe, pa ni u fazi njihove poluzapuštenosti (3-4 godine nakon iskopa), normalno dolazi do njihove potpune zapuštenosti. Zapušteni kanali obrasli su raznim jednogodišnjim i višegodišnjim biljnim vrstama i zamuljenim nanosom. Vraćanje takovih kanala u prvobitan (normalan) položaj zahtijeva odgovarajuću opremu, raspored izvođenja potrebnih zahvata i puno rada, strpljenja, kao i financijskih ulaganja.

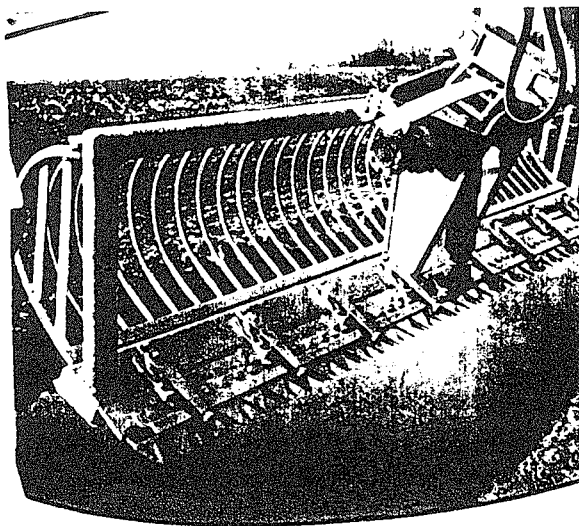
Prije čišćenja nanosa (izmuljivanja) vrši se piljenje višegodišnjih biljnih vrsta, vađenje panjeva, košnja ostalog raslinja, te kupljenje i iznošenje iz kanala. Priključna oruđa potrebna za te zahvate prikazana su na slikama 15 i 16.



Sl. 11 Skica oruđa za održavanje poluzapuštenih kanala

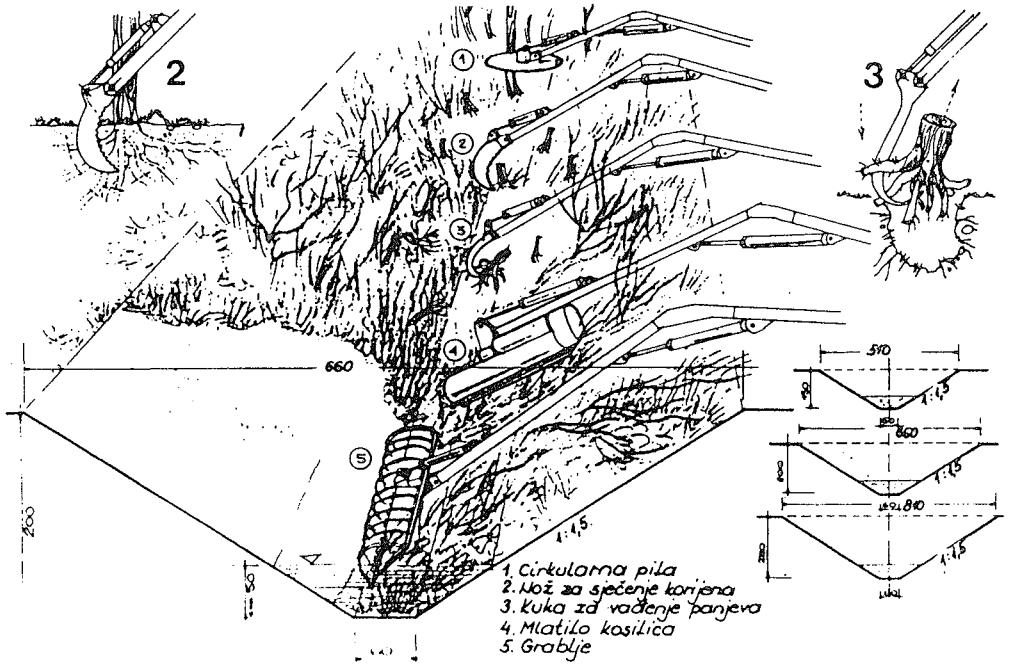
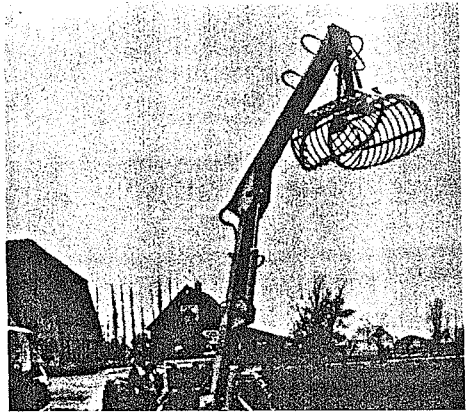


Sl. 12 Kosilica priključena na traktor

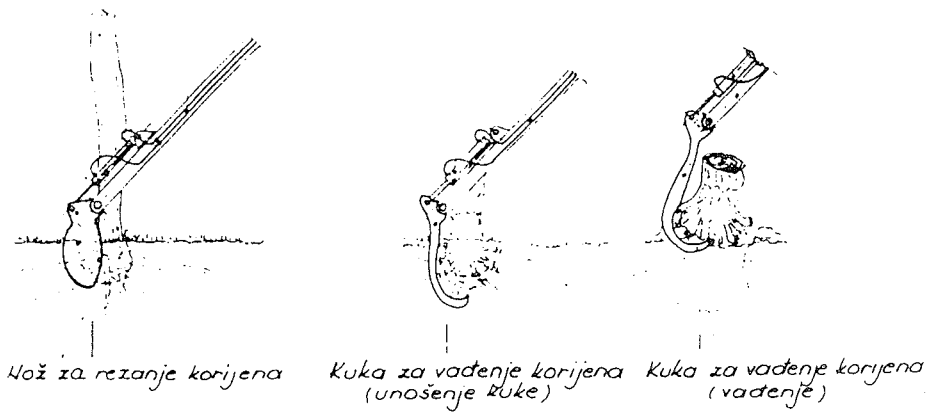


Sl. 13. Kosilica s košarom

Sl. 14 Perforirana košara priključena na traktor



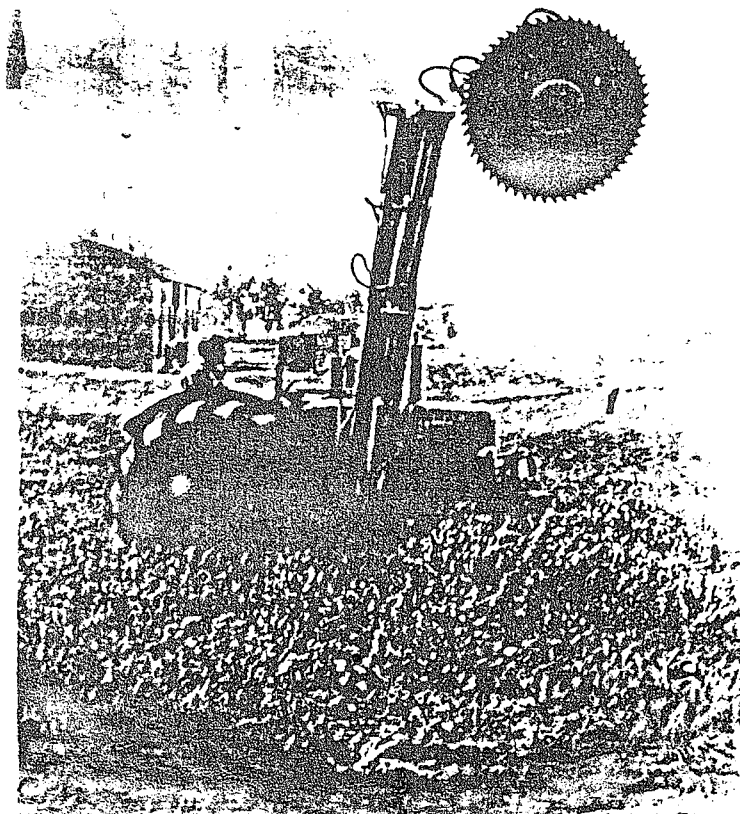
Sl. 15 Skica oruđa za održavanje zapuštenih kanala



Sl. 16 Skica oruđa za otklanjanje višegodišnjeg raslinstva iz kanala

3.1.3.1. Odstranjivanje biljnih ostataka iz kanala

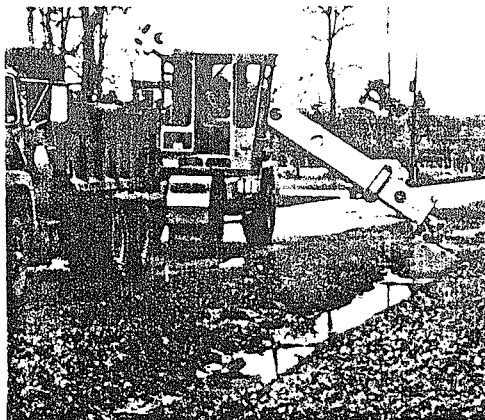
U slučaju da u zapuštenim kanalima ima mladog drveća (do 20 cm promjera), tada se prvenstveno koristi cirkularna pila (slika 15 i 17). Pila treba uvijek biti u horizontalnom položaju, s tim da se piljenje izvodi što je moguće bliže zemlji. Nakon izvršenog piljenja koristi se nož za sječenje korijenja (slika 15 i 16). Nož u obliku polumjeseca utisne se (pomoću cilindra) uz panj - što dublje u zemlju i siječe se korijenje oko panja bivšeg stabla. Poslije odsijecanja korijenja, priključuje se umjesto noža kuka za vađenje panjeva. Vrh kuke treba doći pod panj, i uz pomoć hidrauličkog pogona, panjevi se uspješno vade (slika 16). Kada se očiste kanali od drvenaste vegetacije, može se upotrijebiti mlatilo-kosilica za košnju ostalog bilja, i to što bliže tlu. Traktoristima je ovo moguće izvesti jer svi pogonski strojevi imaju uređaj za kontrolu tlaka i mogu na željenom razmaku od tla vršiti razdiobu biljnih vrsta. Osim toga, ako je potrebno, mogu se koristiti i grablje za skupljanje mlađeg raslinja (slika 18). Nakon toga kanal će biti očišćen od drveća, grmlja, trske, šaša i jednogodišnjih biljnih vrsta.



Sl. 17 Cirkularna pila priključena na traktor



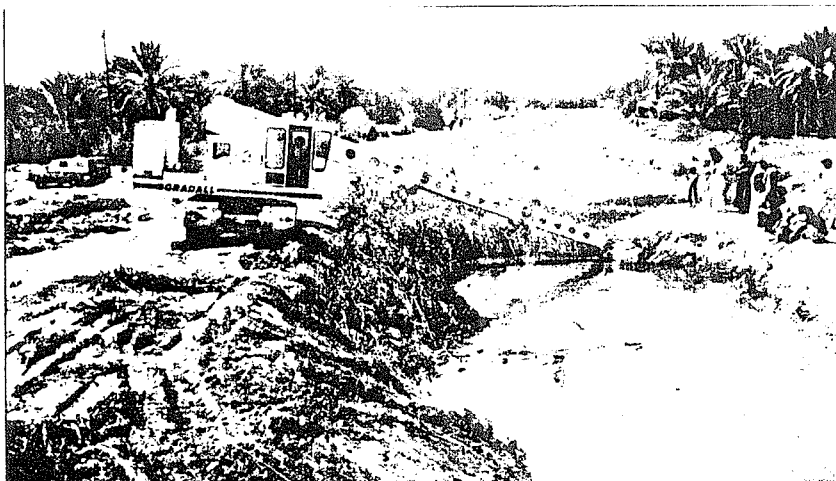
Sl. 18 Grablje priključene na traktor



Sl. 20 Obnavljanje kanala s bagerom

3.1.3.2. Čišćenje mulja (izmuljivanje) iz kanala

Zapušteni kanali uglavnom su i, više ili manje zamuljeni. Mulj u kanalima je nanešen vjetrom, vodenim nanosom i ispiranjem vlastitih pokosa oborinama. Preporučamo da se za izmuljivanje otvorenih kanala ne koriste bageri-žličari. Razlog za to je narušavanje poprečnog presjeka kanala. Upotrebom bagera dimenzije kanala postaju znatno veće, pa tako može doći i do većih nedostataka. Zbog toga, za čišćenje mulja i u zapuštenim kanalima najbolje je koristiti perforiranu žlicu ili perforiranu košaru (slika 2 i 14). Jedino, u slučaju jako zamuljenih kanala nije riječ o čišćenju, već o iskopu novih kanala, pa je potrebno primjenjivati bagere (slika 19 i 20).



Sl. 19 Obnavljanje kanala s bagerom

3.2. Održavanje sustava cijevne drenaže

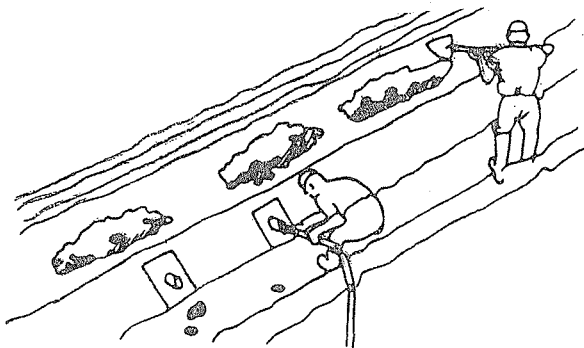
Otvoreni kanali, u našoj praksi, zauzimaju značajan dio proizvodnih površina i stvaraju teškoće u njihovom održavanju. Zbog toga je korisno, gdje je to moguće u praksi, umjesto otvorenih kanala III pa i II reda, upotrijebiti podzemne cijevi (kolektore). Moguće je, na površinama koje imaju veći pad od 3 promila, kanale III i II reda zamijeniti adekvatnim zatvorenim kolektorima (Tomić, 1987).

Zamjena kanala cijevima ne znači da drenažne cijevi nije potrebno održavati. To se tako ne smije shvatiti. Cijevnu drenažu bezuvjetno treba kontrolirati i održavati na specifičan način. Naime, nijedna drenaža neće dugo funkcionirati ako je na odgovarajući način ne održavamo. U svakom slučaju, osnovni uvjet za održavanje cijevi je pravilno i kontinuirano održavanje otvorenog kanala u koji se izljevaju drenažne cijevi. Kad je taj uvjet ostvaren, primjenjuje se:

- čišćenje izljeva drenažne cijevi i
- ispiranje drenažne cijevi

3.2.1. Čišćenje izljeva drenažne cijevi

Do djelomičnog, pa i potpunog začepljenja cijevi na mjestu izljeva u kanal neminovno dolazi ukoliko se ne održavaju otvoreni kanali. Pri tome razvijena vegetacija u kanalu obično prekriva pa i zatvara otvor cijevi. Uz to se nakuplja i mulj u kanalu, tako da se razina vode u njemu podigne često i iznad cijevi, i lako dolazi do nakupljanja algi i zamuljivanja izljevne cijevi i cijelog izljevno mjesto. Zbog toga je nužno vršiti redovno održavanje kanala kako bi se pravovremeno odvodila dospeljela voda iz kanala. Začepljeni cijevni izljevi čiste se ručno odgovarajućim palicama pošto se predhodno pažljivo izvadi žablji poklopac i nakon čišćenja se ponovno postavi (slika 21). Ovaj poklopac značajan je baš zbog toga što štiti cijev od ulaska faune i flore, odnosno, od zatvaranja cijevnog izljeva. Pri održavanju izljevno dijela cijevi potrebno je istovremeno izvršiti kontrolu i čišćenje izljevne ploče ili plahte. U slučaju potrebe treba izvršiti njezin popravak ili zamjenu novom.



Sl 21 Čišćenja izljeva drenažnih cijevi u otvorenom kanalu

3.2.2. Ispiranje drenažne cijevi

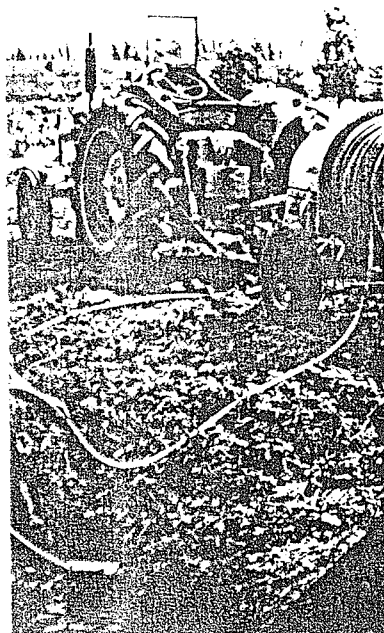
Drenažne cijevi često su na cijeloj dužini ili pojedinim njezinim dijelovima zamuljene. Čestice tla (uglavnom praha) talože se i popune cijeli profil ili dio profila cijevi, kao što je prikazano u isječku cijevi (slika 22).

Čišćenje zamuljene cijevi može se izvesti posebnim crpkama visokog tlaka (slika 23 i 24). Crpka ima fleksibilnu cijev do 200 m dužine. Na kraju te cijevi nalazi se reaktivna glava koja služi za tlačenje vode u jednom mlazu naprijed i tri mlaza natrag (slika 25). Upravo zbog reakcije tog mlaza vode, fleksibilna cijev pomiče se dublje u cijev sve do kraja (do 200 m dužine). Nakon ispiranja (čišćenja) drenažne cijevi fleksibilna cijev s reaktivnom glavom vraća se pomoću vitla na crpki (slika 23 i 24). Budući da ovaj zahvat čišćenja zamuljenih drenažnih cijevi prate određeni investicijski i izvedbeni troškovi, u zadnje se vrijeme preporučuje primjena nekih preventivnih mjera. Naime logična je konstatacija da veći nagib i veći promjer drenažne cijevi smanjuju zamuljivanje drena. Zbog toga se preporuča, pogotovo na tlima praškaste teksture (slabo strukturna tla), postavljanje drenažnih cijevi s većim nagibom (4-5 promila) i većim promjerom sisala (65 mm). Ukoliko i unatoč toga dolazi do zamuljivanja drenova, tada treba koristiti opisanu crpku.

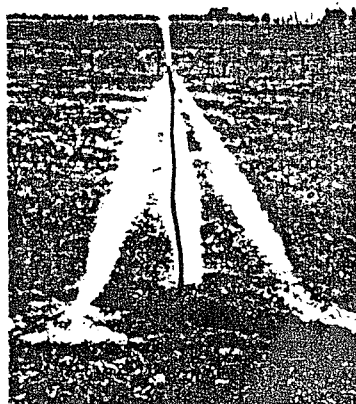


Sl 22 Djelomično zamuljena cijev u tlu

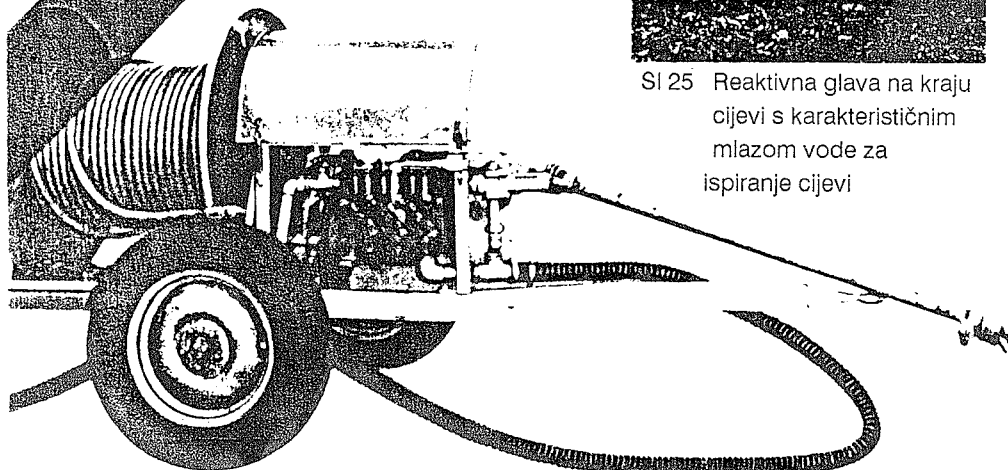
Sl. 24 Pumpa za ispiranje drenažnih cijevi s traktorskim pogonom



Sl. 23 Pumpa za ispiranje drenažnih cijevi

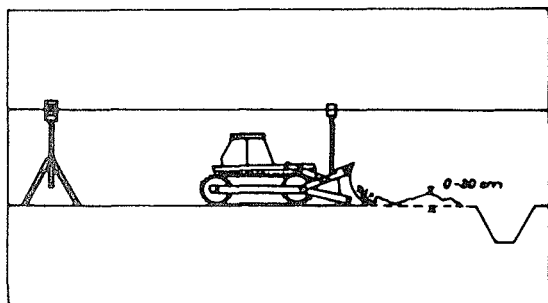


Sl. 25 Reaktivna glava na kraju cijevi s karakterističnim mlazom vode za ispiranje cijevi

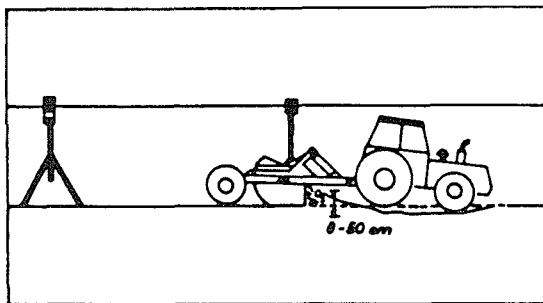


3.3. Održavanje proizvodnog prostora (putne mreže i uređenost tabli)

Nakon izvršenog okrupnjavanja i uređenja proizvodnih površina s putnom mrežom i formiranim tablama, nužno je kontinuirano održavati putnu mrežu i proizvodni prostor na svim tablama. Zbog potrebnih većih financijskih ulaganja za izgradnju puteva iz čvrstih materijala, u poljskim uvjetima i dalje se koriste zemljani poljski putevi. Uslijed teških poljoprivrednih strojeva i čestih prevlažnih uvjeta, zemljani se putevi oštećuju i postaju neravni. Zbog toga pojedine dionice putova postaju teže ili čak potupno neprohodne za transportna sredstva pa i za sve poljoprivredne strojeve. Budući da kvalitetna putna mreža izravno utječe na manje troškove proizvodnje i obratno, značajno je stalno održavanje poljskih puteva. U tu je svrhu možda potrebno svake godine ravnanje zemljanih putova odgovarajućim ravnjačem. U nastalim mjestimičnim depresijama eventualno je potrebno vršiti nasipavanje zemljanog ili otpadnog krutog materijala te njegovo planiranje. Sve ove operacije treba izvoditi u suhim uvjetima. Izvan proizvodnih površina i parcela, ali unutar poljoprivrednog gospodarstva, i od njega prema javnim prometnim komunikacijama, sve se više grade tvrdi putevi (bijeće tvrde ceste pa i asfaltirane ceste) na kojima je potrebno primjenjivati održavanje znatno manje i rjeđe. U svrhu ostvarivanja ujednačenih povoljnih uvjeta za uzgoj biljaka, na cijeloj površini svake proizvodne parcele (table), korisno je primjenjivati njihovo ravnanje. Prvo ravnanje, koje se izvodi kao finalna operacija u sklopu kompleksnog uređenja i dreniranja površina je tzv. meliorativno ravnanje. Nakon toga, zbog čišćenja (održavanja) kanala, primjene različitih sustava obrade tla i različitih strojeva, te pojave mikro i makro erozije, potrebno je u sklopu održavanja proizvodnog prostora izvoditi i dopunsko ravnanje tabli. Naime, dopunsko ravnanje primjenjuje se kada je potrebno otkloniti neravnine nastale u redovnoj eksploataciji zemljišta. Posebno se treba voditi briga o dopunskom ravnanju na navodnjavanim površinama, naročito ako se primjenjuju površinski načini navodnjavanja. Na nestabilnim tlima, ovo ravnanje je potrebno češće izvoditi, a na tlima povoljnije strukture rjeđe (svake treće do pete godine). U tu svrhu koriste se različiti ravnjači, a ponekad i skrejperi uz upotrebu laserskog vođenja, kao što je prikazano na skicama (slika 26 i 27). Ravnjačem se skida zemlja s viših mjesta i zatrpavaju depresije. Tako se ostvaruje ravna proizvodna površina i ujednačeni uvjeti na cijeloj tabli (Tomić et al, 1985). Skrejperi su strojevi koji vrše više radova: nabiru rahlu zemlju, tovaru je u sanduk, prevoze na mjesta istovara, istovaruju zemlju i vrše grubo planiranje. U ovom se slučaju koriste za ravnanje proizvodne površine, kao što se postiže ravnjačima.



Sl. 26 Skica rada ravnjača
s laserskim vođenjem



Sl. 27 Skica rada skrejpera s
laserskim vođenjem

Literatura

1. Butorac A. i Tomić F. (1987): Sadašnje stanje hidro i agromelioracija u SR Hrvatskoj i smjernice za njihovo korištenje u praksi, Poljoprivredne aktualnosti, br. 1-2/87, Zagreb.
2. Tomić F. i Marinčić I. (1983): Stanje poljoprivrednih površina i reguliranje suvišnih voda na njima, Savjetovanje o mehanizaciji poljoprivrede, Zagreb.
3. Tomić F., Čuljat M. i Petošić D. (1985): Strojevi za izvođenje melioracijskih radova, Zbornik radova, Savjetovanje o aktualnim zadacima mehanizacije poljoprivrede, Fakultet poljoprivrednih znanosti - Institut za mehanizaciju tehnologiju i graditeljstvo u poljoprivredi, str. 43-59, Split.
4. Tomić F. (1986): Problem filter materijala u sistemu detaljne odvodnje, Poljoprivredne aktualnosti, Vol. 25, Br. 1?2, Zagreb.
5. Tomić F. (1987): Sistemi detaljne odvodnje za reguliranje suvišnih voda u tlu, Priručnik za hidrotehničke melioracije, Knjiga 4-Detaljna mreža, Društvo za odvodnju i navodnjavanje Hrvatske, Zagreb.
6. Tomić F, i Marinčić I. (1988): Drainage of pseudogley and amphyglej soils, International commission on irrigation and drainage, Proceedings Vol. 1., 221-232, Dubrovnik.

STROJEVI ZA ODRŽAVANJE HIDROMELIORACIJSKIH SUSTAVA POVRŠINSKE I PODZEMNE ODVODNJE

1. Hidromelioracijski sustavi

U današnje vrijeme razlikujemo dva osnovna sustava, namjenjena odvodnji viška vode. To su sustavi površinske i podzemne odvodnje.

I jedan i drugi sustav datira od prvih dana i prvih izvođenja hidromelioracijskih sustava. Jedino je lakše i jeftinije bilo izvođenje sustava površinske odvodnje u odnosu na sustave podzemne odvodnje, tako da su sustavi površinske odvodnje do današnjih dana razvijeni u znatno većem opsegu. Glavni dio sustava površinske odvodnje su kanali otvorenog tipa i različitog reda veličina.

Sustavima podzemne odvodnje smatramo izgrađene drenažne mreže, položene u smislu pojedinačne ili kolektorske drenaže.

Izgrađeni sustavi površinske i podzemne odvodnje imaju primarni i osnovni zadatak - odvesti viškove vode s obradivih površina, u trenucima kada vode ima više nego što je tlu potrebno. Prilikom odvođenja te vode, neminovno dolazi do povlačenja određene količine erozijom obrušenog materijala. Posljedica takovog procesa je promjena profila otvorenog kanala ili drenažnog voda, odnosno jasnije rečeno - povišenje dna kanala, kroz koji odlazi suvišna voda. U jednom i drugom slučaju taloženje nanešenog materijala nazivamo zajedničkim imenom - zamuljenje.

Stoga će i kod jednog i kod drugog sustava odvodnje biti kod održavanja govora o strojevima ili uređajima za izmuljivanje odnosno odmuljivanje sustava površinske ili podzemne odvodnje.

Kod saustava površinske odvodnje se međutim osim zamuljenja pojavljuje još jedan problem, zbog kojega se usporava a ponekad i značajno smanjuje mogućnost odvodnje viška vode. Taj problem stvaraju različite vrste raslinja, koji se veoma brzo razvija na plohamu kanala za odvodnju. To su najrazličitije vrste raslinja - trave i drvenasto bilje, šiblje, a kod jako zapuštenih sustava čak i drveće.

U današnje vrijeme onečišćavanju otvorenih sustava mnogo pridonose slučajevi ekoloških onečišćenja u smislu gomilanja odbačenih predmeta i materijala. Ovakvi slučajevi onečišćenja su različiti po svom opsegu i nisu redovan predmet održavanja sustava, te se rješavaju na različite načine, često ovisno o specifičnosti samog onečišćenja.

2. Potreba održavanja hidromelioracijskih sustava površinske i podzemne odvodnje

Jednom izvedeni, sustavi odvodnje moraju se održavati u približno izvedenom obliku i stanju, ukoliko želimo da bude u potpunosti zadovoljena funkcija, zbog koje su i izgrađeni, jer je u njih radi te namjene uložen ogroman kapital.

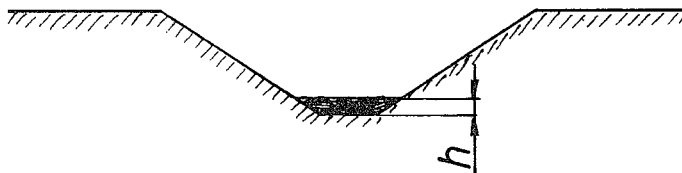
Govoreći o današnjem načinu, obliku i obimu održavanja hidromelioracijskih sustava svakako treba znati da su i davno prije svi izgrađeni sustavi bili na neki način i uz pomoć nekakvih uređaja ili strojeva održavani. Svakako da su tehnički i tehnološki dometi ovakvih uređaja vremenom značajno napredovali i pozitivno se mijenjali, te su mnogi od tih uređaja i nestali, jer su postali nerentabilni u primjeni ili tehnički preživjeli.

Shodno tome, danas bismo mogli nabrojati ove načine održavanja otvorenih sustava površinske odvodnje:

- izmuljenje dna kanala
- košnja dna kanala
- košnja pokosa kanala
- košnja bankine kanala
- krčenje šiblja u dnu, na pokosu i bankini kanala
- krčenje drveća i stabala na pokosu i bankini kanala.

3. Strojevi za izmuljenje kanalske mreže - sustava površinske odvodnje

Osnovni zadatak kod izmuljenja kanalske mreže je izbacivanje naslage - taloga - mulja i raslinja iz samog dna kanala. Navedeni elementi zamuljenja mogu značajno povisiti projektiranu kotu dna kanala. Dubina odn. visina zamuljenja (prikaz na slici 1) označena je na slici slovom 'h'. To je u stvari visina koja je za toliko uzdignuta iznad projektiranog dna kanala. Povećanje naznačene visine nastaje kao posljedica erozionog nanosa, te kao posljedica truljenja raslinja u dnu i na donjem dijelu pokosa kanala.



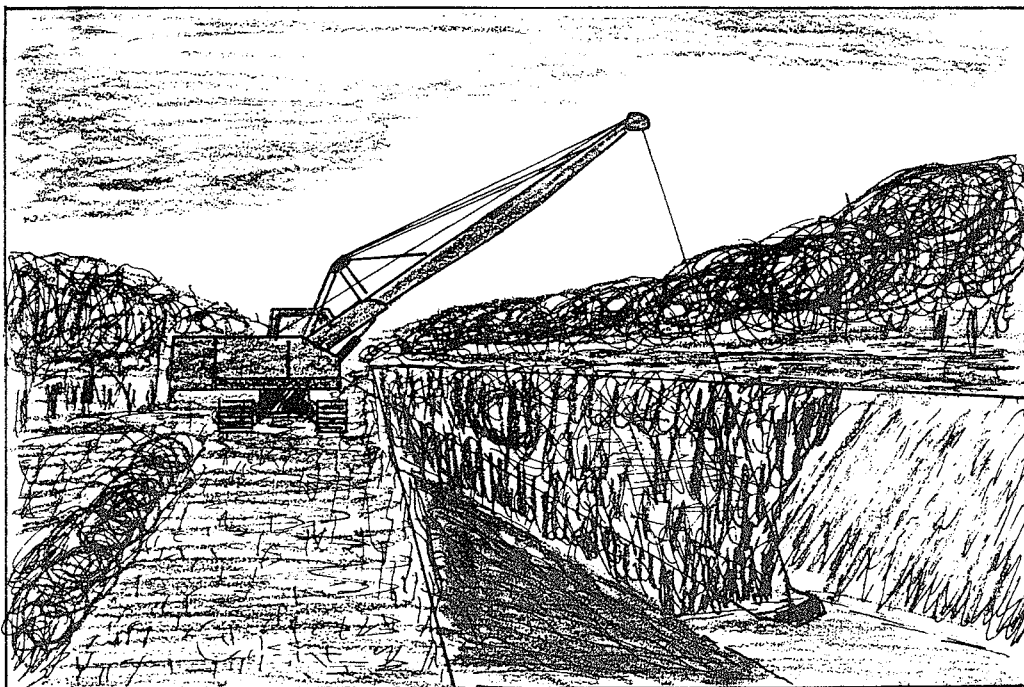
Sl. 1. Dubina zamuljenja "h"

Dubina sloja 'h' je ovisna o nizu elemenata. Navodeći ovaj pojam misli se na podnosivu visinu h, a da hidromelioracijski sustav odvodnje može još uvijek uspješno funkcionirati, tj. da omogućava zadovoljavajuće brz protok u smislu odvodnje viška vode.

Momentat određivanja odnosno opredjeljivanja za rad na izmuljenju je danas nažalost češće određen financijskim mogućnostima, nego stvarnim potrebama. Posljedice toga je sve veće i značajnije zamuljenje kanalske mreže, a sve slabija odvodnja, pogotovo kod slučajeva iznenadnog dolaska većih količina voda. Praktički radove izmuljenja treba vršiti svake pete godine. Na takav način sistem se može prilično dobro održati u funkciji.

Radove na izmuljenju, u prvim pokušajima, u našim prilikama nastojalo se izvoditi uz pomoć mehaniziranih oruđa, koja su se do tada nalazila u redovnoj eksploataciji na izvođenju i rekonstrukciji vodotoka - sustava površinske odvodnje. Neka od tih oruđa, u ovisnosti o redu veličine vodotoka, ostala su i danas najpogodnije sredstvo za izvođenje takovih radova. Tako recimo na vodotocima I i II reda i danas se primjenjuje način izmuljenja - održavanja dna i donjeg dijela pokosa vodotoka - u najkласičnijem obliku uz pomoć bagera sajlaša.

Na slici broj 2 prikazan je rad jednog takvog bagera na izvođenju radova održavanja - izmuljenja.



Sl. 2. Rad bagera pri izmuljenju kanala

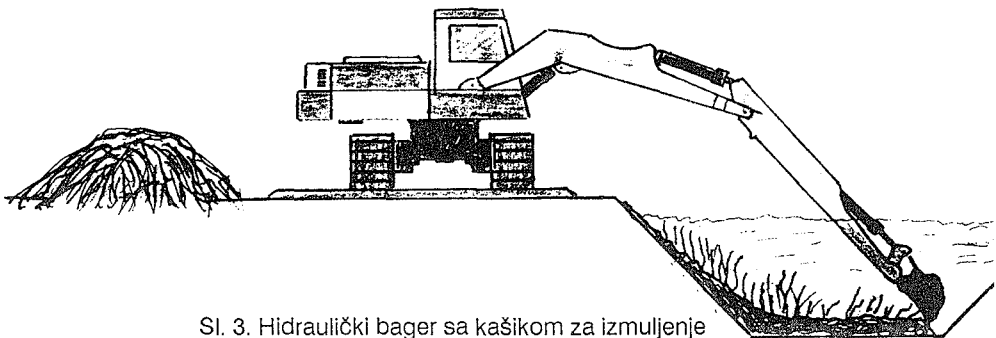
Ovakav način izmuljenja mogao bi se svrstati u grupu radova tzv. diskontinuiranog izmuljenja. Nataloženi materijal grabi se korpom - kašikom bagera i izvlači na visinu okolnog terena, te se tamo deponira. Veličine nastalih deponija izbačenog materijala ovisne su o veličini vodotoka kao i o njegovoj zamuljenosti. Tako nastale deponije izvađenog materijala u najvećem su broju slučajeva mokre, jer se redovno vade iz potopljenih dna vodotoka, i ne mogu se trenutno razgrnuti odnosno poravnati. Budući da se radovi izmuljenja izvode na gotovim objektima, kod kojih je okolina uglavnom oblikovana i privedena kulturi, nastajanje ovakvih deponija redovno se pojavljuje kao problem u smislu zakrčenja prostora, prilaza i tome slično. Na takav način gubi se dio obradive površine, barem u toku jedne radne sezone. Takve deponije redovno pričinjavaju i poteškoće kod obrade okolnog zemljišta - obično u smislu otežanog pristupa do obrađenih površina.

Kod vodotoka I i II reda ovaj problem je uglavnom trajnog karaktera, i nema načina da se praktički riješi, upravo zbog poteškoća, koje nastaju uslijed vrlo visoke vlažnosti materijala, koji se izbacuje prilikom ovakovih radova.

Na vodotocima III i IV reda radovi izmuljenja obavljali su se drugom mehanizacijom, kao što su hidraulični bageri s krutom kinematikom radnih i pomoćnih oruđa. Na ovim bagerima primjenjeno je posebno prilagođeno oruđe za ovakovu vrstu rada - kašika za izmuljenje.

Na slici broj 3 prikazan je hidraulični bager na kojem se nalazi radno oruđe - kašika za izmuljenje.

Svojom kinematikom - podizni krak - greda i poluga bagera, te mogućnošću zakretanja kašike na kinematskim mehaničkim vezama, na ovaj način moguće je kvalitetno u smislu funkcionalnosti i estetski ponovno oblikovati dno, kao i donji dio pokosa kanala- vodotoka, u onakvom obliku, kako je to bilo u času kada je ovakav objekat izveden. Kvaliteta izvedenog rada presudno je ovisna o kvaliteti radnog čovjeka - bageriste, koji ove radove izvodi. Radovi na izmuljenju otvorenih vodotoka IV reda mogu se kvalitetno i dobro obaviti na ovakav način. Naime, kod takvih je vodotoka širina dna kanala 0,6 do 0,8 metara, pa je kinematikom bagera moguće uz samo jedan prolaz sa strane kanala izvršiti ovakav rad izmuljenja. Posebno je to bitno u situacijama, kada je dno kanala potopljeno vodom. Ovakovim strojevima moguće je takav posao obaviti i estetski i kvalitetno.



Sl. 3. Hidraulički bager sa kašikom za izmuljenje

Problem nastajanja diskontinuiranih deponija - sistema hrpa do hrpe, osnovni je problem, koji se pojavljuje kod ovakvog načina izmuljenja. Količine nanešenog i istaloženog materijala su uglavnom takve, da se potezom kašike bagera mogu u jednom prolazu kroz dno kanala u poprečnom smjeru, zadovoljiti potrebe rada izmuljenja. Vađenjem mokrog materijala na ovim diskontinuiranim deponijama, nije moguće izvršiti i trenutno razastiranje izvađenog materijala. Ovo je onemogućeno iz više razloga - raskvašenost, sraslost žilja i tome slično. Ukoliko su ove poteškoće praktički manje izražene, tada postoji mogućnost da se izbačeni materijal i trenutno razastre - razvuče na većoj površini, pa tada problem nagomilanog materijala nije tako velik. Jedan od načina za rješavanje ovako nastalih deponija je i odvoženje izvađenog materijala. Takav vid uklanjanja je veoma skup te je, pogotovo u današnje vrijeme, rijetko primjenjiv.

Vađenje suhog materijala iz dna kanala uglavnom je rjeđi slučaj u obavljanju poslova na izmuljenju, uglavnom iz praktično- ekonomskih razloga, jer je vađenje krutih materijala znatno otežano te adekvatno skuplje. Upravo iz tih razloga radovi izmuljenja nastoje se izvršiti onda, kada postoji zadovoljavajuća raskvašenost materijala u dnu kanala. U takvim uvjetima moguće je bolje, kvalitetnije oblikovanje dna kanala, što je veoma bitno za daljnji tok funkcioniranja sistema otvorene odvodnje. Osim ove prednosti postoji i ona druga - da se izvađeni materijal može u takvom stanju adekvatno razastri kašikom bagera, te se tako izbjegavaju dosad nabrojani nedostaci, a ukupni utrošak energije kod ovako odabranih i izvršenih radova je manji.

Radovi na izmuljenju sustava površinske odvodnje najčešće se izvode bagerima točkašima. Razlog primjene baš ovih strojeva čisto je praktične naravi. Naime, na izvršavanju ovakvih poslova bager prevladuje relativno velike udaljenosti pri čemu je pojam velikih udaljenosti vezan na pojam kretanja bagera uopće - za koje se zna da je uglavnom vezan na kratke udaljenosti. Bageri točkaši se lako pokreću - odnosno lako i brzo mijenjaju mjesto svoga rada, pa na radovima izmuljenja sigurno bolje zadovoljavaju nego bageri gusjeničari. Za bagere na gusjenicama ovaj posao nije ni posebno preporučljiv - zato što, prevladujući veće udaljenosti izlažu povećanom trošenju elemente voznog i hodnog dijela, što na kraju znatno povećava cijenu koštanja izvedenog rada.

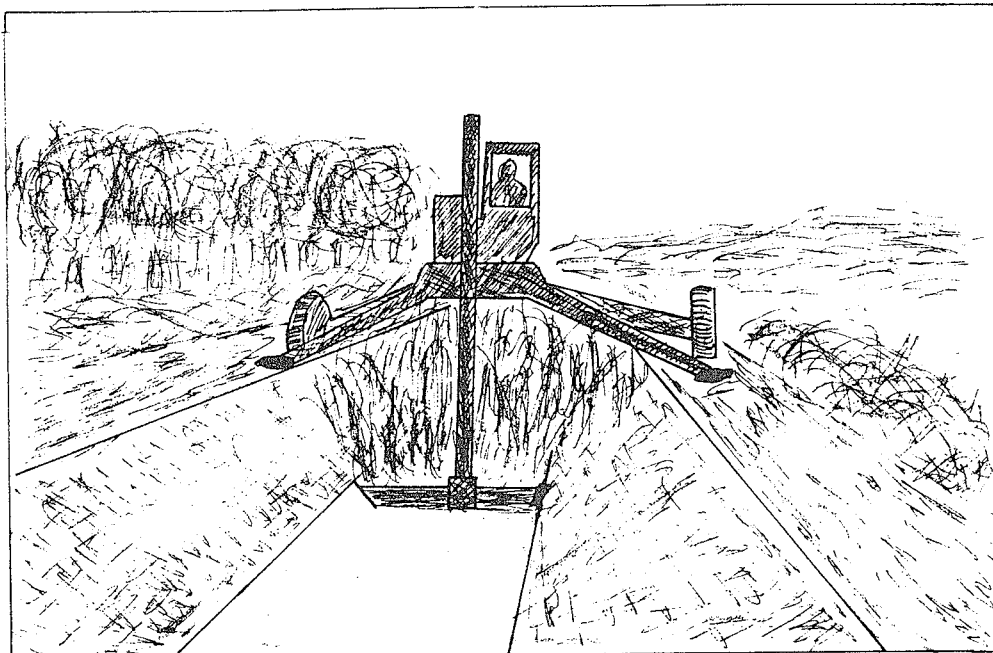
Opisani načini izmuljenja uglavnom su se, dakle, obavljali uz upotrebu postojeće mehanizacije, uz dodatak specijalnih alatki - najčešće različitih vrsta i oblika kašika za efikasno obavljanje poslova izmuljenja. Budući da su ovi strojevi u osnovi svoje konstrukcije bili predviđeni za teške uvjete rada, može se zaključiti da su instalirane snage pogonskih agregata, kao i sama njihova težina, značajno veći od stvarno potrebnih veličina za izvršenje ovakvih radova. Osim ovog nedostatka pojavljivao se i još jedan, u toku rada ovi radni strojevi moraju prolaziti neposredno pored kanala. Tamo gdje su postojali putevi ili slični prolazi, nije nastajala direktna šteta na obrađivanim površinama, do kojih je dolazilo zbog izbacivanja materijala, kojeg izmuljujemo. Takav materijal odlagao se neposredno uz sam rub puta ili na obradivu površinu.

Oko 1978. godine u vodoprivrednim organizacijama pojavili su se specijalni bageri za

izvršavanje ove vrste radova tzv. bageri kanaločistači.

Na slikama broj 4.1. i 4.2. prikazan je ovakav jedan bager prilikom radova na izmuljenju kanala.

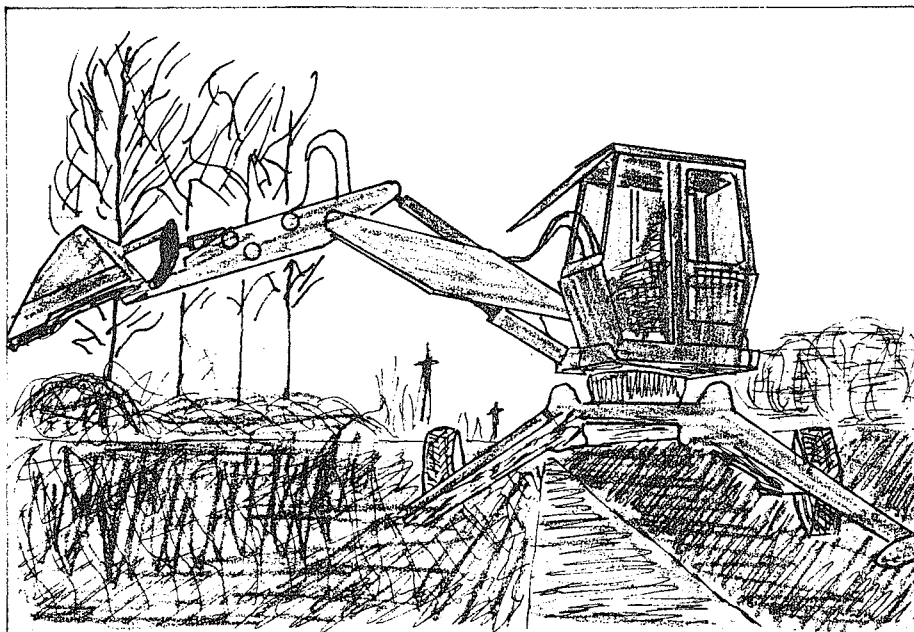
Osnovne konstruktivne razlike ove vrste bagera u odnosu na bagere klasične konstrukcije jasno su uočljive.



Sl. 4.1. Bager pri radu na izmuljenju kanala

Radi se o specijalnim - usko namjenskim strojevima, koji su u svom gornjem dijelu zadržali sve karakteristike bagera, dok je donji dio potpuno drugačije izvedbe. Umjesto kompletnog tzv. donjeg stroja, postavljene su četiri noge. Na dvije noge postavljeni su kotači, dok su druge dvije noge bez kotača. Dužina ovih nogu su takve, da bageri mogu obaviti radove na izmuljenju kanala IV reda, bez ikakvih poteškoća. Istim bagerima moguće je izvršiti radove izmuljenja i na kanalima većih dimenzija. Tada se ovi bageri na svojim nogama spuštaju u pokos kanala ili čak na njegovo dno. Naravno, u takvim se situacijama značajno umanjuje učinak ovih strojeva, te tako dolazi u pitanje i isplativost tako obavljenih radova.

Osnovna prednost ovih bagera je njihova mala težina - ona je do pet puta manja od težine klasičnih strojeva, kojima su se do tada obavljali radovi izmuljenja. Iz istog razloga u ovim su bagerima ugrađeni pogonski motori znatno manje snage, pa je i potrošnja energije značajno smanjena. Smanjenje utrošene pogonske energije imalo je svojeg utjecaja na konačnu cijenu izvršenog rada na izmuljenju.



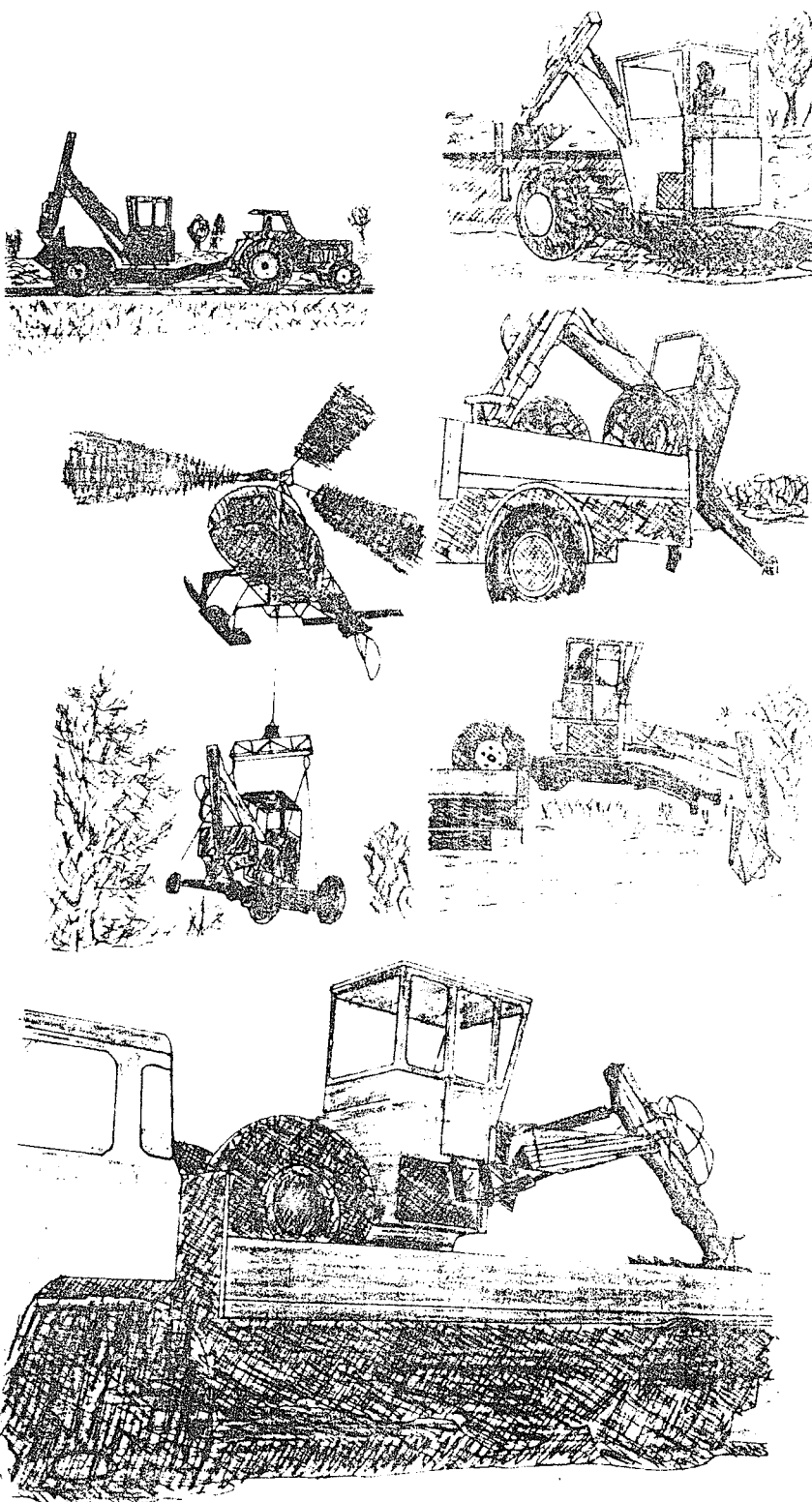
Sl. 4.2. Rad bagera na izmuljenju kanala

Rad izmuljenja obavlja se posebno oblikovanom profilnom korpom - kašikom, koja je zadržala karakteristike dna kanala IV reda. Time se osigurava potpuno adekvatna rekonstrukcija kanala, tako da njegovo dno i dio pokosa - do širine jednog metra, biva obnovljen u istom obliku, kao kada je kanal bio iskopan. Ovakav način rekonstrukcije kanala svakako je najbolji-najadekvatniji način izvršenja ovakovih radova.

Posebna prednost ove vrste strojeva je u tome, što nisu potrebni posebni pristupi, odnosno pristupni putevi. Zahvaljujući svojoj konstrukciji - dvije noge s kotačima i dvije noge bez kotača, te zglobno savitljivom kranu, ovi strojevi će pristupiti i na najteža mjesta. Posebno treba istaknuti da su štete, koje ovi strojevi čine kod svojih prolazaka minimalne i gotovo zanemarive.

U toku svojeg rada bager je postavljen na samom kanalu - kreće se uzduž njegove osi, tako da su mu noge na samoj tzv. bankini ili u pokosu kanala. Ovakvom konstrukcijom, odnosno ovakvom tehnološkom mogućnošću rada, ovi bageri su stekli isključivu tehnološku prednost u primjeni na radovima izmuljenja. Čak i njihova relativno visoka cijena u odnosu na mogući učinak u radu, nije se nikada postavljala kao primarno pitanje kod odabiranja najpogodnije tehnologije rada izmuljenja.

Na slici broj 5 prikazano je nekoliko načina preseljavanja ovakvog radnog stroja s jedne na drugu radnu lokaciju, ovisno o udaljenosti. Osnovna odlika bagera ove vrste je njihova mala ukupna težina - prosječno oko 5 tona. Upravo ta mala težina znatno olakšava transport odnosno premještanje stroja sa jedne radne lokacije na drugu.



SI 5. Razne možnosti preseljevanja strojeva na drugo radnu lokaciju

Bager se odlikuje i jednom posebnom osobinom, a to je mogućnost tzv. samoutovarivanja. Tako se bager lako transportira kamionima srednjih veličina i nosivosti. Isto tako se lako transportira kvačenjem na neki drugi samohodni stroj - traktor i slično. U slučaju primjene ovih strojeva na teško pristupačnim terenima, bez obzira da li su u pitanju visine, močvare ili slično, moguće ih je prenijeti helikopterima, te tako ovi strojevi zaista nalaze široku primjenu.

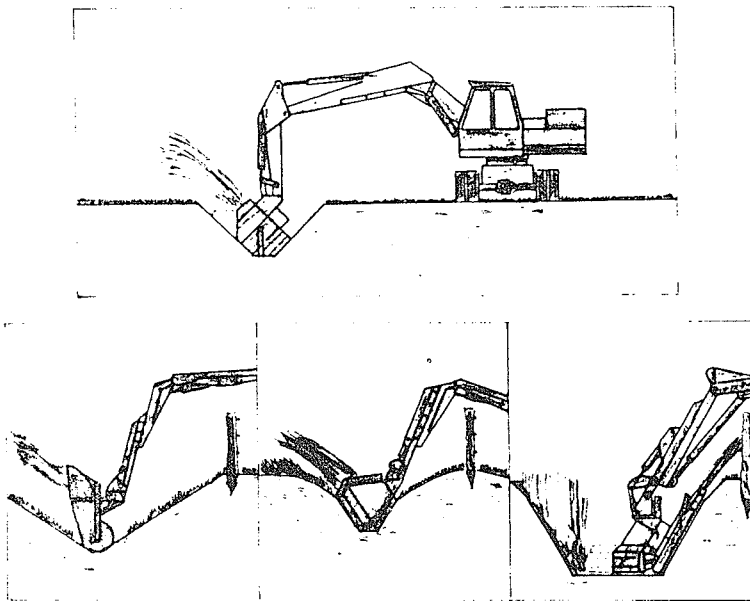
Izbacivanje namuljenog materijala - taloga te raslinja iz dna kanala vrši se također po sistemu kašika za kašikom. Na taj način također nastaju diskontinuirane deponije, koje predstavljaju jednake nepovoljnosti, kao što smo to prethodno opisali.

Ova vrsta bagera praktički se dokazala u izvršavanju radova izmuljenja u proteklih desetak godina. Posebno su ih dobro prihvatili vlasnici poljoprivrednih površina, i to iz osnovnog razloga što nisu pričinjavali nikakovu štetu na obradivim površinama kao i zasijanim kulturama. Zbog specifičnog načina kretanja, ukazala se mogućnost da se radovi na izmuljenju kanalske mreže mogu nesmetano obavljati u svako godišnje doba, osim u slučaju vrlo niskih temperatura, odnosno zamrzavanja tla, tj. ako je dno kanala pod vodom. Ovo je postala osnovna prednost ovih bagera, jer su bez ograničenja mogli raditi u toku većeg dijela godine, pa su na takav način ostvarili veći broj radnih sati, čime su svakako postali i konkurentni u obavljanju poslova izmuljenja.

Sve do sada opisane načine izmuljenja mogli bismo svrstati u slučajeve tzv. diskontinuiranih postupaka. Pri takovim postupcima izvađeni se materijal deponira na koncentriranim gomilama - čija veličina je ovisna o sadržini bagerske kašike, kao i o količini namuljenog materijala u dnu kanala.

Do današnjih dana u našoj se zemlji uglavnom primjenjivao ovakav način izmuljenja. No daleko praktičniji, u smislu deponiranja izvađenog materijala iz dna kanala je tzv. kontinuirani način izmuljenja. Kod ovakovog načina izmuljivanja posao se obavlja različito konstruiranim oblicima rotirajućih alata. Ovi alati nalaze se na osnovnom pogonskom stroju, koji se kreće pored kanala u uzdužnom smjeru - duž osi kanala. Alati su uglavnom kružnog oblika i imaju rotaciono kretanje. Kod takove kombinacije kretanja osnovnog stroja i rotirajućeg alata, nataloženi materijal iz dna kanala izbacuje se u kontinuiranom mlazu redovito prilično velike širine, i na relativno veliku udaljenost. Na taj način došlo se do takvog načina izmuljenja da se izbačeni materijal gotovo i ne može primijetiti na površini, na koju je razbačan. Tako primjera radi, izmuljeni materijal može se nabacivati na površine pod redovnim poljoprivrednim kulturama. To je svakako velika prednost, čak i u odnosu na prethodno opisane kanaločistače.

Na slici broj 6 prikazano je nekoliko uređaja, kojima je moguće izvršiti kontinuirano izmuljenje kanala. Uređaji su montirani na samohodne radne strojeve - traktore ili bagere točkaše.



Sl. 6. Strojevi za kontinuirano izmuljenje kanala montirani na samohodne radne strojeve -
- traktore ili bagere

Nažalost, moramo konstatirati, da su prikazani uređaji uglavnom strane proizvodnje, da su do sada u našim prilikama malo eksploatirani i primjenjivani. Moglo bi se reći da su samo ponegdje primjenjivani u eksperimentalnom obliku i opsegu. Postoje za to i opravdani razlozi. Naime, ovi se uređaji primjenjuju kao dodatno radno oruđe na bagerima ili traktorima. Da bi mogli poslužiti kao nosači ovog oruđa u eksploataciji, traktori i bageri moraju imati dvije dodatne konstruktivne izvedbe, a to su:

- poseban hidraulični izvor snage za pogon radnog oruđa,
- prigrađen pogon za tzv. spori hod, kako bi se hod vozila uskladio sa mogućnošću rada oruđa.

Domaći proizvođači bagera nemaju ni jedno rješenje dok proizvođači traktora zadovoljavaju samo drugi uvjet, i to u vrlo malom broju izvedbi traktora.

Tako dakle imamo dva problema - jedan što još uopće nismo razmišljali o proizvodnji i primjeni ovakvih uređaja i drugi, što ako ih i uvezemo, onda nemamo adekvatne strojeve nosače za takova radna oruđa. U biti, za primjenu ovakvih savremenih oruđa trebalo bi imati sasvim drugačija razmišljanja kod proizvodnje radnih strojeva, a onda naravno u tom jedinstvu tražiti i mogućnosti novih rješenja.

Zaključujući ovim pregled svih uređaja i strojeva, kojima je moguće izvršiti poslove izmuljenja, može se reći slijedeće: Radovi na izmuljenju - čišćenju dna kanala moraju se izvoditi, da bi se na taj način izgrađeni sistem hidromelioracionih objekata održao u funkciji za koju je projektiran. Ti radovi moraju se izvoditi jednako u ravničarskim, kao i brdovitim krajevima - područjima. U biti, i na jednim i na drugim područjima dolazi do zamuljivanja.

Stoga je primjena mehaniziranih uređaja na svim područjima u našoj zemlji imala zastupljene gotovo sve tipove uređaja, kao i načine izvođenja radova.

4. Radovi košnje

Košnjom se uklanjaju različite vrste biljnog i tanjeg drvenastog raslinja s površina kanala, kako njegovog dna, tako pokosa i bankina.

Dno kanala je veoma pogodno za rast različitih vrsta bilja i šiblja, zato što se u dnu kanala nalaze naplavine uglavnom plodnog namuljenog materijala. U namuljenom materijalu završavaju svi isprani sastojci umjetnih gnojiva koja se primjenjuju na obradivim površinama. Uz takve sastojke u dnu kanala se redovno nalazi i dovoljna ili barem minimalna količina vlage, te se tako na tom mjestu stvaraju idealni uvjeti za rast i razvoj različitih biljnih vrsta. Taj razvoj uglavnom je tako intenzivan, da je u toku jedne sezone neophodno barem dva puta vršiti košnju izraslog raslinja. Pokošene količine predstavljaju značajnu masu materijala, koja se u našim prilikama rijetko uklanja s mjesta na kome je pokošena. Pokošeni materijal uglavnom se ostavlja na ovom mjestu i ostaje prepušten prirodnom procesu truljenja. Na takav način nastaju značajne količine taloga, koji doprinosi bržem zamuljivanju dna kanala.

Činjenica je da danas, već i kod nas, postoje prikladni uređaji, kojima je moguće izbaciti sve količine pokošenog materijala. U našim se prilikama rad ovih uređaja uglavnom smatra preskupim. Isitna je da se ovakve ocjene donose naprečac i često ih donose osobe, koje ne mogu sagledati prave posljedice kao i troškove, koji nastaju kao rezultat procesa truljenja. Truljenjem nastaje povećano zamuljenje, koje zahtijeva izvođenje znatno skupljih radova, no što je cijena rada na uklanjanju pokošenih masa.

Dno kanala se kosi na različite načine, ali bi se rad na ovoj košnji, uglavnom mogao podijeliti na dvije grupe.:

- ručna košnja dna kanala
- strojna košnja dna kanala.

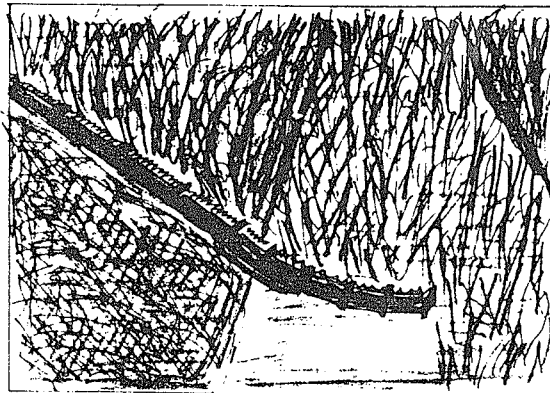
Pri ovakvoj podjeli vrste radova moramo reći da se misli na košnju dna kanala IV reda, jer se kod većih kanala ti radovi obavljaju na druge načine, ali uglavnom strojno.

Vjerojatno je teško prihvatiti činjenicu, da se u današnje vrijeme ovakav posao obavlja ručno. No ta situacija je kod nas veoma česta i možemo reći da se na mnogim područjima ovaj rad još uvijek obavlja ručno. Ručna košnja dna kanala u našim se prilikama smatra isplativom, iako je radni učinak veoma mali. Proizlazi iz toga da nam je svaki stroj jako skup, dok nam ljudska radna snaga nije skupa. Po ovome se svakako znatno razlikujemo od razvijenog svijeta u kojem se rad čovjeka više cijeni.

Upravo iz navedenih razloga, košnja dna kanala često se zanemaruje, bolje rečeno ne izvodi se redovito. Na taj se način omogućuje razvoj ojačanih biljaka pa čak i debelog šiblja, koje onda predstavlja znatne poteškoće pri održavanju.

Strojna košnja dna kanala apsolutno je moguća, jer za takve poslove postoje mehanizirani uređaji. Jedan od takvih uređaja prikazan je na slici broj 7. Uređaj predstavlja samohodnu kosilicu, koja ima kosu čiji je donji kraj povijen. Na taj način ovakvom kosom,

kosimo bilje u dnu kanala i djelomično na pokosu kanala. Ovisno o duljini kose, za košnju dna kanala određuje se 1/3 do 1/4 ukupne duljine kose. Ostalim dijelom kose kosi se pokos kanala.

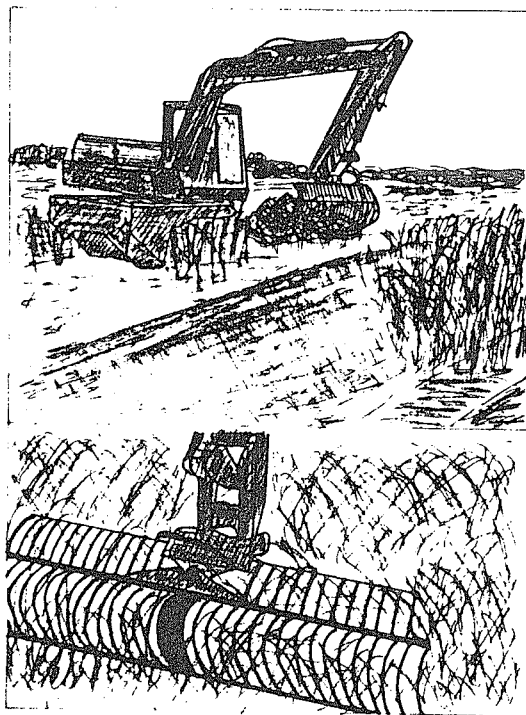


Sl. 7 Košnja kanala samohodnom kosilicom

Uređajima, konstruiranim na ovaj način vrši se košnja u prolazu radnog stroja uzduž osi kanala, tako da se pri tome u hodu - vožnji obavlja ovaj rad.

Opisani uređaj - samohodna kosilica svakako je najmodernije i najsuvremenije oruđe.

U istu grupu suvremenih oruđa za košnju mogli bismo svrstati i uređaj prikazan na slici broj 8.



Sl. 8. Prikaz rada samohodne kosilice

Radno oruđe za košnju je također kosa. Ovoga puta ta kosa nalazi se na samom donjem rubu posebno oblikovane korpe-kašike, kojoj ova kosa zamjenjuje redovno postavljeni nož. Ova kosa pogoni se hidrauličnim putem, a izvršni radni element za pokretanje noževa kose je hidromotor. Pogonski mehanizam po svojoj je konstrukciji jednostavan, oblikovan bez mnogo isturenih i pokretnih dijelova, tako da u toku rada ne dolazi do zapinjanja pokošenog materijala ili onemogućavanja rada samog mehanizma. Princip rada sličan je principu rada kod bagerskog izmuljivanja, pri čemu je zadržan i oblik radnog alata - korpe, samo je izvedba lagana-rešetkasta. Umjesto vađenja određene količine mulja iz dna kanala, u ovako oblikovanu korpu prihvaća se pokošeni materijal. Na ovaj način moguće je očito izvršiti košnju bilja na čitavoj površini kanala, te je ova vrsta rada zaista univerzalna - u radnom potezu preko profila kanala pokošeni su i pokosi i dno kanala, a uz to je i sav pokošeni materijal izbačen s površine kanala. Tako se rješava problem zamuljivanja kanala, koji smo opisivali u prethodnim poglavljima. Ovaj način spada u suvremene načine košnje. Oruđa za izvođenje samog rada posebno su oblikovana i primjenjiva samo za obavljanje takvog posla. Ona su dakle namjenska. No zato je stroj, koji ih nosi i pokreće, univerzalan.

5. Košnja pokosa i bankina kanala

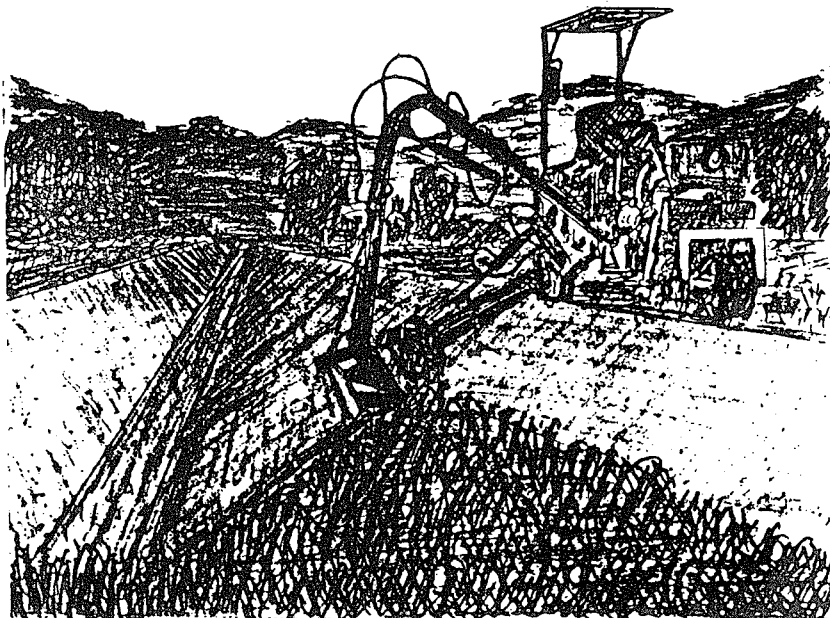
Na pokosima i bankinama kanala rastu također značajne količine zelene mase - trave i šiblja. Te mase neophodno je uredno kositi, kako se kanal ne bi doveo u stanje zapuštenosti, a time i u stanje umanjene vrijednosti u smislu proticaja odnosno odvođenja viška voda. Zelena masa na pokosu kanala u osnovi je korisna i neophodna, utoliko što svojim žiljem učvršćuje pokos kanala i onemogućava eroziono djelovanje vode. Toj funkciji udovoljava korijenje ovakovih zelenih masa, dok se dio stabljike mora u svom rastu sprečavati.

Sprečavanje rasta ovog bilja vrši se redovitom košnjom. Košnja može biti i opet dvovrsna i to:

- ručna košnja
- mehanizirana košnja

Ručna košnja je i ovdje proces, koji se smatra zastarjelim i rijetko se primjenjuje, osim na teško pristupačnom terenu, na kojem se mehanizirani uređaji ne mogu primijeniti. Udio ručne košnje pokosa i bankina kanala toliko je rijedak da ga je gotovo nepotrebno spominjati.

Za mehaniziranu košnju pokosa i bankina kanala, veličine IV reda, primjenjuje se kao najsuvremeniji i najpodesniji oblik kosilice prikazan na slici broj 9.



Sl. 9. Samohodna kosilica pri košnji pokosa i bankina kanala IV reda

To je kosilica koja ima vlastiti pogon vožnje, dakle samohodno radno oruđe. Najskuplji je mehanizirani uređaj, koji se primjenjuje za izvođenje radova košnje na kanalima. Specijalne je konstrukcije, a glavna joj je odlika što prilikom rada ne pričinjava nikakovu štetu. Zglobno pokretljiva konstrukcija šasije ove kosilice omogućava prelazak na vrlo uskom pojasu od 60 - 80 cm. Treći točak ovakove kosilice ide - odnosno vozi se - po pokosu kanala. Kosa za košnju pokosa kanala riješena je na kranu same kosilice, čijom se zglobnom vezom može zauzeti svaki potreban položaj mehanizma za košnju na pokosu kanala. Duljina kose kod ovih kosilica iznosi oko 160 cm, tako da se kanali kose u jednom ili dva prolaza uzduž jedne odnosno druge strane kanala. Pokošeni materijal ostaje uglavnom na mjestu na kome je pokošen i tamo biva prepušten procesu prirodnog raspadanja. Na taj način djelomično se usporava rast nove zelene mase, pa bi se s tog gledišta ostavljeni - pokošeni materijal na pokosu kanala mogao smatrati praktičnim i opravdanim postupkom.

Kosilice ovakovog tipa već su dugo godina kod nas u primjeni na održavanju kanalske mreže u vodoprivredi. U vremenu do 1980. godine, takve kosilice uvezile su se iz inozemstva. Cijena ovakvog stroja iz uvoza bila je prihvatljiva i mogla se uklopiti u cijenu rada na održavanju kanala. Takve kosilice uvožene su dugi niz godina i služile su za obavljanje radova košnje, kao najpogodniji strojevi za tu vrstu radova.

No nakon 1980. godine, promjenom odnosa domaće valute i svjetskih sredstava plaćanja, te značajnim osiromašenjem vodoprivrednih organizacija, uvoz ovakvih kosilica postaje toliko skup, da se više ne može naći ekonomska opravdanost njihove primjene na košnji kanala. Nije više bilo financijske moći ni za uvoz novih oruđa, niti za održavanje postojećih. Tehnološka prednost ove kosilice u izvršavanju ovih radova međutim i dalje je

ostala neusporediva u odnosu na bilo koju drugu vrstu kosa odnosno kosilica.

Iz opisanih razloga "Vodoprivreda Biđ Bosut" Vinkovci, napravila je godine 1982. prvi prototip slične samohodne kosilice, te se nakon ispitivanja prototipa u praktičnom radu, naredne godine upustio u izradu 20 komada ovakvih kosilica. Kosilicama vlastite proizvodnje ova organizacija vrši redovnu košnju kanalske mreže na svom području.

Vrijedno je napomenuti da je ovaj tip kosilice napravljen iz samo domaćih komponenata, pri čemu se u osnovi misli na motor kao i sve hidraulične komponente - pumpe, razvodne elemente, hidraulične cilindre te ostali materijal hidraulične instalacije. Sve ove komponente u praktičnoj su provjeri u proteklih nekoliko radnih godina pokazale da zaista mogu udovoljiti postavljenom radnom režimu. Postignute radne norme ne zaostaju za normama, koje su nekada ostvarivane uvoznim kosilicama.

Jedini, a ujedno veliki nedostatak ovih kosilica, kao i onih uvoznih, je njihova zaista uska primjena - one u toku radne sezone mogu ostvariti svega nekoliko stotina radnih sati. Njihova je primjena uskonamjenska i ograničena na kratak vremenski period. Taj elemenat presudno utječe na cijenu njihovog rada.

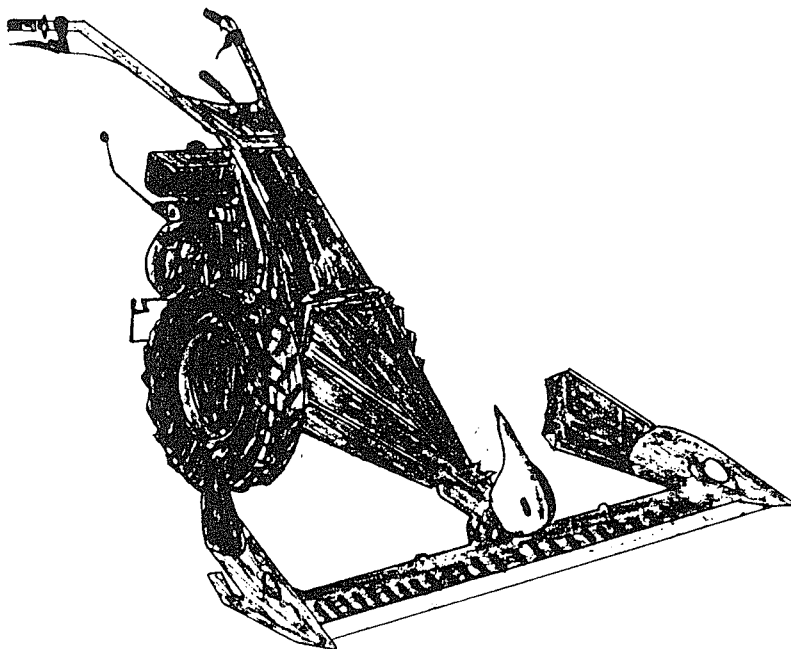
Ova napomena inače općenito važi i primjenjiva je na gotovo sve uređaje, koje primjenjujemo na održavanju kanalske mreže površinske odvodnje. Naime, većina uređaja za održavanje sistema je uskonamjenska - do gotovo jednonamjenska, pa u biti i ne može očekivati neki drugi tretman. Upravo bi ovo obrazloženje trebalo biti osnovna ideja vodilja u koncepciji za konstrukciju uređaja i alata za održavanje.

Zaključak, koji se iz toga nameće bio bi: treba stvoriti univerzalne pogonske strojeve, kao nosače niza različitih pomoćnih radnih oruđa - gotovo u vidu alata, odnosno uređaja za održavanje, pa će se na takav način stvoriti mogućnost univerzalnosti, koja će onda riješiti problem jednonamjenskih elemenata a time i ostvariti ekonomičnost.

Istim takvim tipom kosilice moguće je međutim, riješiti i košnju rubova dna kanala. Ovo je moguće raditi tako, da se na kran kosilice postavi kratka kosa - dužine 0,6 - 0,8 metara. No u tom slučaju postavlja se pitanje ekonomičnosti ovakvog rada u odnosu čak i na ručni rad. Naime, mogući radni učinak kose od 1,6 metara svodi se sada na svega 0,6 - 0,8 metara.

Košnja bankina na kanalima odvodne mreže odnosi se na radove košnje na uskom horizontalnom dijelu kanala. Širina ovog dijela iznosi u prosjeku 0,8 - 1 m. U sadašnjoj praksi košnja ovog dijela kanala obavlja se ručno ili mehanizirano. Ručna košnja danas je rijetko primjenjiva, a vrši se samo na onim mjestima, gdje to drugačije nije moguće izvršiti - recimo, zbog nemogućnosti pristupa mehaniziranog uređaja.

Od mehaniziranih uređaja, u primjeni su najrazličitije vrste tzv. čeonih kosilica. Ovakova čeona kosilica prikazana je na slici 10.



Sl. 10 Čeona kosilica

Današnje konstrukcije čeonih kosilica uglavnom su samohodni strojevi, koji na sebi nose uređaj za košenje širine 1 - 1,5 m, lak su upravljive, a predviđene su za košnju na ravnim površinama ili sličnim površinama pod blažim nagibima.

Ova vrsta kosilica u vodoprivrednim se radovima uglavnom koristi paralelno s prethodno opisanom samohodnom kosilicom. U praktičnom radu najprije ide čeona kosilica, te tako svojim radom oslobađa prostor za prolaz samohodne kosilice za košnju pokosa kanala.

Skidanje ili uklanjanje pokošenog materijala, bilo s dna, pokosa ili bankine kanala, danas se rijetko obavlja. Ta činjenica je nažalost česta pojava kod svih, koji se bave poslovima održavanja. Razlog zašto se to tako radi uglavnom je u financijskim poteškoćama. Vađenje pokošenog materijala te njegovo transportiranje uglavnom je prilično veliko financijsko opterećenje, pa se često na račun svega toga radije odlučuje da materijal ostane na mjestu gdje je pokošen, a da se na račun njegovog uklanjanja obavi više radova na košnji novih površina.

Postoji i još jedan razlog zbog kojega se često pribjegava ostavljanju ovog materijala na pokošenim površinama. Danas se na obradivim površinama, u svrhu onemogućavanja tj. sprečavanja rasta različitih vrsta trava primjenjuju različite vrste otrova, pod općim nazivom - herbicidi. Prilikom tretiranja površina ovim otrovima, jedan dio istih dospijeva i na površinu kanala. U tom je slučaju zelena masa na kanalu zatrovana, što onemogućava njeno daljnje korištenje kao stočne hrane, pa je to jedan od osnovnih razloga zašto se ista masa ne sakuplja.

Košnja je općenito radnja, kojom se mogu kvalitetno uklanjati biljne mase na kanalskim površinama, dakle na uređenim površinama. To se uglavnom odnosi na novoiskopanu kanalsku mrežu, jer jedino ta kanalska mreža udovoljava uvjetima da se takve površine mogu kositi. Činjenica je da se košnja, zbog smanjenih financijskih sredstava obavlja sve rjeđe, pa se zato događa da se za nekoliko godina kanalska mreža toliko zapusti, da onda košnja više nije moguća, nego se ovako zarasle površine moraju krčiti.

6. Radovi krčenja - kao radovi održavanja hidromelioracijskih sustava površinske odvodnje

Radovi krčenja obavljaju se na sustavima površinske odvodnje, koji su zbog izraslog drvenastog raslinja toliko zapušteni, da više ne mogu udovoljiti svojoj osnovnoj namjeni. Izraslo drvenasto raslinje pojavljuje se u slučajevima lošeg održavanja u toku postojanja.

Radnjom krčenja smatramo svaku radnju, kod koje je za uklanjanje raslinja na kanalu neophodno primijeniti neki rezni alat, odnosno alat za odsijecanje.

Alat, koji se primjenjuje na radovima krčenja, ovisan je prvenstveno o tome kojim oruđem uopće raspoložemo, a onda o tome kakvi su stvarni uslovi obraslosti kanala.

U današnjim prilikama postoji vrlo veliki postotak otvorenih kanala, koji su toliko obrasli drvenastim raslinjem da je na njima vrlo često primjenjiva tehnika, koju koriste radnici u šumarstvu, a to su različite vrste alata za sječu - sjekire, škare, ručne i motorne pile i tome slično.

Općenito možemo opet reći da se i radovi krčenja mogu obavljati na dva osnovna načina:

- ručno - izvor snage je ljudska radna snaga, pomoćni alati su uglavnom sjekira, škare i tome slično.
- strojno - uz pomoć različitih vrsta oruđa, gdje je čovjek samo upravljačka radna snaga.

Ručni rad na poslovima krčenja se nastoji izbjeći gdje i kada god je to moguće. Razlog je u tome što je takav rad fizički težak, a ekonomski ipak teško isplativ, odnosno slabo konkurentan strojnom radu. Zbog toga se ovi poslovi nastoje u što većoj mjeri riješiti strojno. Svakako valja napomenuti da se ovi radovi često izvršavaju strojevima i zbog toga, što u biti nije moguće pronaći toliko radne snage, koliko bi zahtijevali poslovi krčenja.

Za uklanjanje rajsitnijeg drvenastog raslinja danas se primjenjuju motorizirani uređaji pod zajedničkim nazivom - motorne pile. U toku razvoja ovih uređaja, a poštujući zahtjev radova krčenja, razvio se jedan specijalni oblik ovakvih pila, koji danas susrećemo pod nazivom - pile krčilice. Jedna takova pila prikazana je na slici 11.



Sl. 11 Motorna pila - Krčilica

Ova pila ima motorni pogon - opskrbljena je motorom s unutrašnjim sagorijevanjem. Snage ovih motora su male - do 2,5 KW pa su ovi uređaji mali potrošači energije. Prijenos snage vrši se preko kardanske osovine do kružne pile koja se nalazi na kraju same osovine. Kompletna pila krčilica posebnim se mehanizmom u obliku remena učvršćuje na ramena radnika, te se prikladnim oslanjanjem na tijelo uz pridržavanje rukama vrši krčenje drvenaste mase.

Ovaj posao je prilično fizičko opterećenje za radnika. Istovremeno je i opasan posao za svakog početnika, te je potrebna dobra obučenost u rukovanju, i velika pažnja u toku rada. Samo ako smo svemu navedenom udovoljili, ovakovim oruđem može se kvalitetno obaviti posao krčenja.

Ovim oruđima vrši se sječa drvenastih masa na bankini, pokosu i u dnu kanala.

Krčenje drvenastih masa na većim radnim površinama ne obavlja se uz pomoć opisanih oruđa iz jednostavnog razloga - premalog učinka ovih uređaja na velikim površinama, pa adekvatno tome i slabe isplativosti. Za obavljanje takvih poslova postoje drugi uređaji, koji na takvim površinama mogu postići veće učinke, pa na taj način postaju i konkurentniji.

Za obavljanje poslova krčenja na površinama kanala IV reda, opisana motorna pila krčilica nema konkurenta u obavljanju posla. Sam posao krčenja na površinama kanala veoma je naporan za čovjeka. Uglavnom zbog tog razloga nastojalo se pronaći druga adekvatna rješenja za uklanjanje drvenaste mase na površini kanala.

Jedan od razloga, koji je također tražio neki drugi prikladan uređaj za izvršavanje ovih poslova je svakako i potreba za povećanim učinkom.

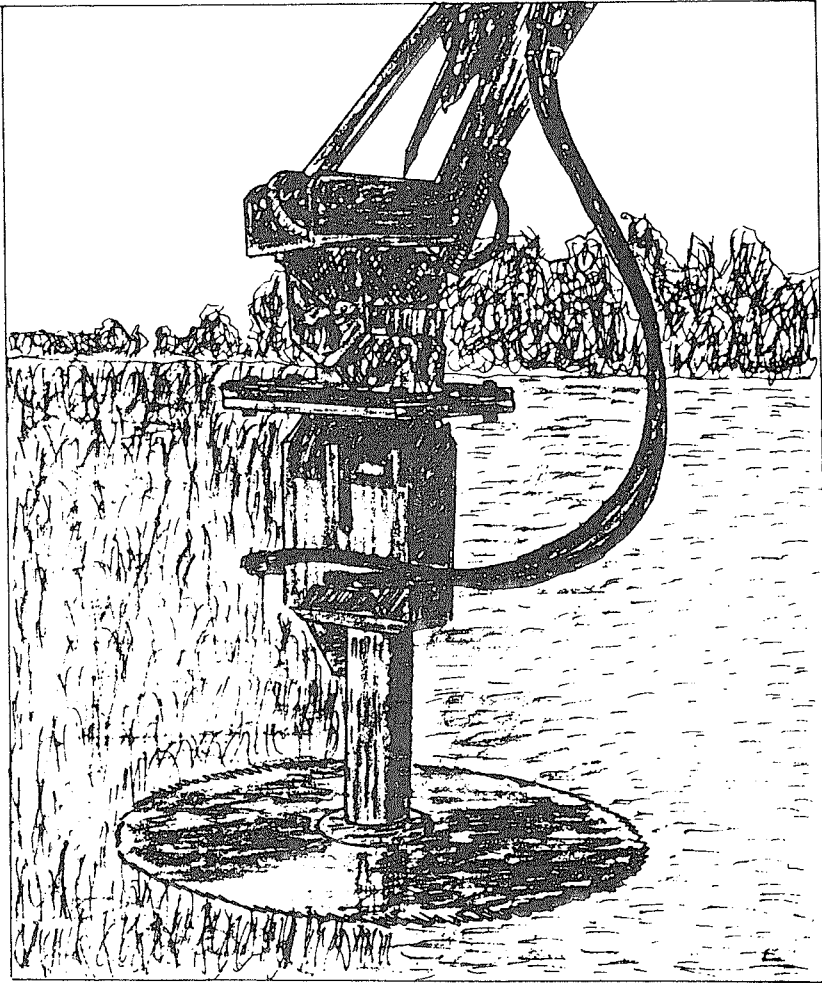
Slijedom toga došlo je do primjene različitih reznih alata montiranih bilo na traktorima, bilo na bagerima. Jedan od tih uređaja prikazan je na slici broj 8. Ovakva košara liči na kašiku za izmuljenje. Izvedena je u olakšanom obliku, zahvaljujući specijalnoj konstrukciji. Na donjoj strani te kašike nalazi se rezna letva s noževima. Noževi i sama letva ojačani su, da bi mogli sjeći drvenastu masu debljine do 2 centimetra. Ovakova košara je montirana na prikladan zglobni kranski konzolni nosač, koji se posebnom konstrukcijom najčešće vezuje na traktorske šasije, odnosno na traktore općenito. Ovo se izvodi zato što su tada ti uređaji lako priključivi, a mogu se transportirati neovisno, tj. mogu mjenjati svoju lokaciju uz samostalan vozni pogon. U toku rada mogu se ovako izvedeni uređaji samostalno premještati sa jedne lokacije na drugu.

Kod primjene ovakvih uređaja treba istaknuti još jednu prednost - iskrčene mase materijala mogu se na takav način izbaciti s površine kanala. To je u svakom slučaju značajna prednost, te je i primjena ovakvih uređaja prilično lako prihvatljiva u praksi. Treba dodati i to da se u ovom slučaju radi o izdvojenom uređaju, koji se prikladno ali brzo montira na noseći pogonski stroj. Tako se ustvari dobiva kombinacija relativno jeftinog radnog oruđa, montiranog na samohodni pogonski stroj, koji se onda nakon demontaže radnog uređaja može dalje koristiti za neke druge namjene. Time, naravno, i troškovi takovog pogonskog stroja, dakle fiksni troškovi - amortizacija i dr. - značajno smanjuju konačnu cijenu koštanja ovakvog rada.

Osim ovakvog uređaja, a pogotovo tamo gdje nije moguće izvršiti radove na prethodno opisani način, a to je u svim slučajevima kada drvenaste stabljike premašuju debljinu od dva i više centimetara, primjenjuje se uređaj kružne pile, koji je također montiran na istom pogonsko-nosećem stroju, kao u prethodnom slučaju.

Pogonski stroj je dakle isti - vrši se samo izmjena radnog oruđa. Radno oruđe kružne pile relativno je jednostavan mehanizam, koji se sastoji od kućišta i držača, s uležištenom pogonskom osovinom, na koju se montira kružna pila promjera do jednog metra. Ovim postupkom se uspješno prerezuju sve drvenaste stabljike promjera preko dva centimetra. Negativna strana ovog postupka leži u tome, što sva oborena masa materijala ostaje na površinama kanala. Neophodno je u toku daljnjeg postupka osigurati uklanjanje te mase ili njeno djelomično ili potpuno uništavanje. Ovaj dio posla najčešće se obavlja spaljivanjem tih masa. Ovakvim uređajem moguće je postići visoke učinke u radu, što bi trebalo značiti i jeftin rad.

Način izvedbe i rješenja ovog oruđa prikazan je na slici broj 12.



Sl. 12 Kružna pila montirana na pogonski noseći stroj

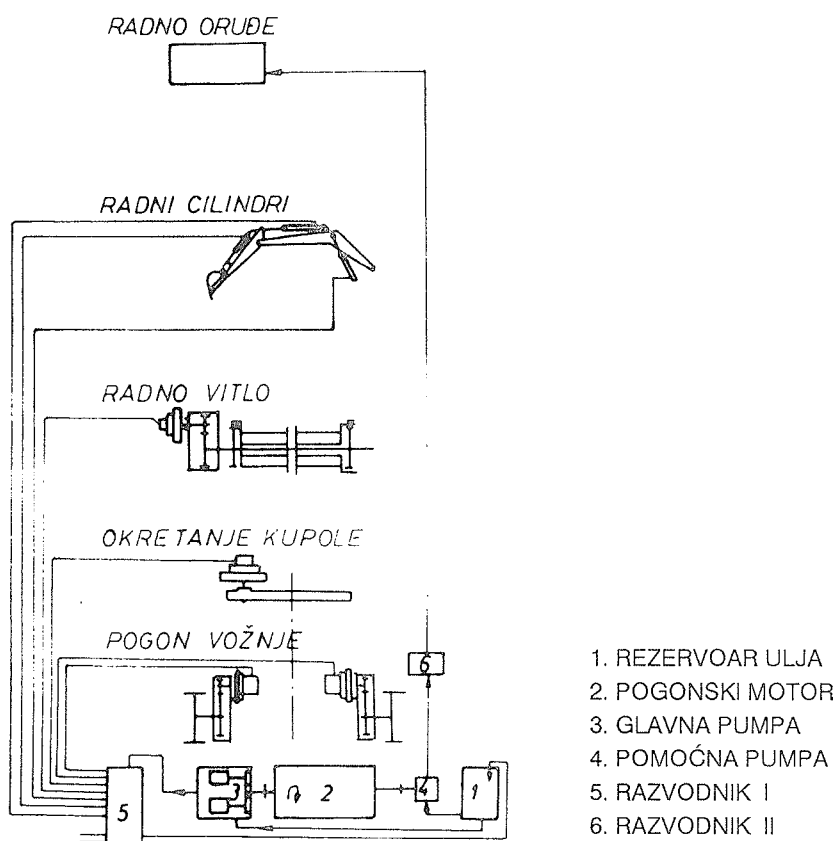
Pogonski stroj je dakle isti - vrši se samo izmjena radnog oruđa. Radno oruđe kružne pile relativno je jednostavan mehanizam, koji se sastoji od kućišta i držača, s uležištenom pogonskom osovinom, na koju se montira kružna pila promjera do jednog metra. Ovim postupkom se uspješno prerezuju sve drvenaste stabljike promjera preko dva centimetra. Negativna strana ovog postupka leži u tome, što sva oborena masa materijala ostaje na površinama kanala. Neophodno je u toku daljnjeg postupka osigurati uklanjanje te mase ili njeno djelomično ili potpuno uništavanje. Ovaj dio posla najčešće se obavlja spaljivanjem tih masa. Ovakvim uređajem moguće je postići visoke učinke u radu, što bi trebalo značiti i jeftin rad.

I jedan i drugi opisani uređaj moguće je montirati na kranove bagera. U tom slučaju ovi će uređaji zamijeniti ulogu kašike ili nekog drugog radnog oruđa.

Za pogon ovih uređaja na bagerima uglavnom ne postoji potreban hidromehanički

pogon, koji je najpovoljnija varijanta u pokretanju ovih oruđa. Stoga je neophodno da se na ovakovim uređajima izvrši dogradnja hidraulične instalacije, tako da se na takav način izdvoji pogon - trošenje snage motora bagera za potrebe pokretanja bagera ili dijela njegovih sastavnih komponenata, dok se prigradeni pogon - s punom instaliranom snagom koristi za pokretanje radnog oruđa za krčenje.

Na slici broj 13 dat je grafički prikaz prijenosa snaga motora na osnovni stroj, te prijenos snage za pokretanje radnog oruđa.



Sl. 13. Grafički prikaz prenosa snage motora na osnovni stroj i prijenos snage za pokretanje radnog oruđa

Ovakve kombinacije omogućuju bolje iskorištavanje bagera, kao osnovnih radnih strojeva u vodoprivredi. Tim postupcima produžava se tj. povećava broj radnih sati, koje ovi strojevi mogu ostvariti u toku jedne radne sezone. Posebno je to značajno kod uređaja pile, kojom je onda moguće vršiti radove u svako doba godine - naročito zimi - pa se tako zaista znatno povećava broj ostvarenih radnih sati ovakovog uređaja.

Dodatni radni uređaj s oruđem za krčenje mora biti lako i brzo zamjenjiv. Treba da predstavlja kompletan uređaj, koji se neovisno o instalaciji na bageru odnosno traktoru, može smatrati kompletnim oruđem. Montažom ovakvih uređaja često je moguće do maksimuma iskoristiti instaliranu snagu stroja. Naime, u položajima, kada je kran bagera s radnim oruđem maksimalno udaljen od bagera, neophodno je imati dovoljno snage za pridržavanje i pokretanje krana bagera sa radnim oruđem, kao i dio snage minimalnih potreba za izvršavanje radnje krčenja. Sam sistem se tada balansira u raspodjeli i korištenju snaga, tako da najprije bude podmirena potreba za držanjem krana i radnog oruđa te njegovog kontroliranog kretanja, dok se preostali dio snage koristi za pokretanje radnog oruđa. U najnepovoljnijim slučajevima sistem mora biti podmiren tako da ne smije doći do zaustavljanja radnog oruđa. Pri takovoj raspodjeli snage, radno oruđe prima uvijek maksimalno mogući dio snage pogonskog stroja.

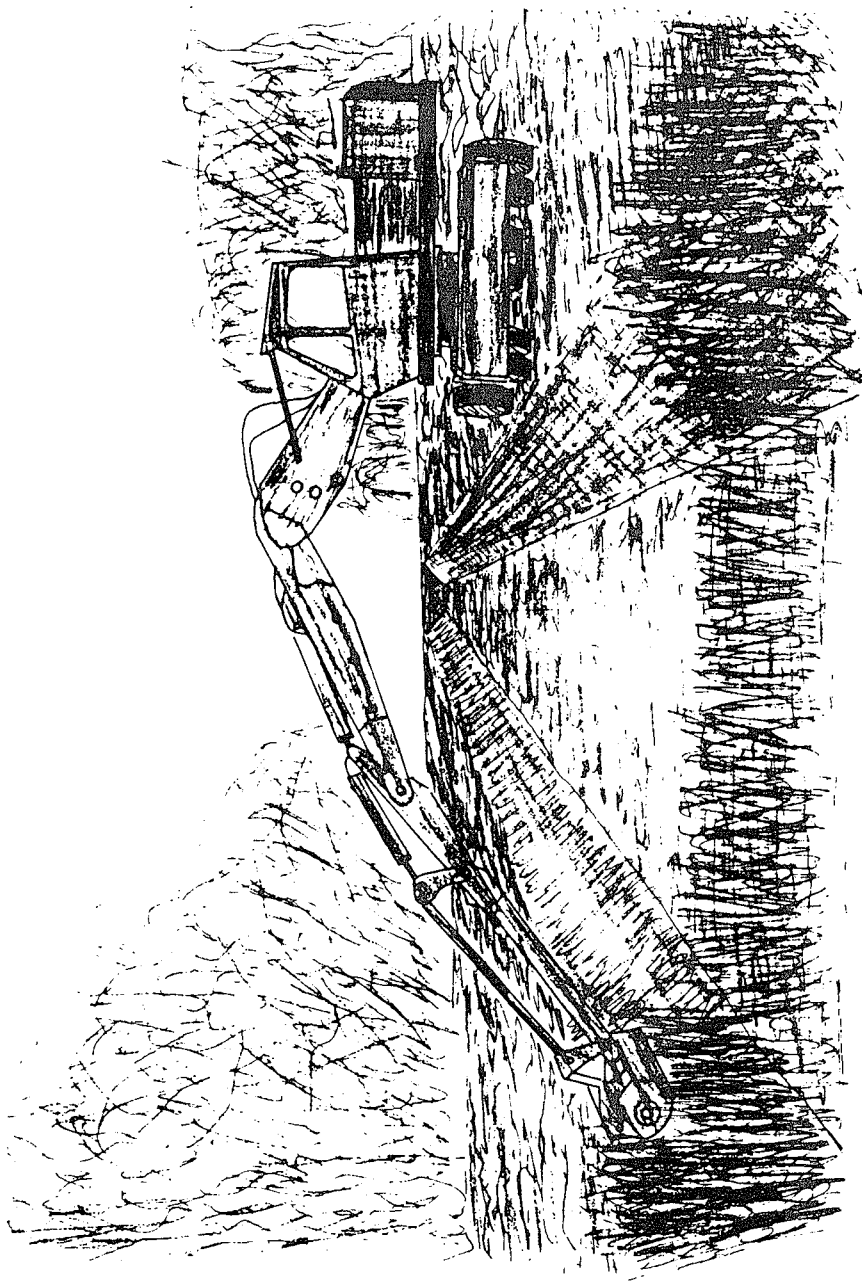
Svi do sada opisani uređaji imaju, međutim, jedan opći nedostatak. On se sastoji u tome što se sva masa materijala, koja je na ovaj način skinuta na kanalu, mora dalje uklanjati sa kanala na neki način - u biti obavljanjem nove vrste radova. To je redovno posao koji povećava troškove na izvođenju ovakovih radova.

Iz navedenih razloga danas se često prilazi drugom obliku rješavanja ovog problema - uklanjanja ovih masa sa površine kanala.

Taj način je postupak tzv. tarupiranja, odnosno usitnjavanja drvenastih masa na površinama kanala. Ovaj je postupak u osnovi davno primjenjivan u različitim oblicima odnosno konstrukcijama. Taj način rada je posebno prihvatljiv - razlog leži u tome što se usitnjeni materijal razbacivao na relativno veliku površinu okoline kanala, te tako postao gotovo neprimjetan, a pri tome su površine ostajale čiste.

Za rješavanje ovog načina rada na površinama kanala, uvijek je postojao stalan problem, a to je prikladan radni stroj, na koji bi se ovakovo oruđe postavljalo kao dodatni alat, da bi se tako povećala isplativost radnog uređaja.

Prilikom prolaska radnog stroja, ujednom prolazu uzduž kanala trebao bi se riješiti problem uklanjanja drvenastog rasilinja. Ovo je moguće ostvariti samo onda, kada se radno oruđe kreće poprečno na os kanala. Očito je dakle, da bi se ovaj posao morao izvoditi na način, koji je sličan slučaju izmuljivanja kanala uz pomoć hidrauličnog bagera s krutom kinematikom. Jedan od ovakovih uređaja prikazan je na slici broj 14. Uređaj mlatilice montiran je na bager točkaš. Razlog zašto je na bageru točkašu, leži u lakoj samopokretljivosti ovog bagera, koji onda doprinosi boljoj iskoristivosti samog uređaja. No postavljanje ovog uređaja na sličan bager sa gusjeničnim postoljem također ima ponekad svojih prednosti.



Sl. 14.

Sl. 14. Mlatilica montirana na bager točkaš

Prilikom izvođenja ovakove konstrukcije uglavnom se teži što većem dohvat u prilikom rada. Iz tog se razloga prilazi dogradnji postojeće krute kinematike u smislu produženja, ili se može ići na kompletnu novu dogradnju kinematike bagera. Prva varijanta u svakom slučaju predstavlja veću univerzalnost, jer se na postojećoj kinematici bagera ništa ne mijenja. Ovakovom izvedbom konstrukcije moguće je podmiriti potrebe krčenja na kanalima IV reda.

Pogon radnog oruđa, izveden je kao hidraulički. Svakako, kao što smo to već objašnjavali, ovaj dio hidraulične instalacije dograđen je na bageru i ima mehanički pogon s istog pogonskog motora. Takav uređaj je prikazan na slici broj 14 i predstavlja vlastito rješenje Vodoprivrede "Biđ Bosut" Vinkovici. Ovakav se uređaj praktički koristi drugu radnu sezonu, postiže značajne radne rezultate i predstavlja trajnu orijentaciju u načinu obavljanja poslova krčenja.

Ka ovom zaključku treba dodati i to da se na isti način koriste i svi dodatni uređaji prikazani na slici broj 6. Na taj način bager se pretvara u univerzalni radni stroj, koji je onda moguće koristiti u toku čitave godine.

Zaključujući ovaj pregled rada na održavanju sustava površinske odvodnje, moglo bi se reći da danas u našoj zemlji ima već mnogo provjerenih strojeva, uređaja ili alata, koji služe za održavanje sustava. Oni su, kako svjetska dostignuća, tako i domaća rješenja, često puta i veoma uspješna. Njihova primjena međutim najčešće je ovisna o volji i uvjerenju pojedinaca, dok je primjena zasnovana na ekonomičnosti rješenja kao i ekološkoj zaštiti često puta zanemarena. Najbolji primjer za ovo je primjena različitih otrova, pod zajedničkim imenom - herbicida, koji se dugo godina primjenjuju u svrhu sprečavanja rasta raslinja na površinama kanala. Primjena ovih sredstava je svakako najjednostavnija, traži najmanja ulaganja u opremu, a posljedice su nesagledive. Nažalost, još uvijek vrlo lako prevladava ovakav način rada na održavanju sustava površinske odvodnje.

7. Uređaji za održavanje sustava podzemne odvodnje

Sustavi podzemne odvodnje su u našim prilikama izvedeni sustavi drenažne odvodnje. Drenažna odvodnja u osnovi može biti dvovrsna i to:

- sustavi otvorene podzemne odvodnje
- sustavi zatvorene podzemne odvodnje

Jedan ili drugi sustav izvode se ovisno o mogućnostima koje pruža postojeća kanalska mreža: No upravo stoga možemo reći da se veliki dio sustava podzemne odvodnje izvodi u vidu otvorenih sustava, jer je i veliki dio kanalske mreže izveden tako, da je moguće primijeniti ovakav vid izvođenja sustava podzemne odvodnje.

U smislu održavanja ovih sustava ova podjela i nije posebno bitna. Objasnit ćemo i zašto. Sustav podzemne odvodnje u oba je slučaja izveden kao mreža postavljenih cjevovoda, koja se u svojoj završnici ili uvodi u otvorenu kanalsku mrežu ili u sistem kolektorske cijevi sa šahtovima.

Zajednički problem onečišćavanja položenih cijevi za drenažu je i osnovni problem u održavanju ovog sustava za odvodnju. Ovaj je sustav, naime, zaklonjen od svih mogućih mehaničkih oštećenja, te se u tom smislu i ne može govoriti o nekoj posebnoj brizi ili održavanju ovih sustava. Zamuljenje ovih sustava je, dakle, osnovni problem, koji je potrebno rješavati kod sustava podzemne odvodnje.

Taj se problem može rješavati u osnovi na dva načina:

- održavanjem postojeće izvedene mreže
- polaganjem nove drenažne mreže

Isplativost jednog ili drugog postupka ocjenjuje se ovisno o trenutnoj situaciji.

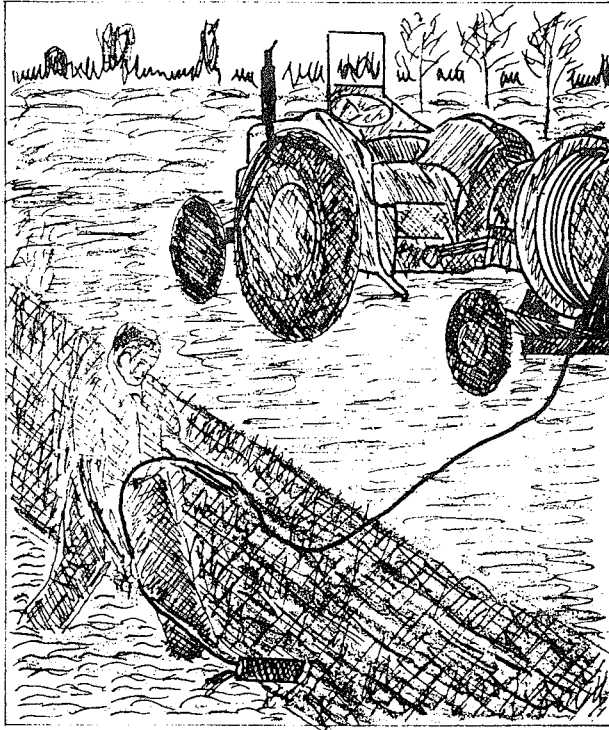
U ovom razmatranju zadatak nam je nešto reći o održavanju izvedene drenažne mreže. Ova mreža u osnovi služi za odvođenje viška vode u situacijama kada se ona pojavi. Ta voda na svom putu kroz tlo ispire i nosi jedan dio finih sitnih čestica tla. Ove čestice su uglavnom fino istaložene na dnu cijevi za drenažu. Vremenom taj talog može postati prilično visok, tako da umanjuje mogućnost potrebnog protoka vode u odnosu na računom utvrđene veličine. U tom momentu svakako se moramo odlučiti na obavezno čišćenje odn. ispiranje takvog sustava.

Ispiranje sustava podzemne odvodnje vrši se dakle u svrhu uklanjanja nataloženih čestica zemlje. Ovo ispiranje može se obaviti prisilnim proticanjem većih količina vode većom brzinom od one, pri kojoj je voda taložila čestice materijala. To bi dakle i bilo osnovno objašnjenje načina održavanja sustava podzemne odvodnje.

Sustavi podzemne odvodnje kod nas su se intenzivnije razvijali posljednjih dvadesetak godina. Njihovo onečišćenje uglavnom je bilo u granicama, koje nisu još zahtijevale urgentno čišćenje odnosno odražavanje sustava, izuzev u nekim prilikama, gdje je to bilo neophodno. To odmah navodi i na stupanj razvoja domaćih uređaja za održavanje ovih sustava. Ispravnije rečeno, ovi se uređaji u našoj zemlji i nisu razvili, tj. gotovo ih i nemamo. Sve radove na ispiranju drenažnih sustava, koje smo do sada obavljali, izvodili smo uz pomoć uređaja stranih proizvođača. Jedan od takovih uređaja prikazan je naslici broj 15.

Uređaj se sastoji od visokotlačne pumpe, koja se obično postavlja na zaseban vozni mehanizam - prikolicu ili tome slično. Zajedno s pumpom postavljen je i točak na kome se nalazi 50 do 200 m visokotlačnog gumenog crijeva, na čijem kraju se nalazi mlaznica odnosno sapnica.

Crpka ovog uređaja radi na pritisku 60 - 110 bara i daje protok 75 - 110 l /min. Za pogon služi uređaj od oko 30 KS pri 540 ^o/min



Sl. 15 Stroj za ispiranje drenažnih cijevi

Uređaj usisava potrebnu količinu vode iz kanala ili posebnih cisterni. Mlaznica se polaže u cijev za drenažu, te se na principu reaktivnog mlaza vode provlači kroz drenažnu cijev. Ispiranje se vrši sve dotle dok iz cijevi ne poteče čista voda, bez mulja.

Na ovaj način mogu se pročišćavati i otvoreni i zatvoreni sustavi podzemne odvodnje.

ODRŽAVANJE OBJEKATA NA HIDROMELIORACIJSKIM SUSTAVIMA POVRŠINSKOG ODVODNJAVANJA

1. Uvod

Redovito i kvalitetno održavanje objekata na hidromelioracijskim sustavima površinskog odvodnjavanja predstavlja osnovni preduvjet za funkcionalnost sustava u svim uvjetima eksploatacije.

Problematici održavanja objekata i kanalske mreže treba prići studiozno i stručno, što se u dosada uobičajenoj praksi ne ostvaruje, tako da izgrađeni hidromelioracijski sustavi ne daju projektirane efekte, a što se očituje smanjenim prinosima u poljoprivrednoj proizvodnji. Neredovito i loše održavanje u dužem vremenskom periodu čini da se skoro potpuno izgube efekti izgradnje hidromelioracijskog sustava, a za njegovu rekonstrukciju i dovođenje u projektirano stanje potrebno je uložiti velika financijska sredstva, gotovo kao i za izgradnju novog. Sve ovo navodi da je održavanje sustava neophodno i ekonomski opravdano, te da su proizvodni efekti na takvom sustavu maksimalni i daju najbolje financijske rezultate.

Za provedbu održavanja potrebno je stvoriti nužne pretpostavke bez kojih nije moguće ostvariti optimalno funkcioniranje sustava i projektirani vodozračni režim, a to su:

- izrada katastra objekata i kanalske mreže
- izrada dugoročnog plana održavanja hidromelioracijskog sustava,
- izrada godišnjih planova redovnog održavanja,
- izrada plana obrane od velikih voda.

Sredstva za održavanje osiguravaju se prema Zakonu o vodama Republike Hrvatske, iz vodoprivredne naknade koju plaćaju svi korisnici zemljišta i drugih nekretnina na slivnom području.

Visina vodoprivredne naknade određuje se na osnovu opsega i vrijednosti radova predviđenim godišnjim planom redovnog održavanja hidromelioracijskog sustava kao i drugi rashodi za potrebe vodoprivrede.

2. Katastar hidrotehničkih objekata

Katastar hidrotehničkih objekata sadrži sve podatke o hidromelioracijskim i vodoprivred-

nim objektima na slivnom području. Izrada katastra predstavlja osnovu za izradu svih vrsta planova održavanja i korištenja hidromelioracijskog sustava. Pošto do sada nije usvojena metodologija izrade katastra hidrotehničkih objekata, on faktično u praksi ne postoji na izgrađenim hidromelioracijskim sustavima ili postoji nepotpun i u neadekvatnom obliku, pa su i planovi održavanja nepotpuni i nekvalitetno izrađeni. Posljedica toga je loše održavanje i funkcioniranje izgrađenih hidromelioracijskih sustava.

3. Dugoročni plan održavanja hidromelioracijskog sustava

Dugoročnim planom održavanja utvrđuje se strategija promicanja i održavanja vodnog režima na hidromelioracijskom sustavu. Dugoročni plan sadrži osobito: postojeće stanje vodnog režima, osnovne elemente i uvjete održavanja i razvoja vodnog režima kojima se osiguravaju najpovoljnija tehnička i ekonomska rješenja.

U praksi gotovo ne postoje izrađeni dugoročni planovi održavanja hidromelioracijskih sustava, a i druga dokumentacija je nesređena i loše arhivirana, pa je teško izraditi i planove razvoja sustava, a time i njihovo provođenje.

Na osnovu raspoloživih podataka treba izraditi dugoročni plan održavanja sustava koji neće biti potpun, ali ga treba kontinuirano dopunjavati, i mora sadržavati: postojeće stanje objekata, tehnologiju i normative održavanja, potrebnu mehanizaciju i radnu snagu za izvršenje programa održavanja.

3.1. Godišnji plan redovnog održavanja

Godišnji plan izrađuje se na osnovu podataka iz katastra hidrotehničkih objekata, tehnologije održavanja objekata i stvarnog stanja objekata utvrđenog obilaskom terena.

Godišnji plan mora sadržavati:

- količine pojedinih vrsta radova na održavanju objekata,
- visinu financijskih sredstava za navedene radove,
- dinamiku izvođenja radova i dinamiku priliva financijskih sredstava,
- potrebnu mehanizaciju i radnu snagu za izvršenje programa radova,
- sredstva potrebna za intervencije kod obrane od velikih voda, mehanizaciju i radnu snagu.

Za kvalitetnu izradu godišnjih planova nužno je kontinuirano praćenje stanja objekata na terenu, registriranje svih uočenih oštećenja i njihovo pravovremeno otklanjanje. Plan održavanja treba po mogućnosti prilagoditi planu sjetve poljoprivrednih kultura da se kod izvođenja programa radova učine što manje štete (da se radovi eventualno izvode prije sjetve ili nakon žetve) što je u praksi teško u potpunosti ostvariti. Sve promjene nastale tokom godine izvršenjem programa radova održavanja, treba unijeti u katastar.

4. Plan obrane od velikih voda

Plan obrane od velikih voda mora sadržavati sve potrebne radnje i mjere koje mogu nastati usljed protoka velikih voda, i funkcioniranje sustava u tim uvjetima. Kod protjecanja velikih voda hidrotehnički objekti izloženi su velikim dinamičkim opterećenjima, koja mogu izazvati oštećenja ili pak rušenja objekta, a negativan utjecaj može se ostvariti uzvodno i nizvodno od oštećenog objekta.

Planom treba osigurati stalni nadzor nad funkcioniranjem hidromelioracijskog sustava i utvrditi način djelovanja u slučaju eventualnih oštećenja na hidrotehničkim objektima. Velike vode nastaju u periodu dugotrajnih i jakih oborina kada je pristup objektima otežan zbog raskvašenog terena, pa stoga vodoprivredne organizacije moraju raspolagati terenskim vozilima i mehanizacijom za ovakav oblik intervencija.

Također se mora planom predvidjeti i potrebna rezerva građevniskog materijala i njegovo uskladištenje da bi bio na raspolaganju u slučaju potrebe.

Nefunkcioniranje obrane od velikih voda može dovesti do katastrofalnih posljedica na hidromelioracijskom sustavu, i stoga joj treba posvetiti adekvatnu pažnju.

5. Objekti za zaštitu dna i pokosa kanala

Ova grupa objekata ima zadatak spriječiti štetno djelovanje erozije na kanalskoj mreži i omogućiti funkcioniranje hidromelioracijskog sustava u svim hidrološkim uvjetima.

To su slijedeći objekti:

- obloge od zatravljenih površina,
- zatravljivanje ojačano sintetskim materijalima,
- obloge od lomljenog kamena,
- gabionske obloge,
- obloge od betonskih prizama,
- betonske obloge.

U eksploataciji hidrotehničkog sustava ovi su objekti ugroženi složenim hidrološkim uvjetima i štetnim djelovanjem velikih voda što vrlo često dovodi do oštećenja, a u nekim slučajevima i do rušenja objekta. Oštećenje ili rušenje objekta ima negativne posljedice uzvodno i nizvodno od objekta a najčešće dolazi do odnošenja velikih količina materijala, plavljenja određenog područja i zamuljenja kanalske mreže.

Posebnu opasnost predstavlja prenošenje raznih materijala (granja, balvana, smeća odbačenog u kanale), koji mogu stvoriti umjetne brane a time i plavljenje površina uzvodno.

Stvaranjem visokog vodnog nivoa uzvodno dolazi do rušenja umjetnih brana a time do velikih brzina vodene mase koja oštećuje objekte na kanalskoj mreži. Da se smanji mogućnost ovakvih pojava treba vršiti stalni nadzor za vrijeme trajanja velikih voda a u pripravnosti imati potrebno ljudstvo i mehanizaciju. Naročitu pažnju treba posvetiti objektima

na glavnim recipijentima, gdje je teško intervenirati zbog veličine objekta i najčešće teškog prilaza objektu.

Nakon prolaska velikih voda treba obavezno izvršiti obilazak terena, ustanoviti eventualna oštećenja, izraditi projekte i programe sanacije. Oštećenja mogu izazvati u zimskom periodu snijeg i led, što treba redovnim obilaskom evidentirati i izvršiti sanaciju prije nailaska proljetnih velikih voda.

Otklanjanje posljedica ovih oštećenja izuzetno je teško izvoditi zbog nepristupačnih uvjeta na terenu, a istovremeno zahtijeva i znatna financijska sredstva.

Ove situacije je teško planirati i predvidjeti pa je potrebno planom definirati način djelovanja u izvanrednim prilikama, državno ljudstvo i mehanizaciju za intervencije te potrebnu količinu materijala na skladištu (platnene vreće, lomljeni kamen, drvena građa i drugo). Kvalitetnim izvođenjem redovnog održavanja objekata i kanalske mreže, smanjuje se mogućnost izvanrednih oštećenja i rušenja objekata.

6. Sifoni

Sifoni su hidrograđevniski objekti koji funkcioniraju u složenim uvjetima eksploatacije. Izvode se od različitih materijala i različitih profila. Održavanje sifona treba provoditi redovno tokom godine a radovi na održavanju su:

- košnja trave i korova uzvodno i nizvodno od sifona,
- čišćenje od zamuljenja te otklanjanje drugih materijala iz profila sifona.

Kod nailaska velikih voda treba redovno kontrolirati funkcioniranje sifona, jer često dolazi do začepjenja usljed nanosa raznih materijala, posebno kod manjih profila, pa su potrebne česte intervencije da se spriječi plavljenje uzvodnih površina.

U nekim slučajevima zaštita od začepjenja izvodi se izgradnjom rešetke na ulaznoj građevini sifona da se omogući lakše odstranjivanje nanešenog materijala (granje, korov i slično), ali se mora osigurati stalni nadzor i čišćenje rešetke.

Nakon prolaska velikih voda treba izvršiti pregled sifona, ustanoviti eventualna oštećenja i izvršiti sanaciju.

7. Mostovi

Mostovi su objekti na hidromelioracijskom sustavu koji omogućavaju prelazak saobraćajnica preko vodotoka i imaju značajnu ulogu u funkcioniranju sustava. Najčešće su vezani s drugim objektima na sistemu (oblogama, stepenicama) koji štite i sami most od oštećenja. Održavanjem obloga i stepenica vezanih za most ujedno se vrši i održavanje i zaštita najosjetljivijih dijelova mosta (temeljne stope i upornjaci). Održavanje ovih objekata obrađeno je u prethodnom poglavlju pa će se navesti samo neke karakteristične situacije vezane za održavanje mostova.

Mostovi su objekti posebno osjetljivi na oštećenja kod prolaska velikih voda jer često usljed nanosa dolazi do zatvaranja profila, stvaranja umjetnih brana i njihovim probojem do velikih oštećenja temelja mosta pa i do njihovog rušenja.

Za vrijeme trajanja velikih voda treba vršiti redovni obilazak mostova, naročito na lateralnim kanalima gdje velike vode nastaju u kratkom vremenskom periodu (ponekad za nekoliko sati) i pronose velike količine nanosa.

U praksi se pokazalo da su potrebne česte intervencije za samog trajanja velikih voda. Temelje i upornjake mosta treba zaštititi vrećama pijeska ili zemljanog materijala, nabačajem od lomljenog kamena i sl. U slučaju oštećenja potrebno je ograničiti ili potpuno obustaviti promet preko mosta. Nakon prolaska velikih voda treba ustanoviti oštećenja i izvršiti sanaciju, što je često vrlo složen i skup poduhvat.

Kod većih objekata u slučaju oštećenja treba izvršiti geomehanička i druga ispitivanja da se ustanovi stvarno oštećenje objekta a time i potrebni radovi na sanaciji. Najčešći radovi na sanaciji mostova su:

- podzidanje temelja mosta i oblaganje korita kanala,
- injektiranje terena ispod temelja mosta,
- popravci temelja i upornjaka, naročito kod starih zidanih mostova sl.

Redovno održavanje cijelog hidromelioracijskog sustava smanjuje mogućnost oštećenja objekata kao najosjetljivijeg dijela sustava.

LITERATURA:

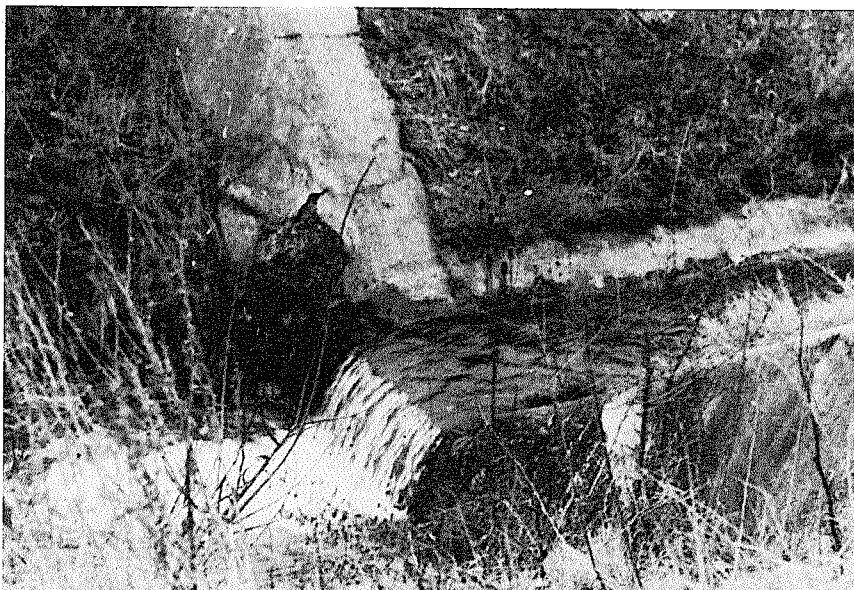
1. Iskustveni podaci na održavanju sliva Biđ-Bosut.
2. Doc. dr. Josip Marušić, dipl. inž. građ.: Hidrotehničke melioracije - I DIO OD-VODNJAVANJE.



Sl. 1. Erozija na utoku detaljnog kanala IV reda u kanal Biđ



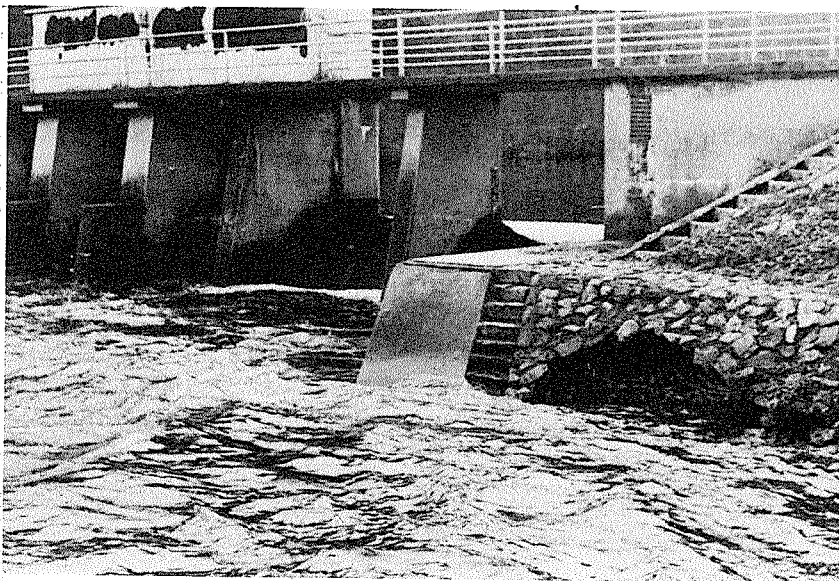
Sl. 2. Sanacija erozionog djelovanja iz kanala Jošava.



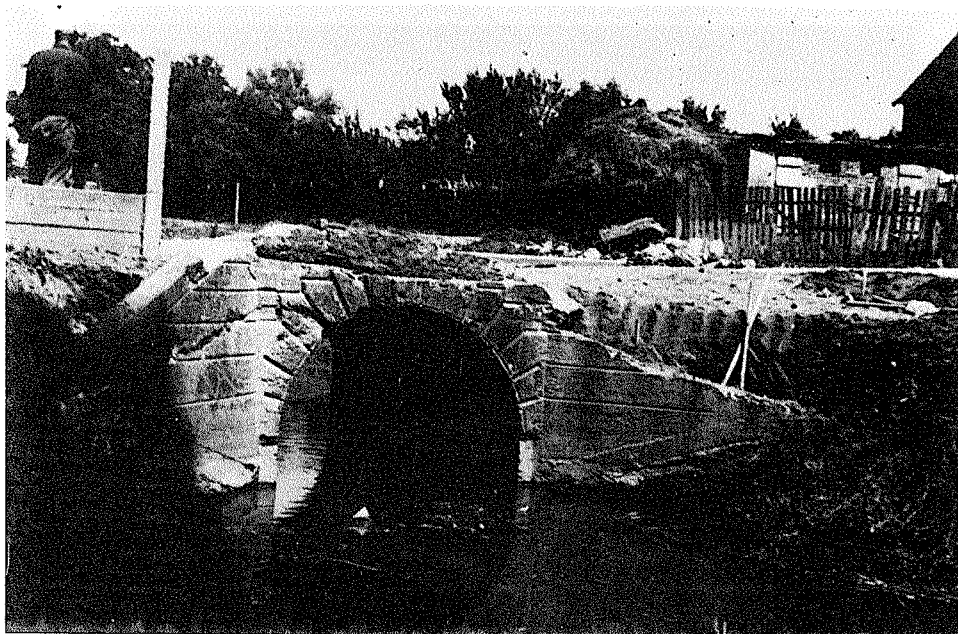
Sl. 3. Oštećenje bet. stepenice i obloge na kanalu Savak - Slakovci



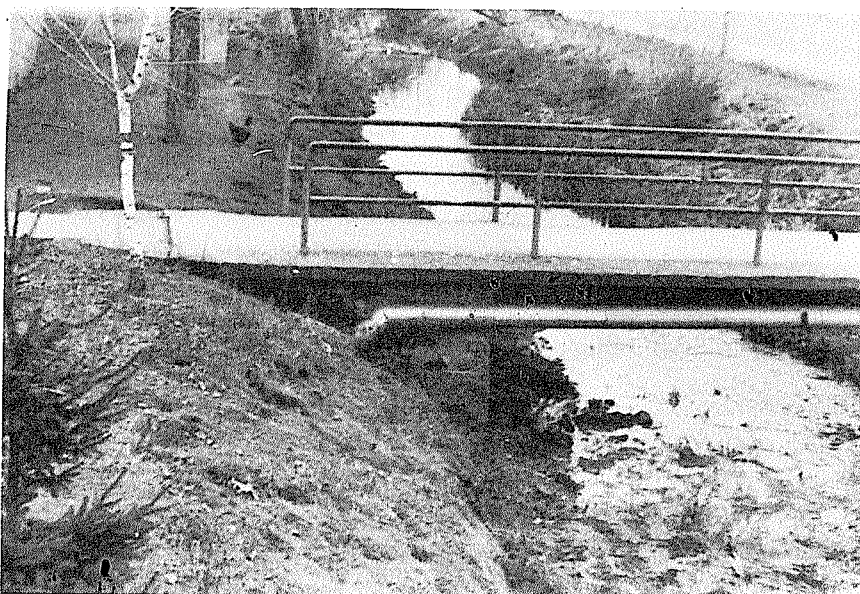
Sl. 4. Odbačeno smeće uz most na kanalu Svržnica - Donji Andrijevci



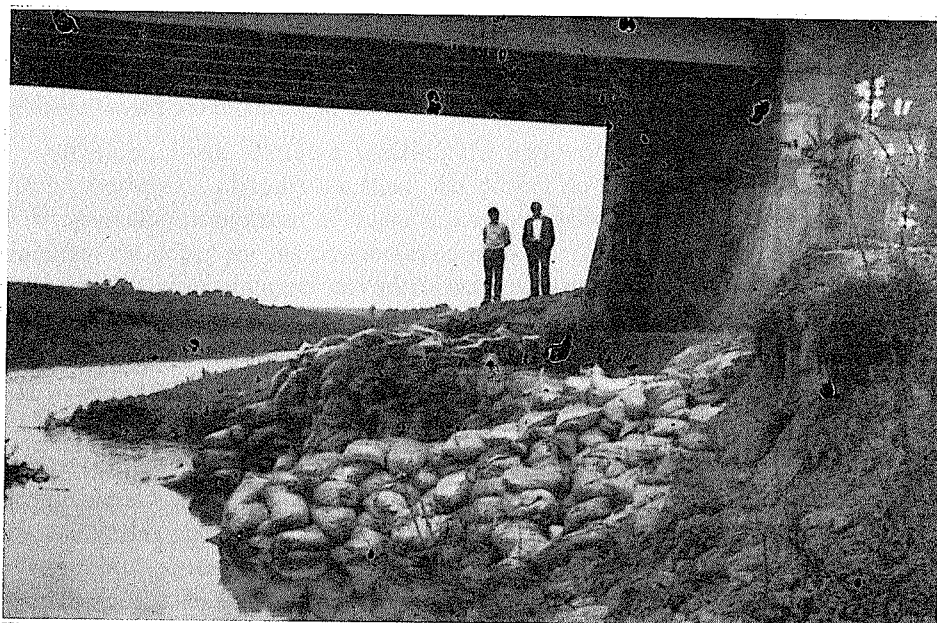
Sl. 5. Oštećenje obloge uz ustavu Nova brana na Bosutu- Vinkovci



Sl. 6. Popravak upornjaka i krila mosta na kanalu Teča - Račinovci



Sl. 7. Oštećenje upornjaka pješačkog mosta na kanalu Savak u Oroliku



Sl. 8. Sanacija oštećenog temelja upornjaka mosta preko lateralnog kanala Bič-polja za vrijeme trajanja velikih voda sa vrećama zemlje.

NORME I STANDARDI ZA REDOVNO ODRŽAVANJE HIDROMELIORACIJSKIH SUSTAVA POVRŠINSKE ODVODNJE

1. Značenje i potreba održavanja hidromelioracijskih objekata i sustava

Praksa je potvrdila da i najbolja projektno-izvedbena rješenja hidromelioracijskih objekata i sustava ne daju potrebne efekte odvodnje bez pravovremenog i kvalitetnog izvršavanja odgovarajućih vrsta i faza poslova njihovog redovnog održavanja. U sklopu toga bitno je imati u vidu i osnovni zadatak hidromelioracijskih objekata i sustava, a to je stvaranje i održavanje vodnog i zračnog režima u tlu prema zahtjevima optimalnog razvoja poljoprivrednih kultura. Pravovremenom odvodnjom suvišnih površinskih voda te potrebnim sniženjem i odvodnjom podzemnih voda stvaraju se i uvjeti za racionalnije korištenje poljoprivrednih strojeva i vozila u procesu pripreme zemljišta i uzgoja pojedinih biljnih kultura. Uspješna izvedba i održavanje hidromelioracijskih objekata i sustava je i osnovni preduvjet za primjenu i provedbu suvremenih agrotehničkih mjera i radova u cilju ostvarivanja optimalnih prinosa poljoprivrednih kultura - kao sastavnog dijela realizacije programa stabilne i kvalitetne proizvodnje hrane - kako za naše potrebe tako i za program izvoza.

Nažalost, naša iskustva ukazuju na nedovoljan stupanj održavanja dijela hidromelioracijskih objekata i sustava, što dovodi do smanjenja njihove funkcije. To je financijski i tehnički problem, ali i zajednički zadatak vodoprivrednih organizacija i korisnika zemljišta na kojem su hidromelioracijski objekti i sustavi izgrađeni. Pored primarnog značenja za pravovremeno odvodnju poljoprivrednih zemljišta, veliko je i značenje hidromelioracijskih objekata za odvodnju te zaštitu od štetnog djelovanja voda površina na kojima su izgrađena naselja, ceste, željeznice, privredni i ostali objekti kao i šumskih zemljišta.

Obzirom da je osnovna vodoprivredna jedinica sliv, i da se vodama upravlja jedinstveno, od posebnog značenja i potrebe je stvaranje uvjeta za efikasno funkcioniranje hidromelioracijskih objekata i sustava na prirodnim hidrografskim cjelinama odnosno na melioracijskim područjima. To je tehnički i ekonomski zadatak u sklopu cjelokupnog privrednog i društvenog razvoja naše zajednice. U procesu građenja i održavanja hidromelioracijskih objekata i sustava bitno je imati u vidu cilj koji treba ostvariti kroz maksimiranje dobiti, kako na pojedinim melioracijskim područjima, tako i na širem društvenom području.

Od posebnog su značenja klimatska, hidrološka, topografska i pedološka obilježja melioracijskih područja, obzirom na njihov utjecaj kako na projektno-izvedbene elemente, tako i na poslove održavanja hidromelioracijskih objekata i sustava. Prije njihove izvedbe neophodna je izgradnja hidrotehničkih objekata za zaštitu od poplavnih voda rijeka, te od brdskih voda i erozije - obzirom na njihovo štetno djelovanje na nizinske površine pojedinih melioracijskih područja. Također je važno u procesu iznalaženja optimalnih projektnih rješenja, pravovremeno sagledavanje i vrednovanje kao vrsta i količina radova izvedbe, tako i samog održavanja pojedinih hidromelioracijskih objekata i sustava. U sklopu toga bitno je i definiranje odgovarajućih tehničkih normativa za poslove njihovog redovnog održavanja, a u cilju efikasne odvodnje i stvaranja optimalnog vodnog i zračnog režima u zemljištu.

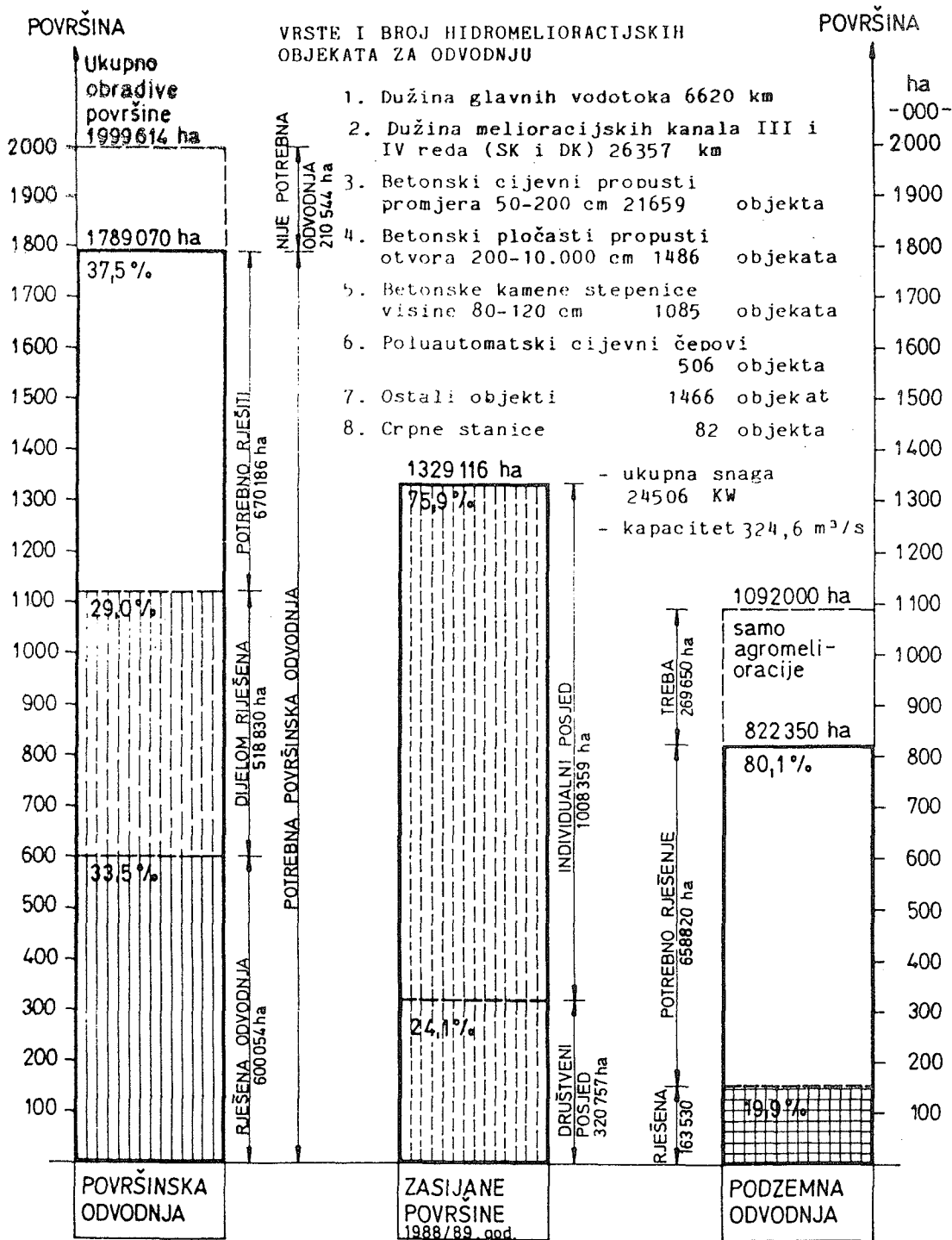
Međutim, za dosljednu i kvalitetnu primjenu tehničkih normativa neophodno je i osiguranje odgovarajućih financijskih sredstava od strane korisnika zemljišta na kojima su izgrađeni hidromelioracijski objekti i sustavi za odvodnju.

2. Stupanj izgrađenosti hidromelioracijskih sustava površinske odvodnje u Hrvatskoj u 1990. god.

I pored nedovoljnih financijskih sredstava za izgradnju novih te dogradnju i održavanje postojećih, neophodno je imati u vidu i vrednovati postojeći stupanj izgrađenosti hidromelioracijskih objekata i sustava, kao i ukupne melioracijske površine u Hrvatskoj. U sklopu toga potrebno je uvažavati promjene odnosno nove zahtjeve u procesu uzgoja pojedinih poljoprivrednih kultura. Također je važan redoslijed izvedbe odgovarajućih hidrotehničkih objekata obzirom na potrebu prethodne zaštite melioracijskih površina od štetnog djelovanja poplavnih voda rijeka, kao i brdskih vodotoka. Realizacijom tih objekata stvaraju se uvjeti za opravdana ulaganja u dogradnju postojećih i izgradnju novih hidromelioracijskih objekata i sustava.

Potreba stalnog poboljšanja vodnog režima na pojedinim slivnim područjima zahtijeva i rješenja hidromelioracijskih objekata i sustava koja je moguće poboljšavati i prilagođavati novim zahtjevima i potrebama korisnika zemljišta melioracijskih područja.

Zbog toga treba vrednovati kako održavanje potpuno izgrađenih, tako i hidromelioracijskih sustava koje je neophodno dograđivati u cilju efikasnije odvodnje suvišnih površinskih voda, ali i za potrebe sniženja i odvodnje podzemnih voda iz zone u kojoj se razvija korijen pojedinih biljnih kultura. U sklopu postojećeg stupnja izgrađenosti hidromelioracijskih objekata i sustava treba imati u vidu, da dio njih treba dograđivati zbog nedovoljnog stupnja održavanja - iako su bili u potpunosti izgrađeni i prvih godina omogućavali efikasnu odvodnju. Nažalost, naša iskustva su potvrdila da i kvalitetna projektno-izvedbena rješenja, već nakon tri do pet godina ne daju očekivane efekte zbog nedovoljnog stupnja održavanja hidromelioracijskih objekata i sustava.



SI. 1. OSNOVNI POKAZATELJI IZGRAĐENOSTI SUSTAVA I OBJEKATA POVRŠINSKE I PODZEMNE ODVODNJE U HRVATSKOJ - 1990. godine.

T-1. Osnovni podaci o melioracijskim površinama i stupnju izgrađenosti sustava površinske i podzemne odvodnje u Hrvatskoj - 1990. godini.

Slivno-melioracijsko područje	Ukupne melioracijske površine		Stupanj sustava površinske odvodnje		Dijelom izgrađeni		Potrebna izgradnja		Stupanj podzemne odvodnje			
	ha	%	ha	%	ha	%	ha	%	ha	%		
SAVA	1129757	63,1	374434	62,4	264085	50,9	491238	73,3	99752	61,0	419308	63,7
DRAVA I DUNAV	570836	31,9	213619	35,6	230360	44,4	126857	18,9	58871	36,0	222989	33,8
ISTRA I PRIMORJE	43830	2,5	4200	0,7	9339	1,8	30791	4,5	2617	1,6	9233	1,4
DALMACIJA	44647	2,5	7801	1,3	15046	2,9	21500	3,3	2290	1,4	7210	1,1
Ukupno HRVATSKA	1789070	100	600054	100	518830	100	670186	100	163530	100	658820	100
Učešće u ukupnim površinama		100%	33,54		29,00		37,46		19,89		30,11	

Ukupne melioracijske površine su date prema slivnim površinama glavnih recipijenata pojedinih melioracijskih područja (12 - na slivu Save, 7 na slivu Drave i Dunava).

Ukupne poljoprivredne površine su 3234973 ha, od čega su obradive 1789070 ha (55,3%), a ostalo su: livade, pašnjaci, močvare, ribnjaci, površine pod naseljima, saobraćajnicama, privrednim i ostalim objektima.

Stupanj izgrađenosti sustava površinske i podzemne odvodnje dat je prema projektno-izvedbenim elementima melioracijskih kanala i ostalih hidromelioracijskih objekata - za gravitacijsku i umjetnu odvodnju (putem crpnih stanica).

Prije dogradnje postojećih (na 29,0% površina) i izgradnje novih hidromelioracijskih sustava (na 37,46% površina) potrebno je prethodno izgraditi hidrotehničke objekte za zaštitu od poplavnih voda rijeka na 209324 ha (11,70%).

Prema raspoloživim hidropecološkim obilježjima tala, izgradnja sustava podzemne odvodnje potrebna je na 822350 ha - a do 1990. godine su izgrađeni na 163530 ha (19,89%).

Ukupne zasijane površine u 1988/89. godini bile su na 1329116 ha odnosno na 74,29% melioracijskih površina Hrvatske. Jedan od glavnih razloga nedovoljno zasijanih površina je u nedovoljnoj izgrađenosti hidromelioracijskih sustava površinske i podzemne odvodnje.

U vezi postojećeg stupnja izgrađenosti hidromelioracijskih objekata i sustava u Hrvatskoj za 1990. godinu osnovni podaci po slivnim područjima dati su u tabeli 1. i na slici 1, a glavni pokazatelji su slijedeći:

- Ukupne melioracijske površine	1.789.070 ha (100%)
- Potpuno izgrađeni sustavi površinske odvodnje	600.054 ha (33,54%)
- Dijelom odnosno nepotpuno izgrađeni sustavi površinske odvodnje	518.830 ha (29,00%)
- Potrebna izgradnja novih sustava površinske odvodnje	670.186 ha (37,46%)
- Potpuno izgrađeni hidromelioracijski sustavi podzemne odvodnje	163.530 ha (19,89%)
- Potrebna izgradnja sustava podzemne odvodnje (od ukupno 822.350 ha)	658.820 ha (80,11%)

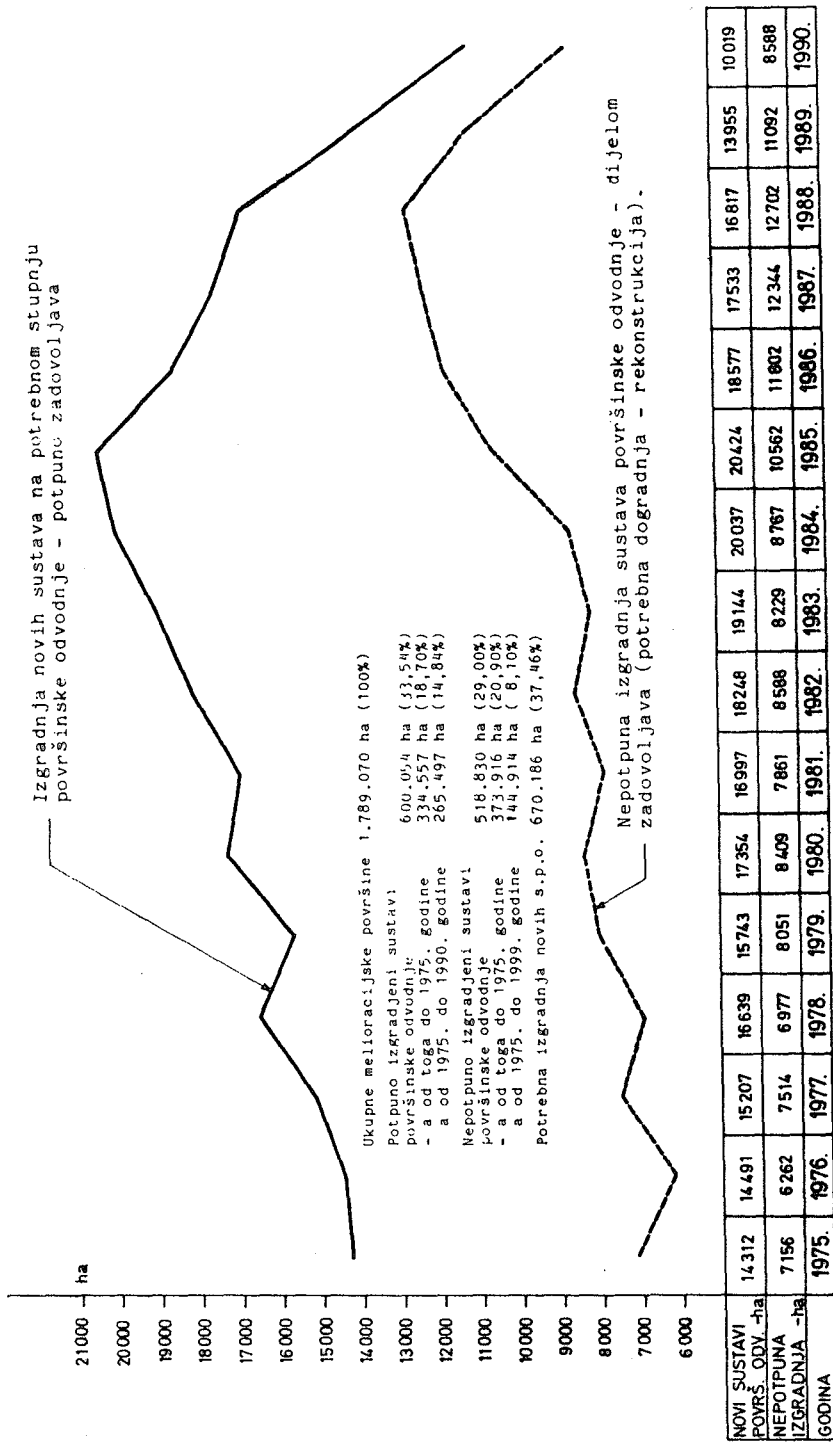
Prije dogradnje postojećih i izgradnje novih hidromelioracijskih sustava površinske i podzemne odvodnje, potrebna je izgradnja hidrotehničkih objekata za zaštitu od poplavnih voda rijeka nizinskih dijelova melioracijskih područja površine 209.324 ha, (11,70%).

U vezi navedenih površina i stupnja izgrađenosti hidromelioracijskih sustava površinske i podzemne odvodnje posebno treba imati u vidu da su ukupne zasijane površine u 1988./89. god. bile 1.329.116 ha što je 74,29% od sveukupnih melioracijskih površina 1.789.070 ha. Jasno da su zasijane površine prvenstveno na područjima s potpuno ili dijelom izgrađenim hidromelioracijskim sustavima površinske odvodnje. Međutim, jedan od glavnih razloga nedovoljno zasijanih površina pojedinim poljoprivrednim kulturama je u nedovoljnoj izgrađenosti, kao i održavanju hidromelioracijskih objekata i sustava. Osim financijskih problema treba imati u vidu i utjecaj prirodnih obilježja na potrebu i postojeći stupanj izgrađenosti hidromelioracijskih objekata i sustava.

Na slici 2. dati su osnovni numerički i grafički pokazatelji izgradnje novih i dogradnje odnosno rekonstrukcije postojećih hidromelioracijskih sustava površinske odvodnje od 1975. do 1990., a osnovni pokazatelji su slijedeći:

- do 1975. god. izgrađeni su novi sustavi na 334.557 ha (18,7%),
- od 1975. do 1990. g. izgrađeni su novi sustavi na 265.497 ha (14,84%),
- do 1975. god. nepotpuno su izgrađeni sustavi površinske odvodnje na 373.916 ha (20,90%),
- od 1975. do 1990. god. nepotpuno su izgrađeni sustavi površinske odvodnje na 144.914 ha (8,10%)

U vezi toga treba istaći da su najkvalitetnija rješenja realizirana na površinama gdje je hidromelioracijama prethodila provedba komasacija zemljišta i na većem dijelu površina u društvenom posjedu poljoprivrednih organizacija. Nepotpuna izgradnja hidromelioracijskih objekata i sustava ima više razloga, a najčešći su slijedeći:



SI. 2. PREGLED IZGRADNJE SUSTAVA POVRŠINSKE ODVODNJE U HRVATSKOJ OD 1975. DO 1990. GODINE

T-2. Osnovni podaci o glavnim hidromelioracijskim objektima na slivnim područjima Hrvatske 1990. god.

Slivno-melioracijsko područje	Dužina glavnih vodotoka	Dužina melioracijskih kanala III i IV reda	Betonski cijevni propusti Ø 50-200 cm	Betonski pločasti propusti 2,0-10,0 m	Betonske i kamene stepenice na MK-a n=0,8-1,2m	Čepovi na spoju MK-a Ø 50-200 cm	Crpne stanice	Ostali hidromelioracijski objekti
	km (%)	km (%)	kom (%)	kom (%)	kom (%)	kom (%)	Broj objekata	kom (%)
SAVA	3710 (56,0)	14862 (56,3)	11137 (51,4)	987 (65,8)	616 (56,7)	124 (24,5)	38 (14530)	785 (53,6)
DRAVA I DUNAV	2381 (36,0)	10608 (40,3)	10042 (46,4)	418 (28,2)	268 (24,7)	309 (61,1)	26	576 (39,3)
ISTRA I PRIMORJE	218 (3,3)	282 (1,1)	156 (0,7)	51 (3,4)	119 (11,0)	26 (5,1)	4	62 (4,2)
DALMACIJA	311 (4,7)	605 (2,3)	324 (1,5)	39 (2,6)	82 (7,6)	47 (9,3)	14	43 (2,9)
UKUPNO HRVATSKA	6620 (100)	26357 (100)	21659 (100)	1486 (100)	1085 (100)	506 (100)	82	1466 (100)

- Dužina glavnih vodotoka odnosi se na glavne recipijente pojedinih slivnih područja te obodne i oteretne kanale. Ukupna dužina 29 rijeka dužih od 50 dm je 3487 dm. Postoji 947 bujičnih vodotoka.

- Tipiski cijevni propusti su promjera 50, 60, 80, 100, 110, 120, 140, 150, 160, 180 i 200 cm od gotovih betonskih elemenata (1,0 m), a ukupne dužine su od 7,0 do 14,0 m (a najčešće 11,0 m) ovisno o kategoriji saobraćajnice i melioracijskih kanala.

- Propusti promjera 50, 60 i 80 cm se rade najčešće s "kosim glavama", a od 100 do 200 cm s vertikalnim betonskim krilima. Dužina cijevnih propusta je od 9,0 do 14,0 m.

- Otvori pločastih propusta su najčešće 1,0, 4,0, 6,0, 8,0, i 10,0 m, a širine od 7,0 do 9,0 m - što ovisi o kategoriji saobraćajnice i dimenzijama melioracijskih kanala.

- Betonske i kamene stepenice na melioracijskim kanalima IV i III reda su najčešće visine od 0,80 do 1,20 m a dužina slapišta od 4,0 do 12,0 m - ovisno o oscilacijama vodostaja i proticaja.

- Čepovi se izvode kao cijevni propusti s "povratnim poklopcima odnosno zatvaračima (za sprječavanje uspornog djelovanja velikih voda kanala višeg reda (MK-III reda) na kanale nižeg reda (MK-IV reda)

- Kapacitet crpnih stanica je od 0,50 do 30,00 m³/s a snaga od 25 do 300 KW (za 191 agregat).

- Broj ostalih hidromelioracijskih objekata odnosi se na: sifone, ustave, osiguranje dna i pokosa kanala (obloge od raznih materijala: kamen, beton, folije - kombinirano), objekti ušća kanala, svođeni propusti (beton, kamen, opeka), drveni propusti.

- nedostatak financijskih sredstava
- nedovoljna reguliranost prirodnih vodotoka, odnosno glavnih recipijenata pojedinih dijelova melioracijskih područja
- neriješeni imovinsko-pravni problemi na dionicama pojedinih vodotoka i trasama melioracijskih kanala III i IV reda
- nedovoljan stupanj zaštite od vanjskih poplavnih voda - kako rijeka tako i brdskih voda
- neizgrađenost crpnih stanica na dijelu melioracijskih površina gdje nije moguća gravitacijska odvodnja.

Osim podataka za površine s potpuno ili dijelom izgrađenim hidromelioracijskim sustavima površinske odvodnje, potrebno je znati vrstu te broj pojedinih hidromelioracijskih objekata. Detaljniji podaci po slivnim područjima dati su u tabeli 2, a osnovni pokazatelji su sljedeći:

- dužina glavnih vodotoka, odnosno recipijenata pojedinih slivnih područja	6620 km
- dužina melioracijskih kanala III i IV reda	26.357 km
- betonski cijevni propusti otvora od 50 do 200 cm na MK-III i IV reda	21.659 objekata
- betonski pločasti propusti otvora od 2,0 do 10,0 m na melioracijskim kanalima II i III reda	1.486 objekata
- betonske, kamene i "kombinirane" stepenice visine od 0,80 do 1,20 m na melioracijskim kanalima III i IV reda	1.086 objekata
- čepovi - cijevni propusti s povratnim poklopcima - zatvaračima	506 objekata
- crpne stanice od 0,500 do 300 m ³ /s	82 objekata
- ukupne snage 24.506 KW i kapaciteta	324,6 m ³ /s
- ostali hidromelioracijski objekti	1.466 objekata
a to su: sifoni, ustave, zaštita dna i pokosa kanala, ušće kanala, svodeni i kombinirani propusti.	

Navedene vrste i broj objekata odnose se prvenstveno na površine s potpuno ili dijelom izgrađenim hidromelioracijskim sustavima, a manji broj su pojedinačni objekti na manjim dijelovima odnosno lokalnim površinama odgovarajućih melioracijskih područja. Međutim, pored same vrste i broja pojedinih hidromelioracijskih objekata treba i korektno vrednovati njihove osnovne projektne i izvedbene elemente obzirom na potrebe odvodnje suvišnih površinskih i podzemnih voda. Naime, i pored kvalitetne izvedbe velikog broja raznovrsnih hidromelioracijskih objekata njihovo funkcioniranje ovisi prvenstveno o izvršavanju poslova redovnog održavanja, a zato je neophodno:

- osiguranje odgovarajućih financijskih sredstava
- korištenje strojeva optimalnih proizvodnih i radnih karakteristika
- primjena suvremene tehnologije u procesu izvršavanja pojedinih vrsta poslova i redovnog održavanja

- sudjelovanje i stalno stručno usavršavanje poslova redovnog održavanja
- kvalitetno definiranje i dosljedna primjena tehničkih normativa za poslove redovnog održavanja hidromelioracijskih objekata i sustava.

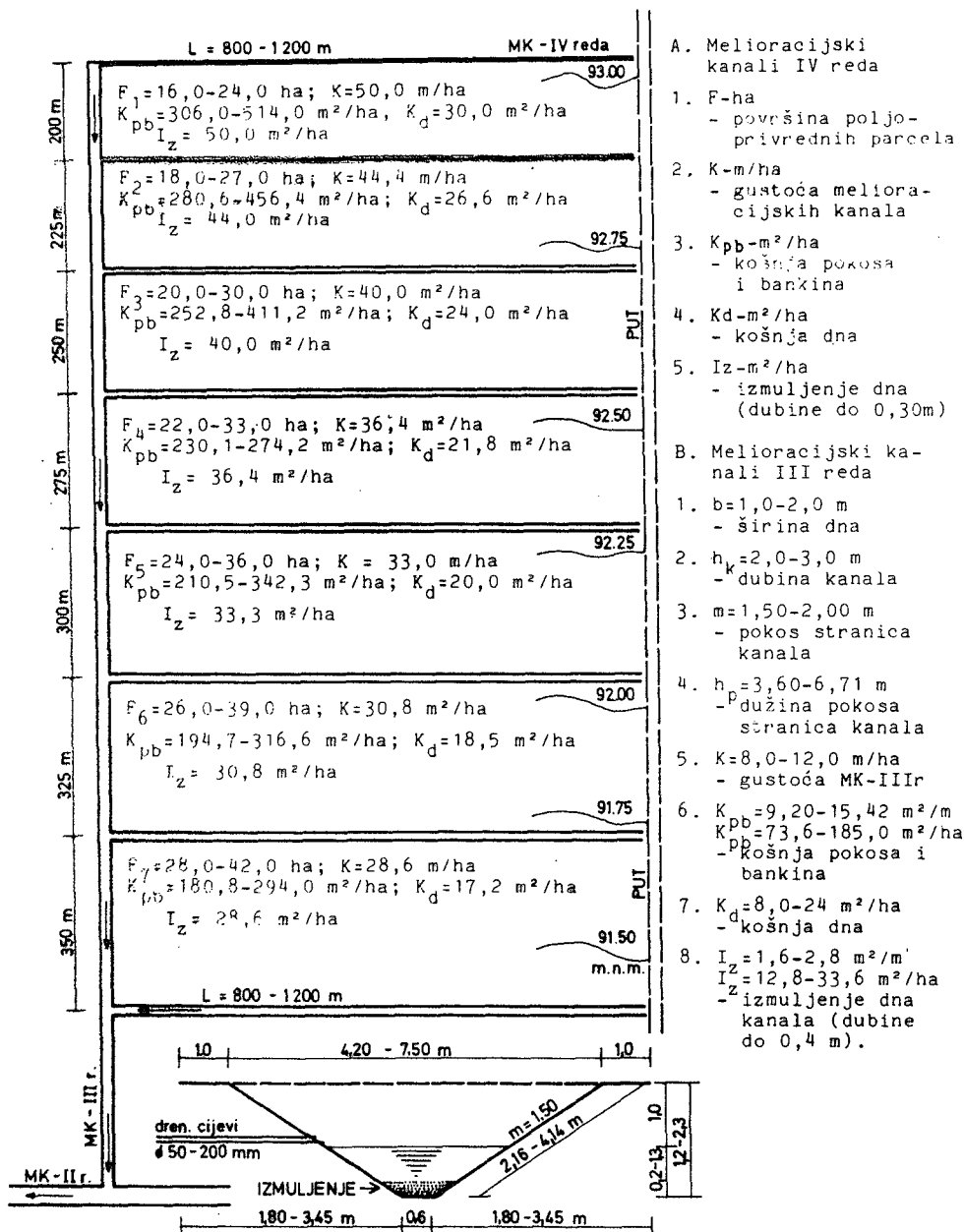
3. Osnovni elementi melioracijskih kanala IV i III reda

Za definiranje tehničkih normativa poslova redovnog održavanja neophodno je pravovremeno sagledavanje i korektno vrednovanje projektnih i izvedbenih elemenata melioracijskih kanala. O njima ovisi i osnovni elementi ostalih hidromelioracijskih objekata, a to su: cijevni, pločasti i ostali propusti, stepenice na kanalima, sifoni, čepovi, ustave, zaštita dna i pokosa kanala, brzotoci, ušća kanala. Posebno treba vrednovati projektne i izvedbene elemente crpnih stanica obzirom na mjerodavne hidromodule otjecanja kao i veličine slivne površine. U sklopu toga važan je i izbor mjerodavnog povratnog perioda odgovarajućih hidroloških parametara (oborine, vodostaji, proticaji) koji direktno utječu na hidrauličke, geometrijske i ostale elemente pojedinih hidromelioracijskih objekata i sustava. Jasno da to djeluje kako na troškove njihovog građenja tako i održavanja.

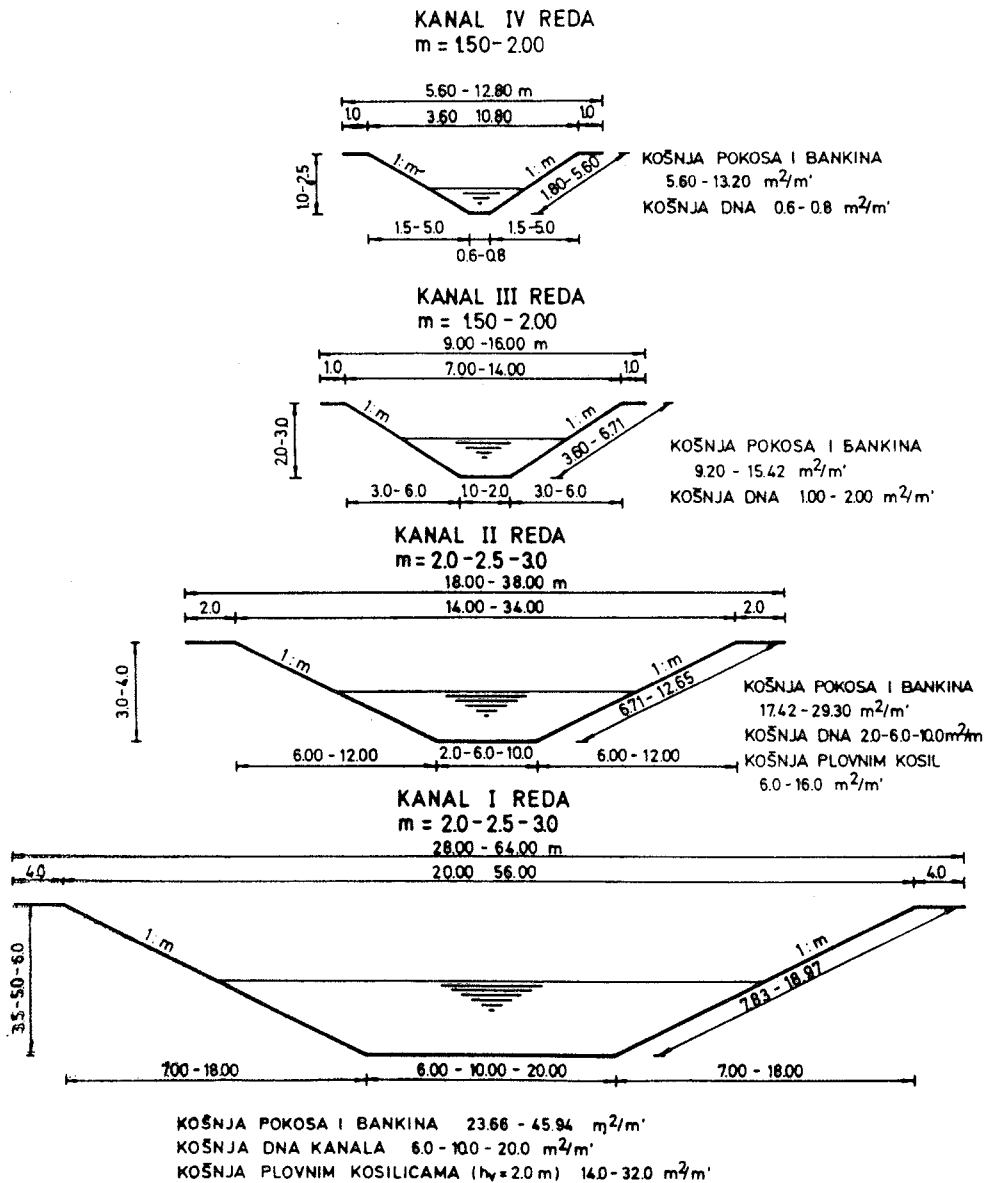
Nažalost, u dijelu dosadašnjih rješenja nisu u dovoljnoj mjeri vrednovani utjecaji projektnih elemenata na vrste i količine poslova građenja i održavanja hidromelioracijskih objekata i sustava. U sklopu toga bitno je sagledavanje kao i definiranje tehnologije izvedbe kako poslova građenja, tako i redovnog održavanja hidromelioracijskih objekata i sustava. To je potrebno i radi izbora strojeva optimalnih proizvodnih i radnih karakteristika, a u cilju racionalnije izvedbe i održavanja hidromelioracijskih objekata i sustava. Obzirom da hidromelioracije prethode agromelioracijama, to treba vrednovati prvenstveno u sklopu realizacije programa optimalne i stabilne proizvodnje hrane.

I pored jednostavnosti i elemenata trapeznih profila melioracijskih kanala, važno je pravovremeno sagledavanje njihovog utjecaja na količine glavnih radova redovnog održavanja hidromelioracijskih objekata i sustava. Radi toga dati su osnovni numerički i grafički pokazatelji melioracijskih kanala na slikama: 3, 4, 5 i 6.

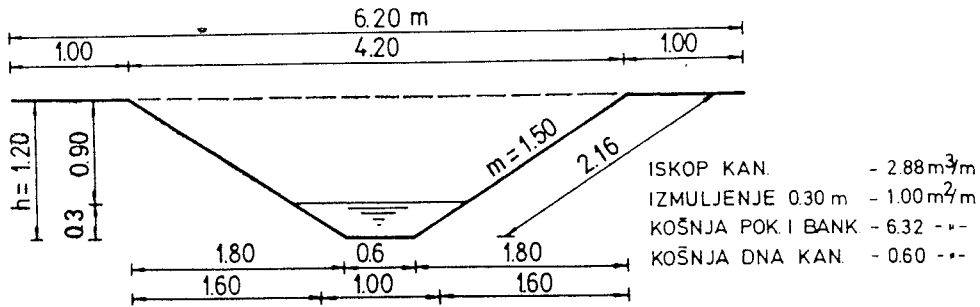
Pored datih brojčanih podataka i grafičkih pokazatelja u vezi dimenzija melioracijskih kanala na slikama 3, 4, 5, 6, 7, 8 i 9 važno je i pravovremeno sagledavanje podataka u prvoj koloni tabele 3,4,5 i 6. To je posebno važno zbog utjecaja dubine kanala na količine poslova (m^2/m) redovnog održavanja - a za navedene širine dna i nagibe stranica melioracijskog kanala IV i III reda. Međutim i pored jednostavnosti poprečnih profila kanala i utjecaja njihovih osnovnih dimenzija na vrste i količine glavnih hidromelioracijskih radova - u procesu projektiranja dijela melioracijskih kanala u našoj praksi to nije vrednovano u dovoljnoj mjeri. Zbog toga je neophodno definirati i odgovarajuće normative kako za projektiranje tako i izvedbu, a posebno za održavanje hidromelioracijskih objekata i sustava. Uz to je posebno važno i potrebno pravovremeno i korektno vrednovati utjecaje osnovnih elemenata melioracijskih kanala na vrste i količine radova redovnog održavanja.



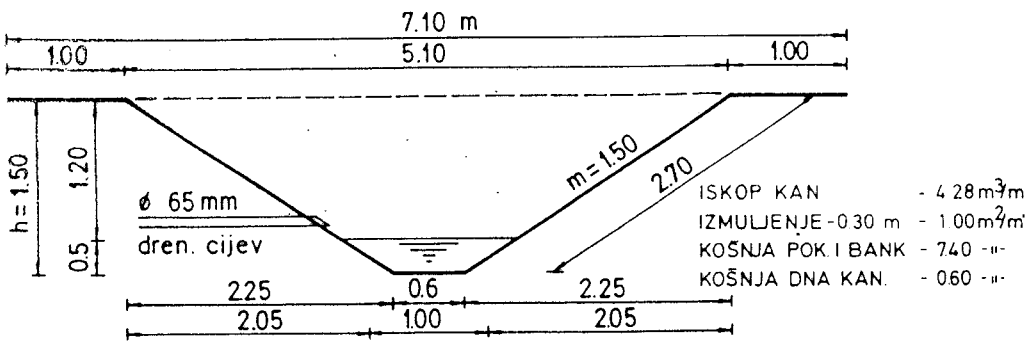
SI. 3. OSNOVNI ELEMENTI I KOLIČINE GLAVNIH RADOVA REDOVNOG ODRŽAVANJA MELIORACIJSKIH KANALA IV I III REDA



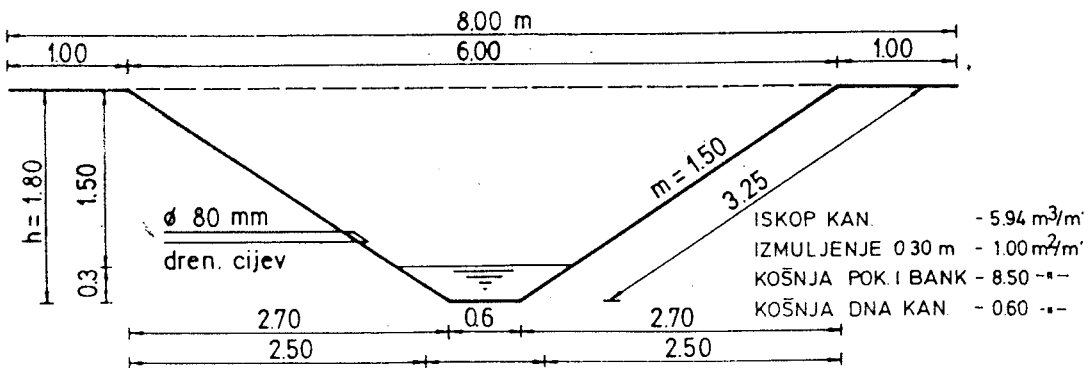
SI. 4. KARAKTERISTIČNI POPREČNI PROFIL KANALA I PROSJEČNE POVRŠINE KOŠNJE POKOSA I BANKINA I DNA KANALA



a) $h = 1.20 \text{ m}$, $b = 0.60 \text{ m}$, $m = 1.50$, $h_m = 0.30 \text{ m}$

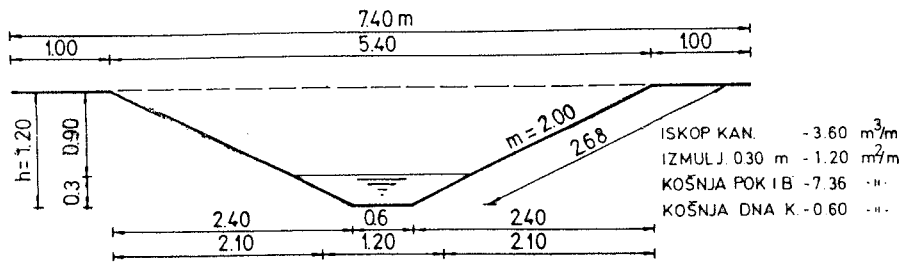


b) $h = 1.50 \text{ m}$, $b = 0.60 \text{ m}$, $m = 1.50$, $h_m = 0.30 \text{ m}$

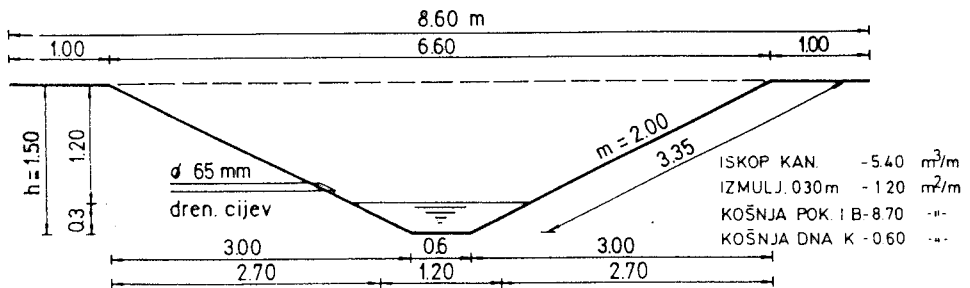


c) $h = 1.80 \text{ m}$, $b = 0.60 \text{ m}$, $m = 1.50$, $h_m = 0.30 \text{ m}$

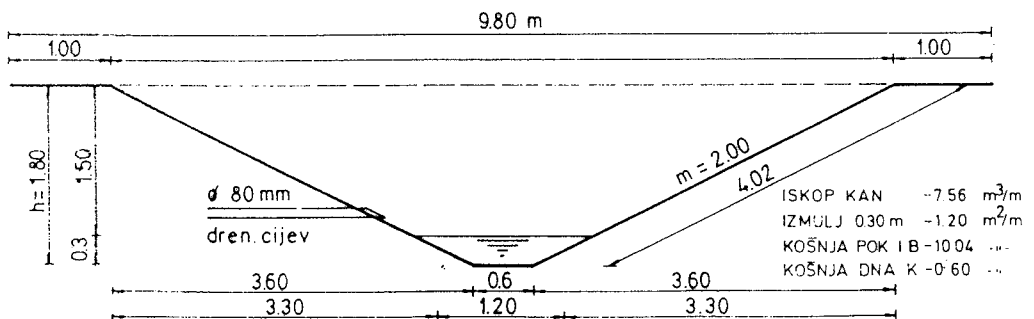
SI. 5. VRSTE I KOLIČINE OSNOVNIH RADOVA NA MELIORACIJSKIM KANALIMA ZA DUBINE KANALA 1,2, 1,5, I 1,8 m I POKOS STRANICA $m=1.50$.



a) $h = 1.20 \text{ m}$, $b = 0.60 \text{ m}$, $m = 2.00$, $h_m = 0.30 \text{ m}$



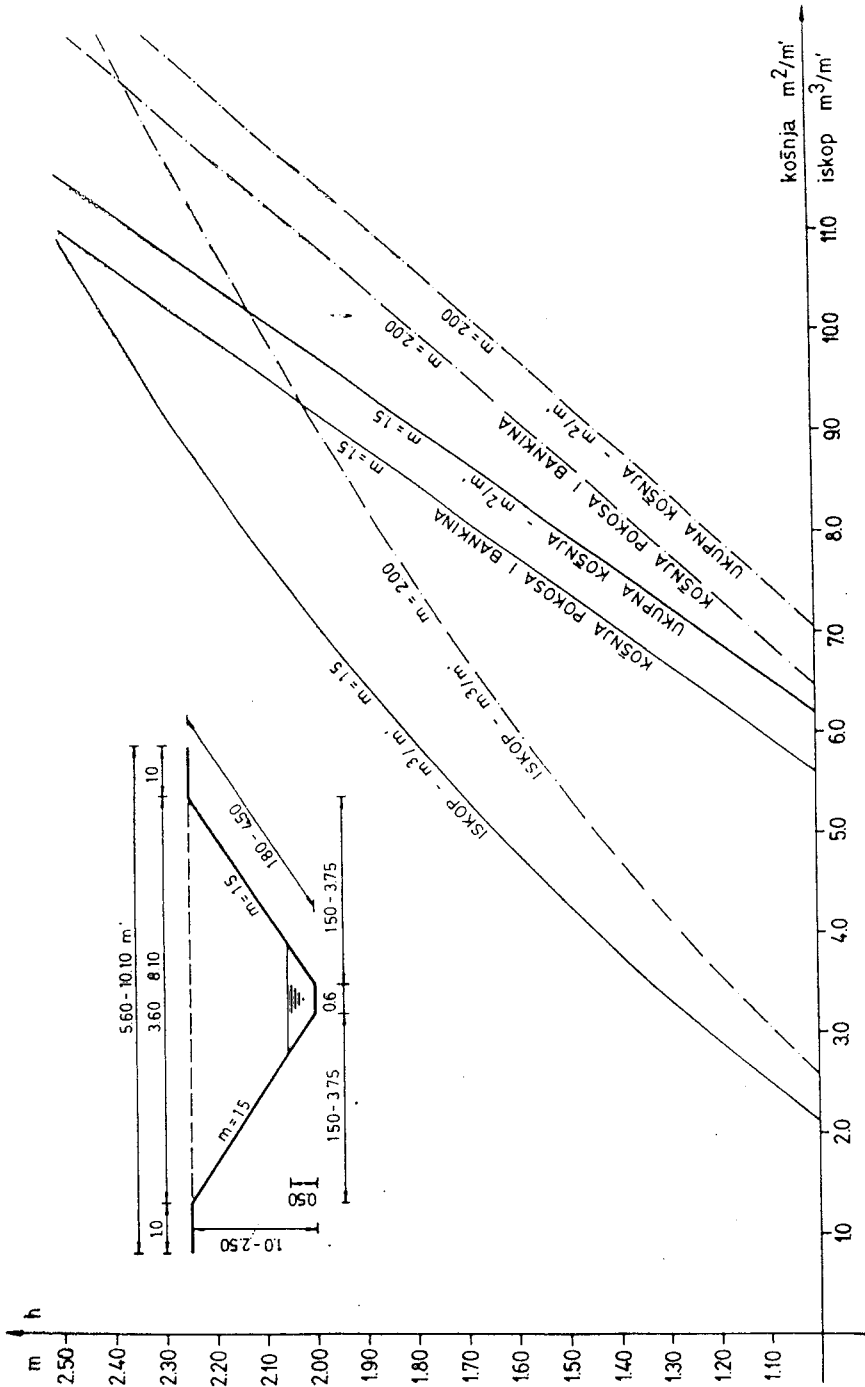
b) $h = 1.50 \text{ m}$, $b = 0.60 \text{ m}$, $m = 2.00$, $h_m = 0.30 \text{ m}$



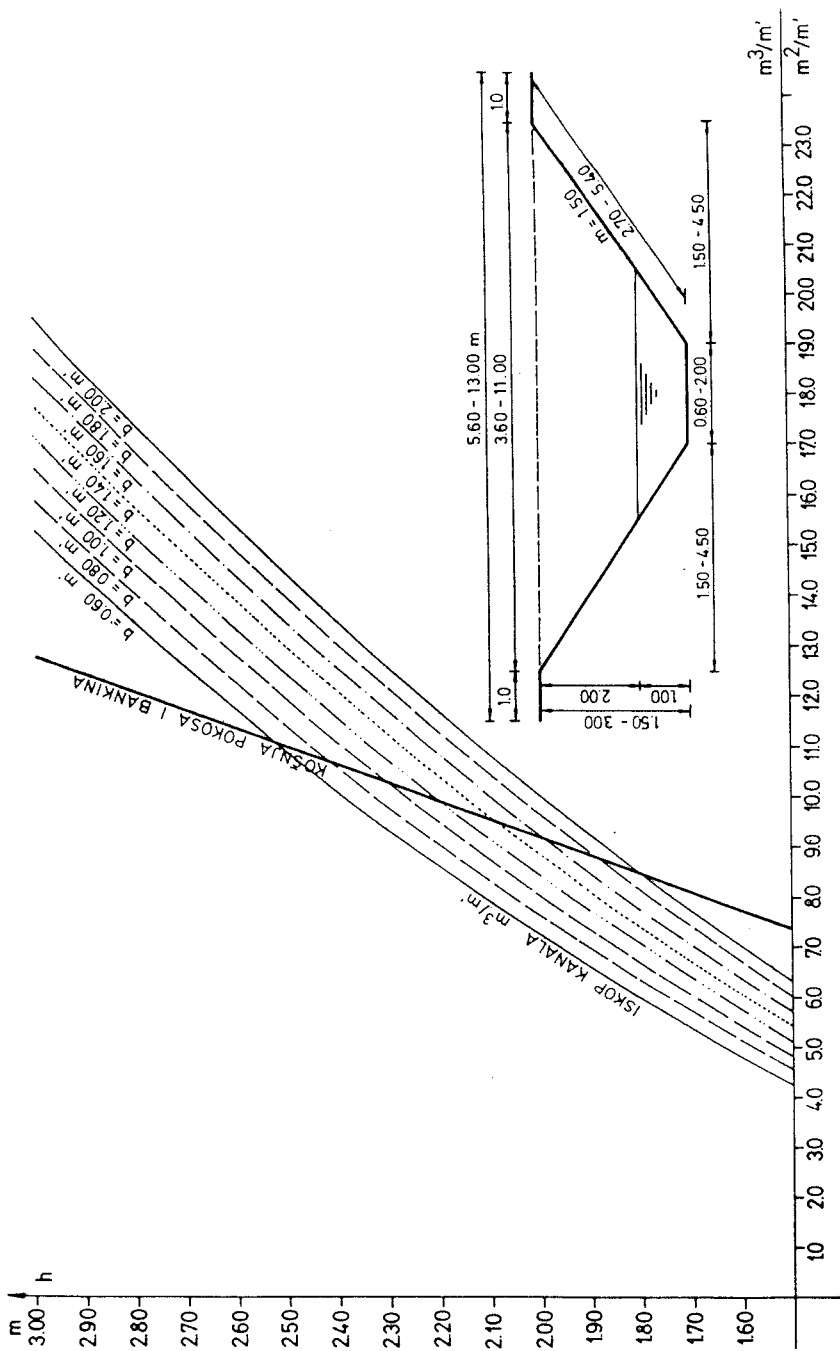
c) $h = 1.80 \text{ m}$, $b = 0.60 \text{ m}$, $m = 2.00$, $h_m = 0.30 \text{ m}$

SI. 6. VRSTE I KOLIČINE OSNOVNIH RADOVA NA MELIORACIJSKIM KANALIMA ZA DUBINE KANALA 1,2, 1,5, I 1,8 m I POKOS STRANICA $m=2.00$.

SI. 7. ISKOP I KOŠNJA MELIORACIJSKIH KANALA IV REDA ZA $m=1,50-2,00$

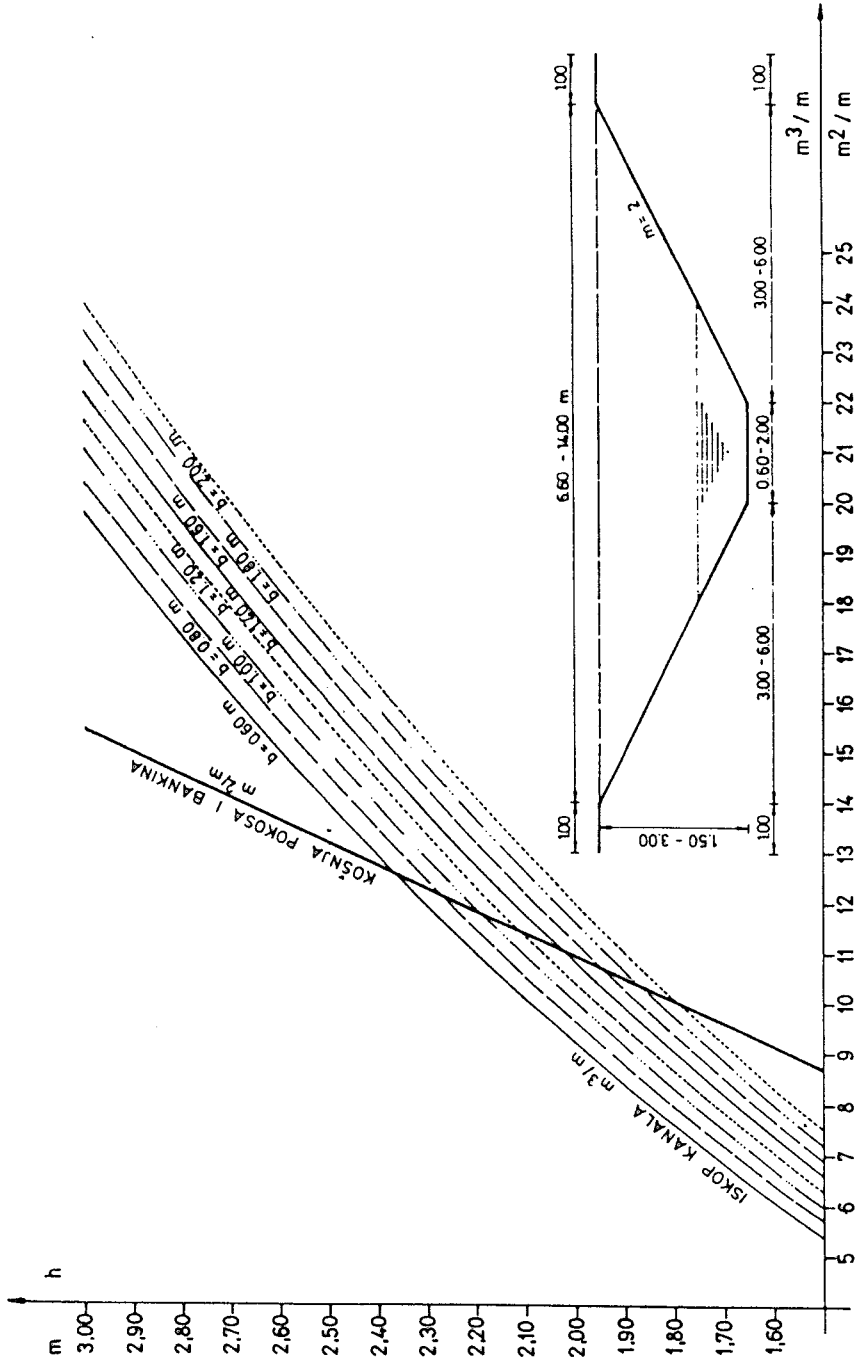


SI. 8. KOLIČINA ISKOPA I POVRŠINA KOŠNJE MELIORACIJSKIH KANALA IV I III REDA, ŠIRINE DNA 0,60-1,00-2,00 m; DUBINA 1,50-3,00 m I POKOS STRANICA $m=1,50$



SI. 9. ISKOP I POVRŠINA KOŠNJE MELIORACIJSKIH KANALA IV I III REDA, ŠIRINE DNA OD 0,60 DO 2,00 m; DUBINA 1,50-3,00 m I POKOS

STRANICA m=2.00



4. Utjecaj projektnih i izvedbenih elemenata na vrste i količine radova redovnog održavanja melioracijskih kanala IV i III reda

Sastavni dio normativa za poslove redovnog održavanja hidromelioracijskih sustava su dati numerički i grafički pokazatelji u vezi utjecaja projektnih i izvedbenih elemenata melioracijskih kanala na vrste i količine pojedinih radova. Obzirom da su u tabelama 3,4,5,6,7 obrađeni detaljni numerički podaci i grafički pokazatelji, upućuje se na uvid u osnovne konstatacije za ove tabele.

Odgovarajući grafički pokazatelji u vezi površine košnje - m^2/m - za melioracijske kanale III i IV reda dubine od 1,00 do 3,00 m, pokosa stranica $m = 1,50$ i $m = 2,00$, te širine dna od 0,60 do 2,00 m dati su na slikama 7,8 i 9, te nisu potrebna posebna objašnjenja.

Obzirom na vrednovanje mjerodavnih količina radova redovnog održavanja po ha melioriranih površina, važno je sagledati grafičke pokazatelje koji su dati na slikama: 10,11,12,13 i 14.

U pogledu detaljnih numeričkih podataka na tabelama 3, 4, 5 i 6, te pokazatelja na slikama 10, 11, 12, 13 i 14, od posebnog je značenja sagledati količine glavnih radova i to kako m^2/m tako i m^2/ha . U sklopu toga treba pravovremeno vrednovati utjecaj promjene dubine kanala na svakih 0,10 m te razmaka na svakih 25 m. Nažalost, to u definiranju projektnih elemenata kanala u našoj praksi nije uvažavano u dovoljnoj mjeri. Također treba imati u vidu dužinu pokosa stranica kanala koja ovisi kako o dubini samih kanala, tako i pokosu stranica.. To je posebno značajno obzirom na radne karakteristike ("dužina kraka" odnosno same "kose") motornih kosilica, te na potrebu košnje u jednoj ili dvije faze. Jasno da navedeni numerički i grafički pokazatelji ukazuju na utjecaj projektnih elemenata na količine glavnih radova, ali i na izbor strojeva za poslove redovnog održavanja melioracijskih kanala III i IV reda.

Nažalost, u dosadašnjoj našoj praksi nije bilo dovoljno suradnje između projekatana hidromelioracijskih kanala i proizvođača strojeva kojima se izvršavaju poslovi redovnog održavanja. Taj zadatak treba zajednički rješavati u sklopu svestranog vrednovanja terenskih obilježja melioracijskih područja, tehničkih rješenja hidromelioracijskih objekata te proizvodnih i radnih karakteristika odgovarajućih strojeva - a u cilju primjene optimalne tehnologije u procesu redovnog održavanja hidromelioracijskih sustava.

T-3. Površina košnje pokosa i bankina, košnje dna i izmuljenje melioracijskih kanala (m^2/ha) za različite razmake, dubine, pokos kanala IV reda $m=1,50$ i širinu dna $0,60$ m

Dubina kanala - m	Pokos i bankine m^2/m	Razmak (m), gustoća (m/ha) i površina košnje pokosa i bankina MK - IV r. (m^2/ha)																		
		400 m 25,0 m/ha	375 m 26,7 m/ha	350 m 28,6 m/ha	325 m 30,8 m/ha	300 m 33,3 m/ha	275 m 36,4 m/ha	250 m 40,0 m/ha	225 m 44,4 m/ha	200 m 50,0 m/ha	200 m									
1,00	5,60	140,0	149,5	160,2	172,5	186,5	203,8	224,0	248,6	280,0										
1,10	5,96	149,0	159,1	170,5	183,6	198,5	216,9	238,4	266,2	298,0										
1,20	6,32	158,0	168,7	180,8	194,7	210,5	230,1	252,8	280,6	316,0										
1,30	6,68	167,0	178,4	191,1	205,7	222,4	243,2	267,2	296,6	334,0										
1,40	7,04	176,0	188,0	201,3	216,8	234,4	256,3	281,6	312,6	352,0										
1,50	7,40	185,0	197,6	211,6	227,9	246,4	269,4	296,0	328,6	370,0										
1,60	7,76	194,0	207,2	221,9	239,0	258,4	282,5	310,4	344,5	388,0										
1,70	8,12	203,0	216,8	232,2	250,1	270,4	295,6	324,8	360,5	406,0										
1,80	8,48	212,0	226,4	242,5	261,2	282,4	308,7	339,2	376,5	424,0										
1,90	8,84	221,0	236,0	252,8	272,3	294,4	321,8	353,6	392,5	442,0										
2,00	9,20	230,0	245,6	263,1	283,4	306,4	334,9	368,0	408,5	460,0										
1,10	9,56	239,0	255,3	273,4	294,5	318,4	348,0	382,4	424,5	478,0										
2,20	9,92	248,0	264,9	283,7	305,5	330,3	361,1	396,8	440,5	496,0										
2,30	10,28	257,0	274,5	294,0	316,6	342,3	374,2	411,2	456,4	514,0										
2,40	10,64	266,0	284,1	304,3	327,7	354,3	387,3	425,6	472,4	532,0										
2,50	11,02	275,0	294,2	315,2	339,4	367,0	401,1	440,8	489,3	550,0										
Košnja dna		15,0	16,0	17,2	18,5	20,0	21,8	24,0	26,6	30,0										
Izmuljenje dna		25,0	26,7	28,6	30,8	33,3	36,4	40,0	44,0	50,0										

Izmuljenje dna MK-IV reda je računato za prosječnu dubinu $0,30$ m (prosječno $1,0$ m^2/m)

T-4. Površina košnje pokosa i bankina, košnje dna i izmujenje melioracijskih kanala IV reda (m²/ha) - za različite razmake, dubine i pokos kanala
 m = 1,5 (širina dna 0,60 m)

Dubina kanala m	Pokos i bank. m ² /m	Razmak	(m), gustoća (m ² /ha) i površina košnje pokosa i bankina (m ² /ha)									
			200	220	240	260	280	300	320	340	360	380
1,00	5,60	280,0	254,8	233,5	215,6	199,9	186,5	175,3	164,6	155,7	147,3	
1,10	5,96	298,0	271,2	248,5	229,5	212,8	198,7	186,6	175,2	165,7	156,8	
1,20	6,32	316,0	287,6	263,6	243,3	225,6	210,5	197,8	185,8	175,7	166,2	
1,30	6,68	334,0	303,9	278,6	257,2	238,5	222,4	209,1	196,4	185,7	175,7	
1,40	7,04	352,0	320,3	293,6	271,0	251,3	234,4	220,4	207,0	195,7	185,2	
1,50	7,40	270,0	336,7	308,6	284,9	264,2	246,4	231,6	217,6	205,7	194,6	
1,60	7,76	388,0	353,1	323,6	298,8	277,0	258,4	242,9	228,1	215,7	204,1	
1,70	8,12	406,0	369,5	338,6	312,6	289,9	270,4	254,2	238,7	225,7	213,6	
1,80	8,48	424,0	385,8	353,6	326,5	302,7	282,4	265,4	249,3	235,7	223,0	
1,90	8,84	442,0	402,0	368,6	340,3	315,6	294,4	276,7	259,9	245,8	232,5	
2,00	9,20	460,0	418,6	283,6	354,2	328,4	306,4	288,0	270,5	255,8	242,0	
2,10	9,56	478,0	435,0	398,7	368,1	341,3	318,4	299,2	281,1	265,8	251,4	
2,20	9,92	496,0	451,4	413,7	381,9	354,1	330,3	310,5	291,6	275,8	260,9	
2,30	10,28	514,0	467,7	428,7	395,8	367,0	342,3	321,8	302,2	285,8	270,4	
2,40	10,64	532,0	484,1	443,7	409,6	379,8	354,3	333,0	312,8	295,8	279,8	
košnja dna		30,0	27,3	25,0	23,1	21,4	20,0	18,8	17,6	16,7	15,8	
izmujenje dna		50,0	45,5	41,7	38,5	35,7	33,3	31,3	29,4	27,8	26,3	

T-5. Površina košnje pokosa i bankina, košnje dna i izmuljenja melioracijskih kanala IV reda (m^2/ha) - za različite razmake i dubine i pokos kanala $m = 2,00$ (širina dna kanala 0,60 m)

Dubina kanala m	Pokos i bank. m^2/m	Razmak (m), gustoća (m^2/ha) i površina košnje pokosa i bankine (m^2/ha)									
		200	220	240	260	280	300	320	340	360	380
1,00	6,48	324,0	294,8	270,2	249,5	231,3	215,8	202,8	190,5	180,1	170,4
1,10	6,93	346,5	315,3	289,0	266,8	247,4	230,8	216,9	203,7	192,7	182,3
1,20	7,38	369,0	335,8	307,7	284,1	263,5	245,8	231,0	217,0	205,2	194,1
1,30	7,82	391,0	355,8	326,1	301,1	279,2	260,4	244,8	229,9	217,4	205,7
1,40	8,27	413,5	376,3	344,9	318,4	295,2	275,4	258,9	243,1	229,9	217,5
1,50	8,72	436,0	396,8	363,6	335,7	311,3	290,4	272,9	256,4	242,4	229,3
1,60	9,17	458,5	417,2	382,4	353,0	327,4	305,4	287,0	269,6	254,9	241,2
1,70	9,62	481,0	437,7	401,2	370,4	343,4	320,4	301,1	282,8	267,4	253,0
1,80	10,06	503,0	457,7	419,5	387,3	359,1	335,0	314,9	295,8	279,7	264,6
1,90	10,51	525,5	478,2	438,3	404,6	375,2	350,0	329,0	309,0	292,2	276,4
2,00	10,96	548,0	498,7	457,0	422,0	391,3	365,0	343,0	322,2	304,7	288,2
2,10	11,41	570,5	519,2	475,8	439,3	407,3	380,0	357,1	335,5	317,2	300,0
2,20	11,86	593,0	539,6	494,6	456,6	423,4	395,0	371,2	348,7	329,7	311,9
2,30	12,30	615,0	559,7	512,9	473,6	439,1	409,6	385,0	361,6	341,9	323,5
2,40	12,75	637,5	580,1	531,7	490,9	455,2	424,8	399,1	374,9	354,5	335,3
2,50	13,20	660,0	600,6	550,4	508,2	471,2	440,0	413,2	388,1	367,0	347,2
košnja dna		30,0	27,3	25,0	23,1	21,4	20,0	18,8	17,6	16,7	26,3
izmuljenje dna		60,0	54,6	50,0	46,2	42,8	40,0	37,6	35,3	33,4	31,6

T-6. Površina košnje pokosa i bankina, košnja dna, izmuljenje dna melioracijskih kanala III reda za: dubinu od 1,50 do 3,00 m pokos stranica 1:1,50 i 1:2,00 i razmaka od 800 do 1000 m (širina dna 1,0 m).

Dubina MK-IIIr - m -	Bankina i pokos m ² /m	Razmak (m), gustoća (m/ha) i površina košnje (m ² /ha)				
		1200 m 12,0 m/ha	1100 m 11,0 m/ha	1000 m 10,0 m/ha	900 m 9,0 m/ha	800 m 8,0 m/ha
1,50	7,40	88,8	81,4	74,0	66,6	59,2
	8,72	104,6	95,2	87,2	78,5	69,8
1,60	7,76	93,1	85,4	77,6	69,8	62,1
	9,17	110,0	100,9	91,7	82,5	73,4
1,70	8,12	97,4	89,3	81,2	73,1	65,0
	9,62	115,4	105,8	96,2	86,6	77,0
1,80	8,48	101,8	93,3	84,8	76,3	67,9
	10,06	120,7	110,7	100,6	90,5	80,5
1,90	8,84	106,1	97,2	88,4	79,6	70,7
	10,51	126,1	115,6	105,1	94,6	84,1
2,00	9,20	110,4	101,2	92,0	82,8	73,6
	10,96	131,5	120,6	109,6	98,6	87,7
2,10	9,56	114,7	105,2	95,6	86,0	76,5
	11,41	136,9	125,5	114,1	102,7	91,3
2,20	9,92	119,0	109,1	99,2	85,3	79,4
	11,86	142,3	130,5	118,6	106,7	94,9
2,30	10,28	123,4	113,1	102,8	92,5	82,2
	12,30	147,6	135,3	123,0	110,7	98,4
2,40	10,64	127,7	117,0	106,4	95,8	85,1
	12,75	153,0	140,3	127,5	114,8	102,0
2,50	11,0	132,0	121,0	110,0	99,0	88,0
	13,20	158,4	145,2	132,0	118,8	105,6
2,60	11,36	136,3	125,0	113,6	102,2	90,9
	13,65	163,8	150,2	136,5	122,9	109,2
2,70	11,72	140,6	128,9	117,2	105,5	93,8
	14,10	169,2	155,1	141,0	126,9	112,8
2,80	12,08	145,0	132,9	120,8	108,7	96,6
	14,54	174,5	159,9	145,4	130,9	116,3
2,90	12,44	149,3	112,0	124,4	112,0	99,5
	14,99	179,9	164,9	149,9	134,9	119,9
3,00	12,80	153,6	140,8	128,0	115,2	102,4
	15,44	185,3	169,8	154,4	139,0	123,5
Košnja dna		12,00	11,00	10,00	9,00	8,00
Izmuljenje dna		21,00 24,00	19,25 22,00	17,50 20,00	15,75 18,00	14,00 16,00

Izmuljenje dna MK-III reda je računato prosječne dubine 0,50 m (1,75 m²/m i 2,00 m²/m).

U prvom redu su vrijednosti za pokos stranica m = 1,50 a u drugom za m = 2,00.

Mjerodavne cijene rada: Košnja pokosa i bankina 0,035 DEM/m², košnja dna kanala 0,145 DEM/m², izmuljenje dna kanala 1,550 DEM/m²

T-7. Ukupna površina jednokratne košnje pokosa i bankina, košnja dna i izmuljenje melioracijskih kanala III i IV reda (m^2/ha) - za redovno održavanje hidromelioracijskih sustava površinske odvodnje

MK - III r.		MK - IV r.		Količina košnje pokosa i bankina, dna i izmuljenje kanala za razmake							
dubina m	površina m^2/m	dubina m	površ. m^2/m	MK-III r - 28,6 m/ha	325 m 30,8 m/ha	300 m 33,3 m/ha	275 m 36,4 m/ha	250 m 40,0 m/ha	225 m 44,4 m/ha	200 m 50,0 m/ha	
1,80	8,48	1,30	6,68	275,9	290,5	307,2	328,0	352,0	381,4	422,8	
1,90	8,84	1,40	7,04	289,7	305,2	322,8	344,7	370,0	401,0	440,4	
2,00	9,20	1,50	7,40	303,6	319,9	338,4	361,4	388,0	420,6	462,0	
2,10	9,56	1,60	7,76	317,5	334,6	354,0	378,1	406,0	440,1	483,6	
2,20	9,92	1,70	8,12	331,4	349,3	369,6	394,8	424,0	459,7	505,2	
2,30	10,28	1,80	8,48	345,3	364,0	385,2	411,5	442,0	479,3	526,8	
2,40	10,64	1,90	8,84	359,2	378,7	400,8	428,2	460,0	498,9	548,4	
2,50	11,00	2,00	9,20	373,1	393,4	416,4	444,9	478,0	518,5	570,0	
2,60	11,36	2,10	9,56	387,0	408,1	432,0	461,6	496,0	538,1	591,6	
2,70	11,72	2,20	9,92	400,9	422,7	447,5	478,3	514,0	557,7	613,2	
2,80	12,08	2,30	10,28	414,8	437,4	463,1	495,0	532,0	577,2	634,8	
Košnja dna	MK-III i MK-IV r.			27,2	28,5	30,0	31,8	34,0	36,6	40,0	
Izmuljenje dna	MK-III i MK-IV r.			46,1	48,3	50,8	53,9	57,5	61,5	67,5	

Širina dna MK-III reda je 1,00 m, a MK-IV reda je 0,60 m, pokos stranica 1:1,50.

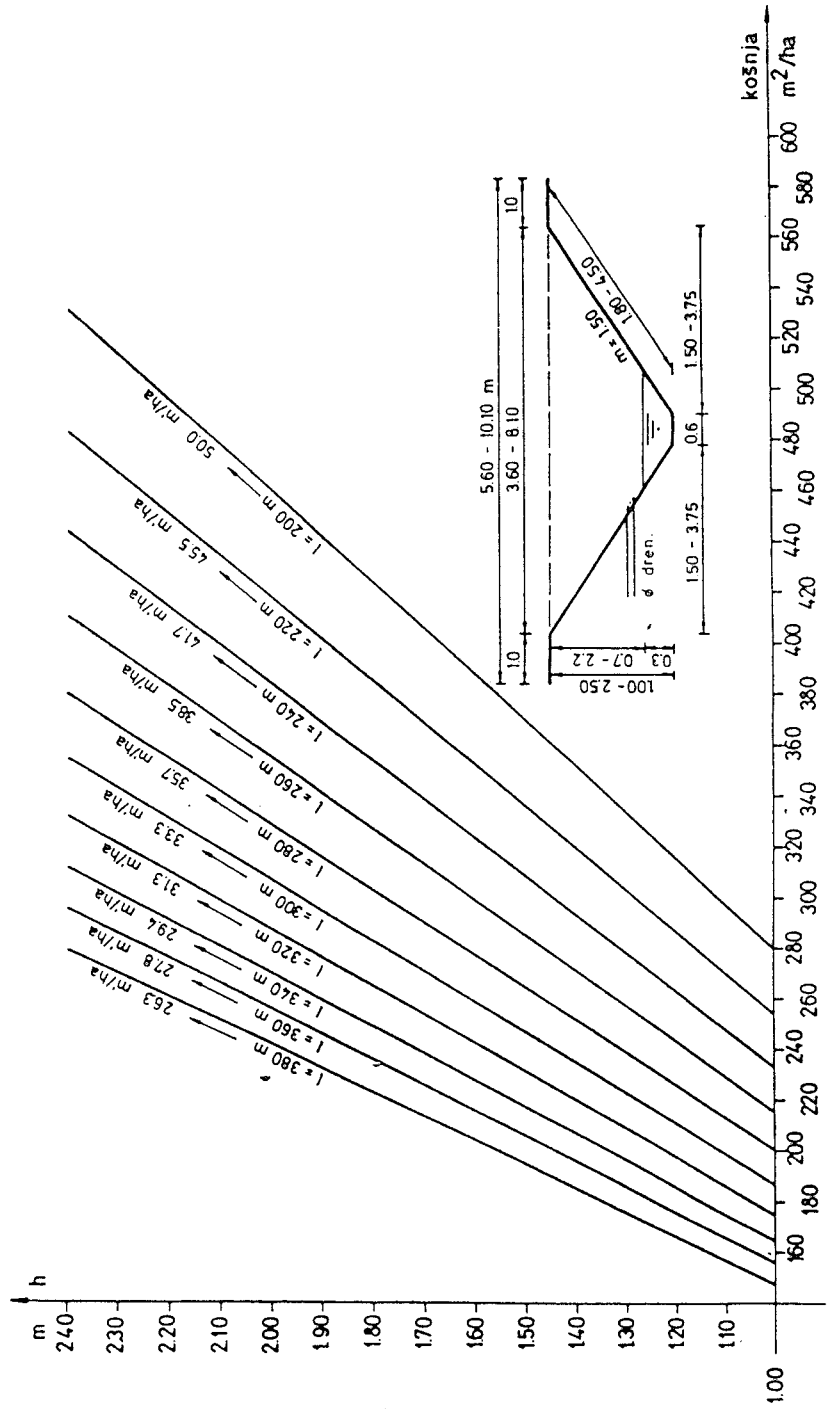
Prosječna dubina izmuljenja MK-III reda je 0,50 m (1,75 m^2/m) a MK-IV reda 0,30 m (1,0 m^2/m).

Razmak melioracijskih kanala III reda je 1000 m, a prosječna gustoća 10,0 m/ha.

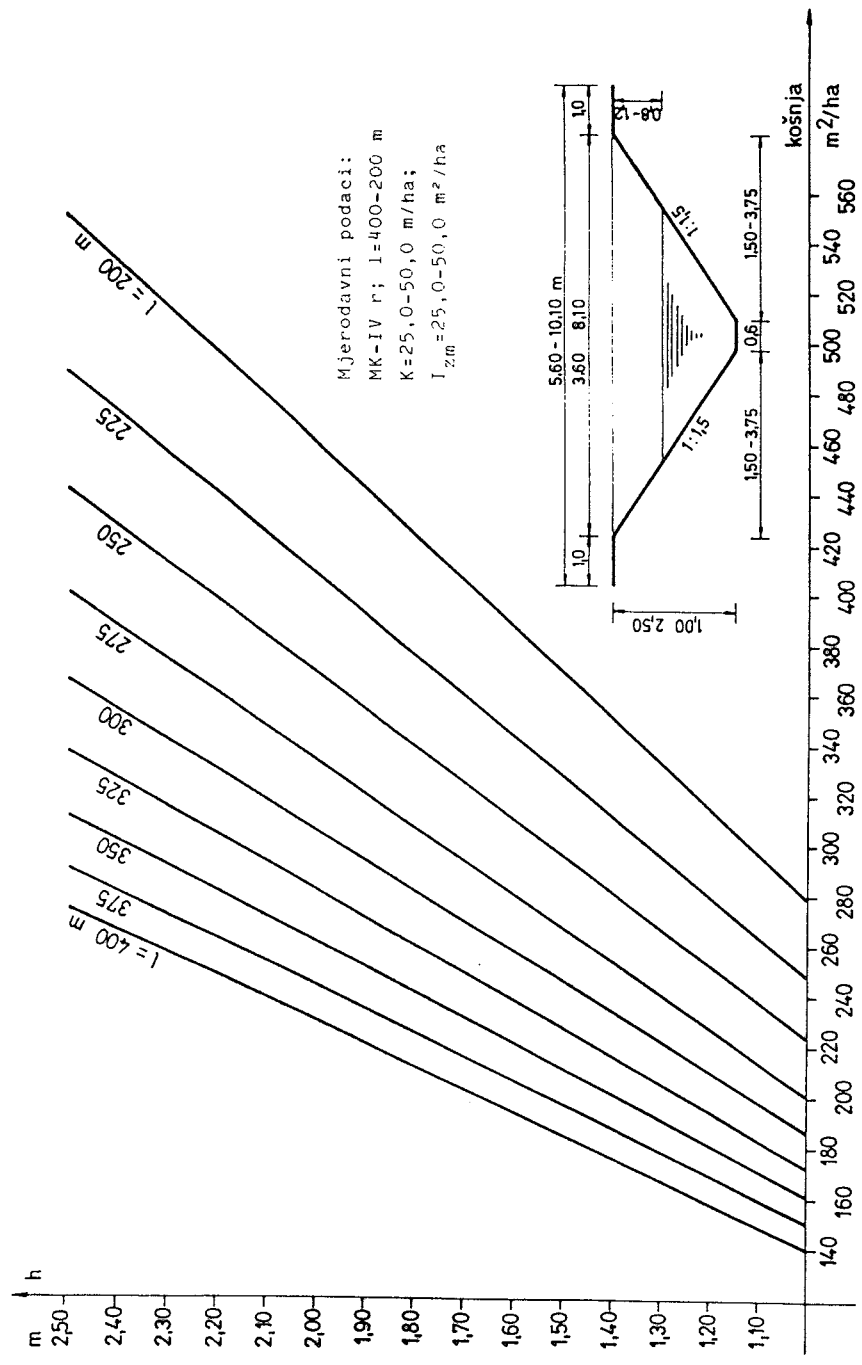
Dužina pokosa stranica MK-IV reda je od 2,35 m do 4,15 m, a gornja širina od 4,50 do 7,50 m.

Dužina pokosa stranica MK-III reda je od 3,25 do 5,05 m, a gornja širina od 6,40 do 9,40 m.

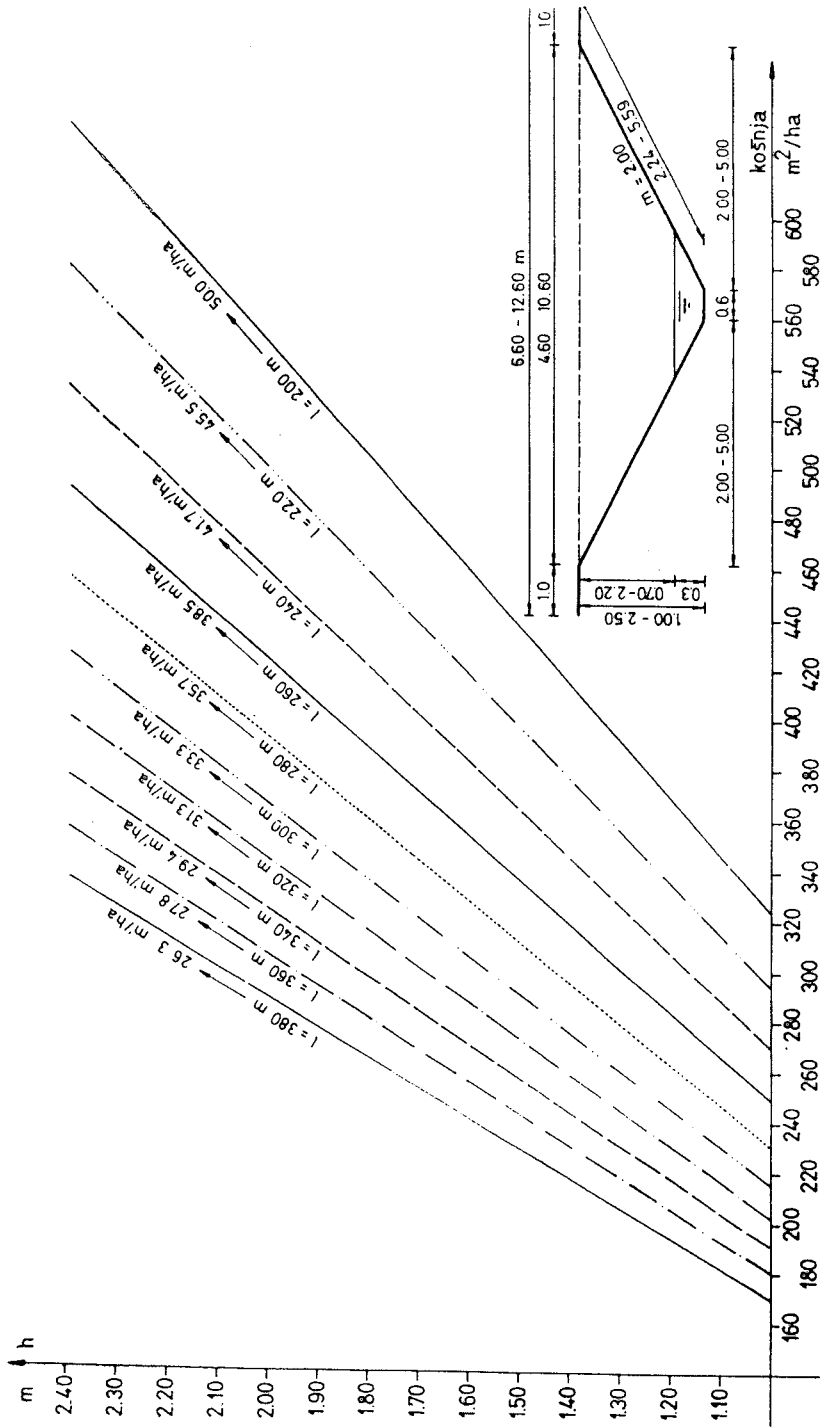
SI. 10. KOŠNJA POKOSA I BANKINA MELIORACIJSKIH KANALA IV REDA ZA RAZLIČITE RAZMAKE, DUBINE I POKOS STRANICA KANALA
 $m=1.50$.



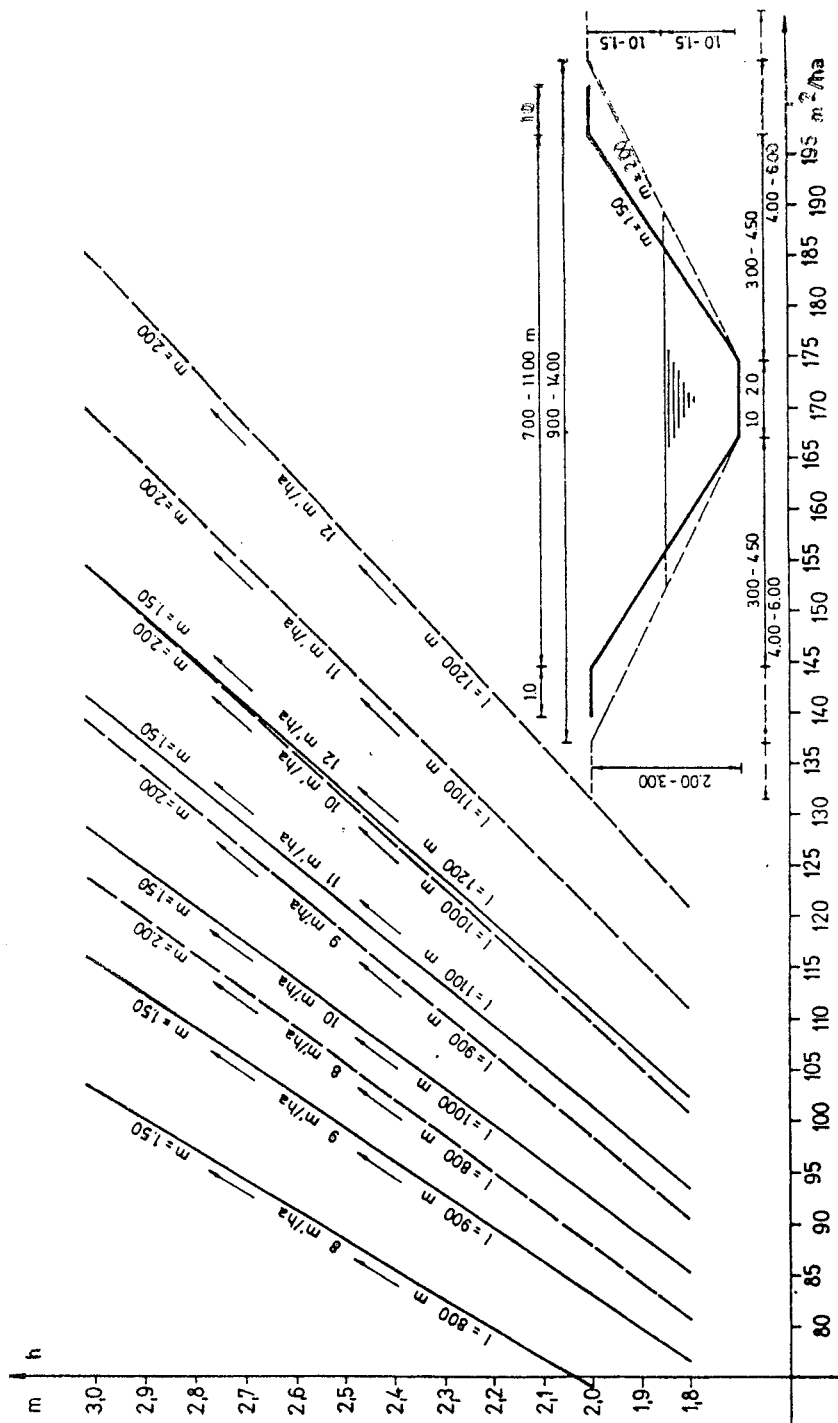
Sl. 11. KOŠNJA POKOSA I BANKINA MELIORACIJSKIH KANALA IV REDA ZA DUBINE OD 1,00 DO 2,50 m, POKOS STRANICA 1:1,50, RAZMAK OD 200 DO 400 m ($\Delta l=25m$).



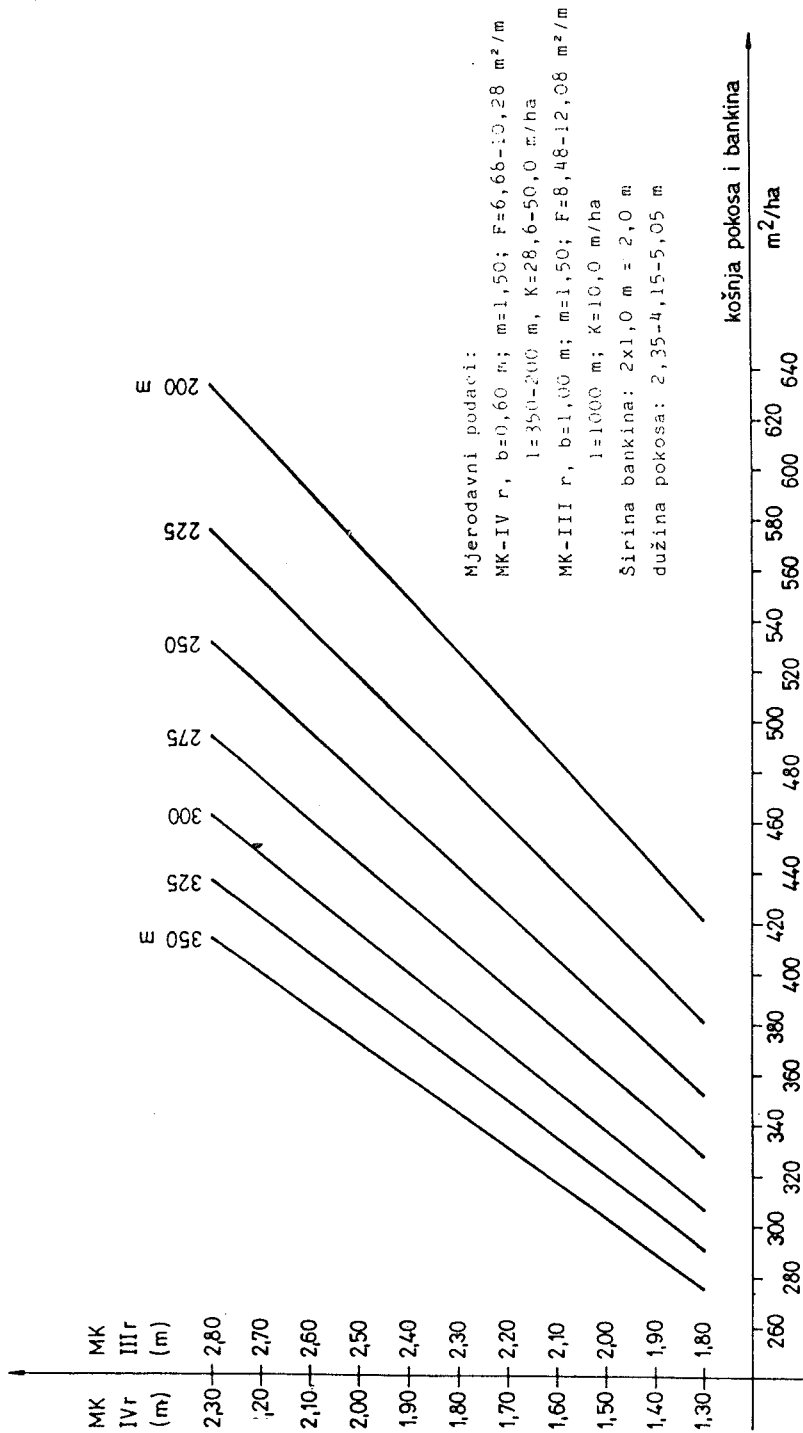
SI. 12. KOŠNJA POKOSA I BANKINA MELIORACIJSKIH KANALA ZA RAZLIČITE RAZMAKE I DUBINE I POKOS STRANICA KANALA $m=2.00$.



Sl. 13. KOŠNJA POKOSA I BANKINA MELIORACIJSKIH KANALA III REDA, za dubine 2.00-3.00 m; širine dna 1.00-2.00 m; pokos stranica $m=1.50-2.00$.



Sl. 14. UKUPNA KOŠNJA POKOSA I BANKINA MELIORACIJSKIH KANALA III I IV REDA ZA REDOVNO ODRŽAVANJE SUSTAVA POVRŠINSKE ODVODNJE



5. Vrste i jedinične cijene glavnih radova redovnog održavanja kanala III i IV reda

U procesu redovnog održavanja hidromelioracijskih sustava površinske odvodnje najveće značenje, po količinama i vrijednosti, imaju poslovi košnje kompletnog profila i izmuljenja dna melioracijskih kanala III i IV reda. Međutim, za funkcioniranje proticajnih profila ne smiju se zanemariti niti ostali poslovi, koji se prvenstveno odnose na čišćenje tipskih propusta, ali i na održavanje ostalih objekata u profilu kanala.

Iz analize projektno-izvedbenih elemenata hidromelioracijskih objekata i sustava i troškova njihovog održavanja u Hrvatskoj u periodu od 1976. do 1990. god. daje se opis i prosječne cijene glavnih radova njihovog redovnog održavanja:

1. Jednokratna košnja pokosa i bankina melioracijskih kanala.
Rad motornim kosilicama s ručnim skupljanjem i uklanjanjem iz profila kanala ili paljenjem 0,035 DEM/m²
2. Jednokratna košnja dna melioracijskih kanala. Rad ručno s uklanjanjem izvan profila kanala 0,145 DEM/m²
3. Izmuljenje dna melioracijskih kanala IV reda do 0,30 i III reda do 0,50 m nanosa - prosječno 1,550 DEM/m²
 - 3.1. Rad kanaločistačima (65%) 1,280 DEM/m²
 - 3.2. Rad bagerima "hidraulik" (35%) 1,000 DEM/m²
 - 3.3. Razastiranje nanosa - izmuljenog materijala iz melioracijskih kanala.
Rad dozerima s transportom do 10 m 0,370 DEM/m²
4. Čišćenje nanosa iz tipskih cijevnih i pločastih propusta na melioracijskim kanalima III i IV reda.
Rad ručno - s prijevozom do 10 m na visinu do 3,0 m.
 - 4.1. Propusti do promjera 100 cm 187,60 DEM/m³
 - 4.2. Pločasti propusti otvora do 4,0 m 102,80 DEM/m³
5. Ručno čišćenje nanosa iz kanala na dionicama gdje nije moguće strojevima.
Prijevoz ručnim kolicima do 10 m na visinu do 3,0 m. 82,40 DEM/m³
6. Ručna košnja trave gdje nije moguće strojevima i oko izljeva drenskih cijevi (3-5 m²/izljeva) 0,105 DEM/m²
7. Ručna košnja vodenog bilja uz prisustvo vode do 0,30 m - sa uklanjanjem iz profila kanala 0,160 DEM/m²
8. Ostali poslovi koji se po potrebi obavljaju na melioracijskim kanalima za održavanje njihovog proticajnog profila. Rad ručno.
 - 8.1 . Polukvalificirani radnici R-II 22,90 DEM/sat

Satnice ostalih radnika primjenjuju se na osnovu važećih odnosa za pojedinu kvalifikaciju radnika - od R-I do R-VIII, a to je:

1,00-1,20; 1, 30-1,45; 1, 60-1,80; 1,95-2,20. Prosječan iznos faktora (rujan 1990.g.) za odnos bruto i neto satnice je 6,10 (1,90x3,20).

Pored jediničnih cijena za osnovne radove redovnog održavanja, u praksi se pojavljuje i potreba izvedbe interventnih radova. To se prvenstveno događa u periodu učestalih oborina jačeg intenziteta, odnosno dužeg trajanja većih proticaja i nastalih oštećenja u profilu melioracijskih objekata kao i objekata na njima.

Kod neredovitog održavanja kanala, a posebno neizvršavanja košnje, dolazi do razvoja vegetacije koju je moguće uklanjati radom motornih pila. To se odnosi na šiblje i ostalo raslinje debljine do 5 cm; jedinična cijena određuje se na osnovu gustoće i profila kanala, a prosječna cijena je 0,,245 DEM/m². U cijenu je uračunata sječa raslinja motornim pilama, s ručnim skupljanjem i uklanjanjem izvan profila kanala (ili paljenjem).

Poseban problem je izmuljenje odnosno čišćenje cijevnih propusta zbog otežanih uvjeta ručnog rada. Zato je to znatno efikasnije raditi odgovarajućim strojevima, koji rade crpkama i vodom, odnosno putem tlačnog ispiranja.

6. Vrijednost radova redovnog održavanja hidromelioracijskih sustava površinske gravitacijske odvodnje

Na osnovu elemenata melioracijskih kanala i njihovog utjecaja na količine pojedinih radova, kao i prosječnih jediničnih cijena za normalne uvjete rada, izvršeni su odgovarajući proračuni te dati numerički podaci i grafički pokazatelji za:

- vrijednosti poslova redovnog održavanja hidromelioracijskih sustava površinske odvodnje. Predočeni tabelarni i grafički prikazi sastavni su dijelovi kako tehničkih, tako i finansijskih normi za redovno održavanje hidromelioracijskih sustava, pa se daju i odgovarajuća osnovna objašnjenja.

Tabela 8: - Vrijednost jednokratne košnje pokosa i bankina, košnja dna i izmuljenje dna melioracijskih kanala IV reda za:

- razmake od 200 do 400 m - na svakih 25 m
- dubine od 1,00 do 2,50 m - na svakih 0,10 m
- širine dna 0,60 m i pokos stranica $m=1,50$
- Vrijednost radova jednokratne košnje i bankine kanala je od 4,90 do 19,25 DEM/ha,
- Košnja dna MK-IV reda je od 2,18 do 4,35 DEM/ha,
- Izmuljenje dna kanala je od 38,75 do 77,50 DEM/ha, a obzirom da se izvodi u prosjeku svake četvrte godine - prosječni godišnji troškovi su od 9,69 do 13,38 DEM/ha.

T-8. Vrijednost jednokratne košnje pokosa i bankina, košnje dna i izmuljenja dna melioracijskih kanala IV reda za: razmake od 400 do 200 m, dubine od 1,00 do 2,50 m širinu dna 0,60 m i pokos stranica 1:1,50 (DEM/ha).

Dubina kanala - m -	Pokos i bankine m ² /m	Vrijednost košnje bankina i pokosa, košnje dna i izmuljenje dna MK-IV-reda DEM/ha									
		400 m 25,0 m/ha	375 m 26,7 m/ha	350 m 28,6 m/ha	325 m 30,8 m/ha	300 m 33,3 m/ha	275 m 36,4 m/ha	250 m 40,0 m/ha	225 m 44,4 m/ha	200 m 50,0 m/ha	
1,00	5,60	4,90	5,23	5,60	6,04	6,53	7,13	7,84	8,70	9,80	
1,10	5,96	5,22	5,57	5,97	6,43	6,95	7,59	8,34	9,33	10,43	
1,20	6,32	5,53	5,90	6,33	6,82	7,37	8,05	8,84	9,87	11,06	
1,30	6,68	5,85	6,24	6,68	7,19	7,78	8,51	9,35	10,38	11,69	
1,40	7,04	6,16	6,58	7,05	7,58	8,20	8,97	9,85	10,94	12,32	
1,50	7,40	6,47	6,92	7,40	7,97	8,63	9,42	10,36	11,50	12,95	
1,60	7,76	6,79	7,25	7,76	8,36	9,04	9,88	10,86	12,05	13,58	
1,70	8,12	7,11	7,58	8,13	8,75	9,46	10,34	11,36	12,61	14,21	
1,80	8,48	7,42	7,92	8,48	9,14	9,88	10,80	11,87	13,17	14,84	
1,90	8,84	7,74	8,26	8,85	9,53	10,30	11,26	12,38	13,73	15,47	
2,00	9,20	8,05	8,59	9,14	9,91	10,72	11,72	12,88	14,29	16,10	
2,10	9,56	8,36	8,94	9,57	10,30	30,52	12,18	13,38	14,86	16,73	
2,20	9,92	8,68	9,27	9,93	10,69	11,56	12,67	13,88	15,42	17,36	
2,30	10,28	8,99	9,60	10,29	11,08	11,98	13,09	14,39	15,97	17,99	
2,40	10,64	9,31	9,94	10,65	11,47	12,40	13,55	14,89	16,53	18,62	
2,50	11,02	9,63	10,29	11,03	11,87	12,84	14,03	15,43	17,13	19,25	
Košnja dna		2,175	2,320	2,494	2,683	2,900	3,161	3,480	3,857	4,350	
Izmuljenje dna		38,75	41,39	44,33	47,74	51,62	56,42	62,00	68,20	77,50	
Izmuljenje dna svake 4 godine		9,69	10,35	11,08	11,94	12,91	14,11	15,50	17,05	19,38	

Mjerodavni elementi: Košnja pokosa i bankina kanala 0,035 DEM/m²

Košnja dna melioracijskih kanala IV reda 0,145 DEM/m²

Izmuljenje dna melioracijskih kanala IV reda 1,550 DEM/m² (prosječne dubine 0,30 m) (65% kanaločistačima 1,280 DEM/m² i 35% bagerima hidraulik 1,00 DEM/m² a dozera 0,37.

Slika 15 - Za iste elemente kanala kao u tabeli 8, dati su odgovarajući grafički pokazatelji jednokratne košnje pokosa, bankina i dna kanala te izmuljenje dna melioracijskih kanala IV reda.

Tabela 9: – Vrijednost jednokratne košnje bankina i pokosa, košnje dna i izmuljenja dna melioracijskih kanala III reda za:

- razmake od 800 do 1200 m - na svakih 100 m
 - dubine od 1,50 do 3,00 m - na svakih 0,10 m
 - širinu dna 1,00 m i nagib pokosa stranica $m = 1,50-2,00$.
- Vrijednost košnje pokosa i bankina kanala je od 2,07 do 5,38 odnosno od 2,44 do 6,49 DEM/ha,
- Košnja dna MK-III reda je od 1,16 do 1,74 DEM/ha
- Izmuljenje dna MK-III reda je od 21,70 do 32,55 DEM/h
odnosno od 24,80 do 37,20 DEM/ha, a obzirom da se izvodi u prosjeku svake četvrte godine - prosječni godišnji troškovi izmuljenja dna MK-III reda su od 5,43 do 8,14 odnosno od 6,20 do 9,30 DEM/ha.

Tabela 10: Ukupna vrijednost jednokratne košnje pokosa, bankina i dna melioracijskih kanala IV i III reda sustava površinske odvodnje za:

MK-IV reda: $l=200-350m$, $l=25m$, $K=28,6-50,0m/ha$, $h=1,30-2,30m$, $b=0,60m$, $m=1,50$,

MK-III reda: $l=1000m$, $K=10,0m/ha$, $h=1,80-2,80m$, $b=1,00m$, $m=1,50$.

- Jednokratna košnja pokosa i bankina MK-IV i III reda je od 9,66 do 22,22 DEM/ha
- Jednokratna košnja dna kanala je od 3,95 do 5,80 DEM/ha
- Izmuljenje dna kanala je od 71,46 do 104,63 DEM/ha
- odnosno prosječno godišnje od 17,87 do 26,16 DEM/ha

Slika 16 - Za elemente melioracijskih kanala IV i III reda kao u tabeli 10, dati su odgovarajući grafički pokazatelji za jednokratnu košnju pokosa, bankina i dna, te izmuljenje dna svake četvrte godine.

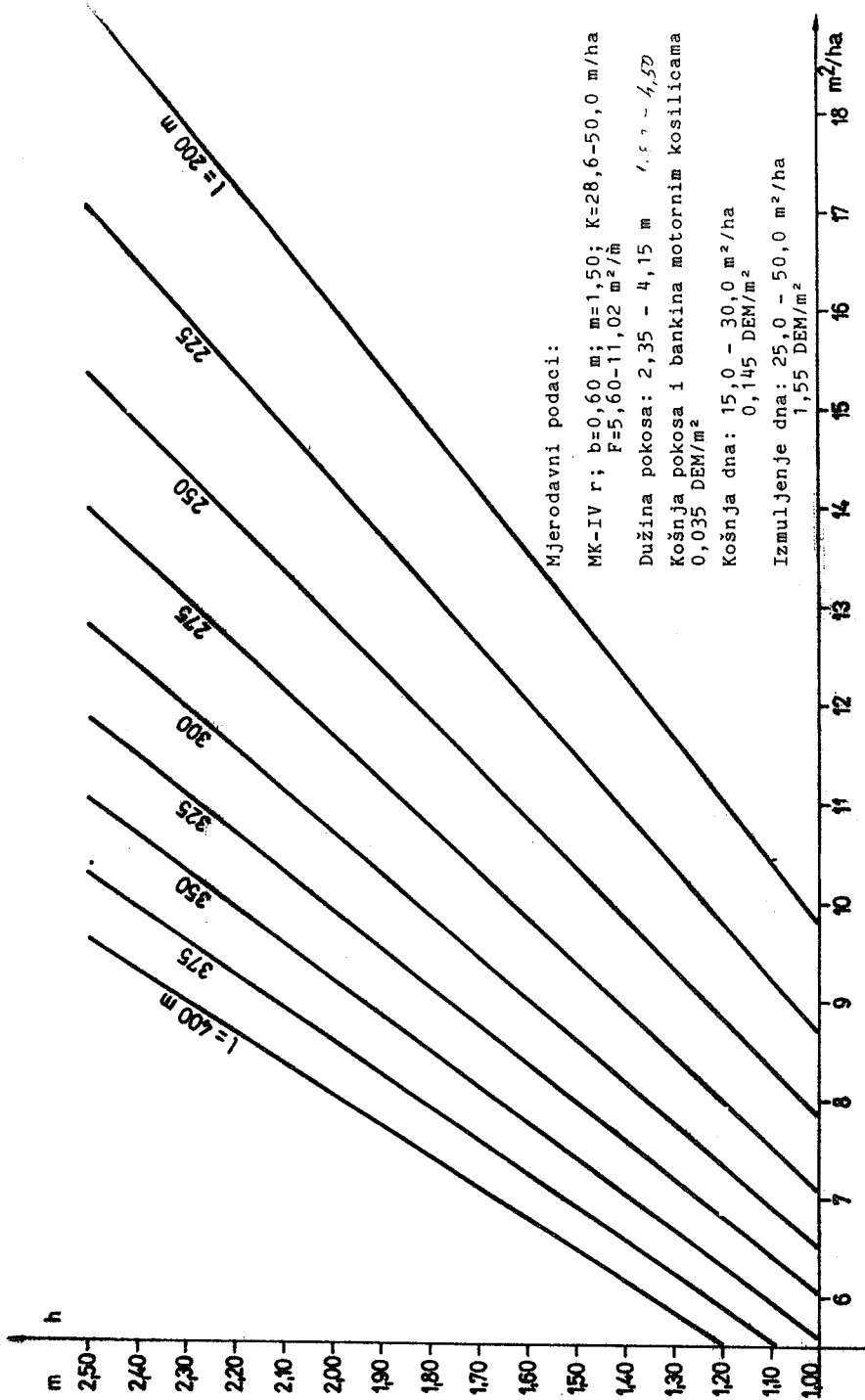
Tabela 11 i slika 17 - Ukupna vrijednost redovnog održavanja melioracijskog kanala IV i III reda za elemente kao u tabeli 10.

Ukupna vrijednost radova odnosi se na slijedeće:

- 1,5 puta košnja pokosa, bankina i dna MK-IV i III reda svake godine (od jedan do dva puta godišnje)
- izmuljenje dna MK-III i IV reda u prosjeku svake četvrte godine.

Tabela 12 - ekvivalentan iznos pšenice (dt/ha) za ukupnu vrijednost poslova redovnog održavanja melioracijskih kanala III i IV reda - prema iznosima datim u tabeli 11 i prosječnoj vrijednosti pšenice 32,00 DEM/dt.

SI. 15. VRIJEDNOST JEDNOKRATNE KOŠNJE POKOSA I BANKINA MELIORACIJSKIH KANALA IV REDA ZA RAZMAKE OD 200 DO 400 m
($\Delta l = 25\text{m}$)



T-9. Vrijednost jednokratne košnje bankina i pokosa, košnje dna i izmuljenja dna melioracijskih kanala III reda za: dubinu od 1,50 do 3,00 m, pokos stranica 1:1,50 i 1:2,00, za širinu dna 1,00 m i razmak od 800 do 1200 m (DEM/ha).

Dubina MK-III r. m	Bankina i pokos m ² /m	Vrijednost košnje i izmuljenja MK-III reda DEM/ha				
		1200 m 12,0 m/ha	1100 m 11,0 m/ha	1000 m 10,0 m/ha	900 m 9,0 m/ha	800 m 8,0 m/ha
1,50	7,40	3,11	2,85	2,59	2,33	2,07
	8,72	3,66	3,33	3,05	2,75	2,44
1,60	7,76	3,26	2,99	2,72	2,44	2,17
	9,17	3,85	3,53	3,20	2,88	2,56
1,70	8,12	3,40	3,12	2,84	2,56	2,27
	9,62	4,04	3,70	3,36	3,03	2,69
1,80	8,48	3,56	3,26	2,97	2,67	2,37
	10,06	4,22	3,87	3,52	3,16	2,81
1,90	8,84	3,71	3,40	3,09	2,78	2,47
	10,51	4,42	4,04	3,67	3,31	2,94
2,00	9,20	3,86	3,55	3,22	2,89	2,57
	10,96	4,60	4,22	3,35	3,45	3,06
2,10	9,56	4,02	3,68	3,34	3,01	2,67
	11,41	4,79	4,39	3,99	3,59	3,19
2,20	9,92	4,16	3,82	3,47	3,13	2,77
	11,86	4,98	4,57	4,15	3,73	3,32
2,30	10,28	4,31	3,96	3,59	3,24	2,87
	12,30	5,16	4,74	4,30	3,87	3,44
2,40	10,64	4,47	4,09	3,72	3,35	2,97
	12,75	5,35	4,91	4,46	4,02	3,57
2,50	11,00	4,62	4,23	3,85	3,46	3,08
	13,20	5,54	5,08	4,62	4,16	3,69
2,60	11,36	4,77	4,37	3,97	3,57	3,18
	13,65	5,73	5,25	4,77	4,30	3,82
2,70	11,72	4,92	4,51	4,09	3,69	3,28
	14,10	5,92	5,43	4,93	4,44	3,95
2,80	12,08	5,07	4,65	4,23	3,80	3,38
	14,54	6,11	5,59	5,08	4,58	4,07
2,90	12,44	5,22	3,92	4,35	3,92	3,48
	14,99	6,29	5,77	5,25	4,72	3,19
3,00	12,80	5,38	4,93	4,48	4,03	3,58
	15,44	6,49	5,94	5,39	4,86	4,32
Košnja dna		1,740	1,595	1,145	1,305	1,160
Izmuljenje dna MK-III r.		32,55 37,20	29,84 34,10	27,13 31,00	24,41 27,90	21,70 24,80
Izmuljenje svake 4 godine		8,14 9,30	7,46 8,53	6,78 7,75	6,10 6,98	5,43 6,20

Izmuljenje dna MK-III reda računato je s prosječnom dubinom 0,50 m (1,75 m²/m i 2,00 m²/m).

U prvom redu su vrijednosti za pokos 1:1,50, a u drugom redu za pokos stranica kanala 1:2,00.

T-10. Ukupna vrijednost jednokratne košnje pokosa i bankina, košnje dna i izmuljenja dna melioracijskih kanala III i IV reda - sustava površinske odvodnje (DEM/ha).

MK-III reda dubina m	MK-IV reda dubina m	površ. m ² /m	Prosječna vrijednost košnje pokosa i bankina dna i izmuljenja za MK-III reda razmaka 1000 m i MK-IV reda od 350 do 200 m (DEM/ha).							
			350 m 28,6 m/ha	325 m 30,8 m/ha	300 m 33,3 m/ha	275 m 36,4 m/ha	250 m 40,0 m/ha	225 m 44,4 m/ha	200 m 50,0 m/ha	
1,80	8,48	6,68	9,66	10,17	10,76	11,48	12,32	13,35	14,78	
1,90	8,84	7,04	10,14	10,69	11,30	12,07	12,95	14,04	15,41	
2,00	9,20	7,40	10,62	11,20	11,85	12,65	13,58	14,72	16,17	
2,10	9,56	7,76	11,12	11,72	12,39	13,24	14,21	15,40	16,93	
2,20	9,92	8,12	11,60	12,23	12,94	13,82	14,84	16,09	17,68	
2,30	10,28	8,48	12,09	12,74	13,49	14,40	15,47	16,78	18,44	
2,40	10,64	8,84	12,57	13,26	14,03	14,99	16,10	17,46	19,19	
2,50	11,00	9,20	13,06	13,77	14,58	15,57	16,73	18,15	19,95	
2,60	11,36	9,56	13,55	14,29	15,12	16,16	17,36	18,84	20,70	
2,70	11,72	9,92	14,03	14,80	15,67	16,75	17,99	19,52	21,48	
2,80	12,08	10,28	14,52	15,31	16,21	17,33	18,62	20,20	22,22	
Košnja dna MK-III r. i MK-IV r.			3,944	4,133	4,350	4,611	4,930	5,307	5,800	
Izmuljenje dna MK-III r. i MK-IV reda			71,46	74,87	78,75	83,55	89,13	95,33	104,63	
Izmuljenje dna svake 4 godine			17,87	18,72	19,69	20,89	22,28	23,83	26,16	

Mjerodavni elementi: MK-III reda, 1 = 1000 m, b = 1,00 m, h = 1,80-2,80 m, K = 10,0 m/h, m = 1,50

MK-IV reda, 1 = 350-200 m, b = 0,60 m, h = 1,30-2,30 m, K = 28,6- 50,0 m/ha, m = 1,50

Košnja pokosa i bankina MK-III i IV reda 0,035 DEM/m²

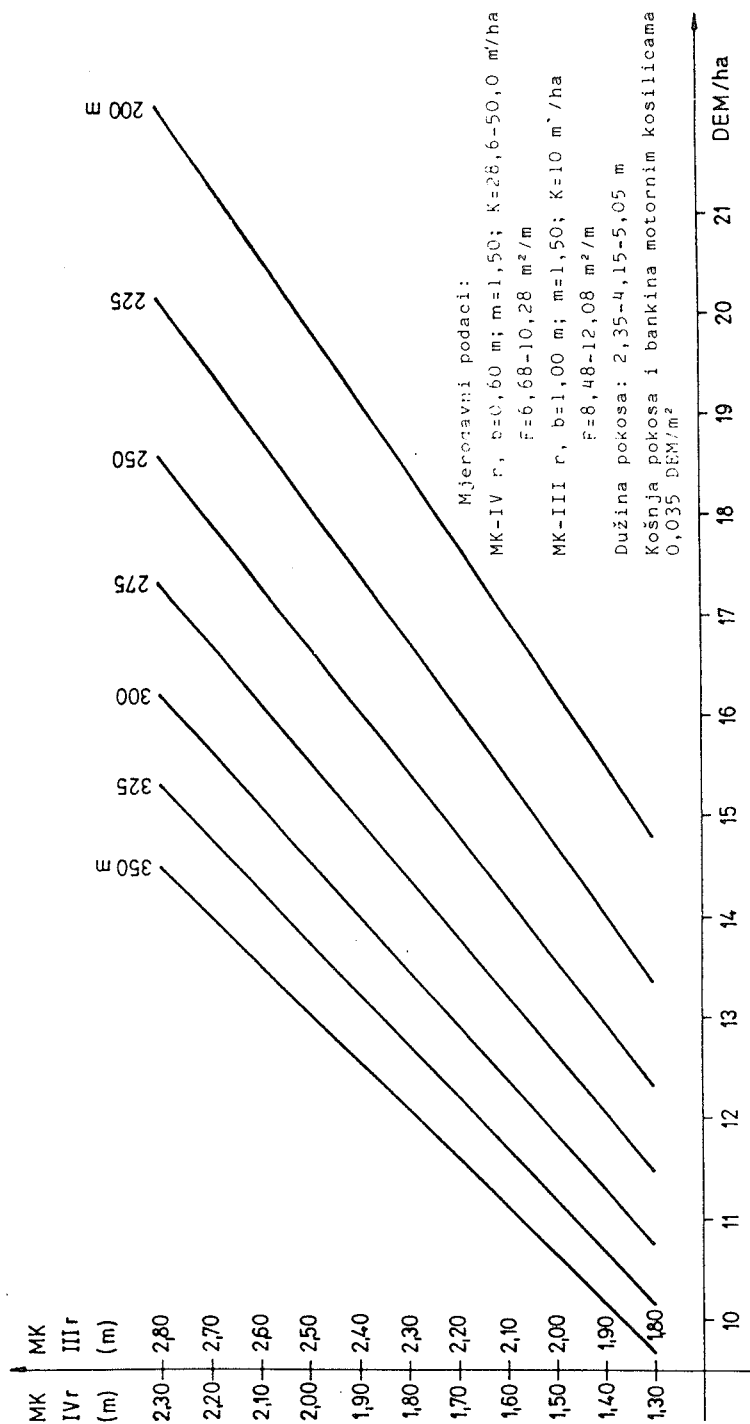
Košnja dna MK-III i MK-IV reda 0,145 DEM/m²

Izmuljenje dna MK-III i MK-IV reda 1,18 DEM/m²

a razastiranjem materijala - o,37 DEM/(m²) - ukupno 1,55 DEM/m²

Prosječna dubina izmuljenja MK-III rda - 0,50 m, MK-IV r. - 0,30 m.

SI. 16. UKUPNA VRIJEDNOST JEDNOKRATNE KOŠNJE POKOSA I BANKINA MELIORACIJSKIH KANALA III I IV REDA.



T-11. Ukupna vrijednost redovnog održavanja melioracijskih kanala III i IV reda sustava površinske odvodnje (DEM/ha)

MK - III reda		MK - IV reda		Ukupna vrijednost radova redovnog održavanja MK-III i MK-IV reda - košnji:												
dubina	površ.	dubina	površ.	350 m	325 m	300 m	275 m	250 m	225 m	200 m	175 m	150 m	125 m	100 m	75 m	50 m
- m -	m ² /m	- m -	m ² /m	m/ha	m/ha	m/ha	m/ha	m/ha	m/ha	m/ha	m/ha	m/ha	m/ha	m/ha	m/ha	m/ha
1,80	8,48	1,30	6,68	38,27	40,17	42,36	45,03	48,16	51,83	57,03	62,23	67,43	72,63	77,83	83,03	88,23
1,90	8,84	1,40	7,04	38,99	40,95	43,12	45,92	49,11	52,86	57,98	63,10	68,22	73,34	78,46	83,58	88,70
2,00	9,20	1,50	7,40	39,71	41,71	44,00	46,79	50,05	53,88	59,12	64,36	69,60	74,84	80,08	85,32	90,56
2,10	9,56	1,60	7,76	40,46	42,49	44,81	47,67	51,00	54,90	60,26	65,62	70,98	76,34	81,70	87,06	92,42
2,20	9,92	1,70	8,12	41,18	43,26	45,63	46,54	51,94	55,94	61,38	66,82	72,26	77,70	83,14	88,58	94,02
2,30	10,28	1,80	8,48	41,92	44,02	46,46	49,41	52,89	56,97	62,52	68,06	73,60	79,14	84,68	90,22	95,76
2,40	10,64	1,90	8,84	42,64	44,80	47,27	50,30	53,83	57,99	63,65	69,30	75,00	80,70	86,40	92,10	97,80
2,50	11,00	2,00	9,20	43,37	45,57	48,09	51,17	54,78	59,03	64,79	70,50	76,20	82,00	87,80	93,60	99,40
2,60	11,36	2,10	9,56	44,11	46,35	48,90	52,05	55,72	60,06	65,91	71,76	77,60	83,44	89,28	95,12	100,96
2,70	11,72	2,20	9,92	44,83	47,11	49,73	52,94	56,67	61,08	67,08	73,08	79,08	85,08	91,08	97,08	103,08
2,80	12,08	2,30	10,28	45,56	47,88	50,54	53,81	57,61	62,10	68,19	74,28	80,37	86,46	92,55	98,64	104,73

Mjerodavni podaci: MK-III r, 1 = 1000 m, K=10, Om/ha, b=1,00 m, h=1,80-2,80 m, m=1,50

Mki-iv r, 1 = 350-200 m, k=28,6-50,0 m/ha, h=1,30-2,30 m, m=1,50

Dužina pokosa: 2,35-4,15-5,05 m

Jednokratna košnja pokosa i bankina kanala: 0,035 DEM/m² (računato 1,5 puta godišnje)

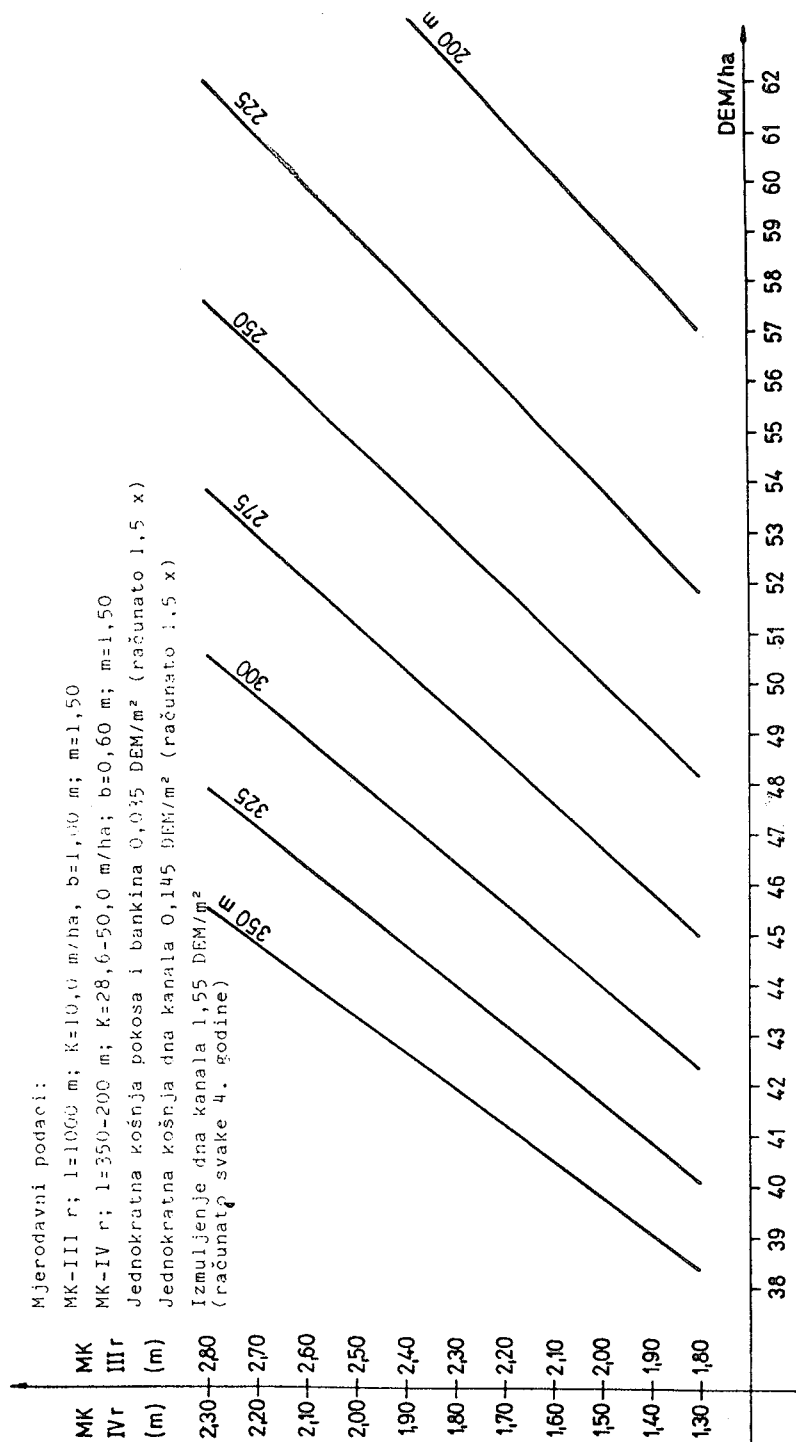
Jednokratna košnja dna kanala: 0,145 DEM/m² (računato 1,5 puta godišnje)

Izmuljenje - tehničko čišćenje kanala: 1,55 DEM/m² (svake 4. godine)

Vrijednost pšenice 32,00 DEM/dt

Ukupna vrijednost poslova redovnog održavanja melioracijskih kanala III i IV reda odnosi se na gravitacijske sustave površinske odvodnje - u prosječnim normalnim prirodnim uvjetima. Posebno treba osigurati sredstva za troškove rada i održavanja crpnih postrojenja kada nema mogućnosti gravitacijske odvodnje.

Sl. 17. UKUPNA VRIJEDNOST REDOVNOG ODRŽAVANJA MELIORACIJSKIH KANALA III I IV REDA - košnja kompletnog profila kanala, košnja dna i izmuljivanje dna.



7-12. Ekvivalentan iznos pšenice (dt/ha) za ukupnu vrijednost poslova redovnog održavanja melioracijskih kanala III i IV reda sustava površinske odvodnje.

MK - III reda		MK - IV reda		Ekvivalentan iznos pšenice za poslove redovnog održavanja MK-III i MK-IV reda sustava površinske odvodnje																		
dubina - m -	površ. m ² /m	dubina - m -	površ. m ² /m	350 m 28,6 m/ha	325 m 30,8 m/ha	300 m 33,3 m/ha	275 m 36,4 m/ha	250 m 40,0 m/ha	225 m 44,4 m/ha	200 m 50,0 m/ha	1,80	1,90	2,00	2,10	2,20	2,30	2,40	2,50	2,60	2,70	2,80	
	8,48	1,30	6,68	1,20	1,26	1,32	1,41	1,51	1,62	1,78												
	8,84	1,40	7,04	1,22	1,28	1,35	1,44	1,54	1,65	1,81												
	9,20	1,50	7,40	1,24	1,30	1,37	1,46	1,56	1,68	1,85												
	9,56	1,60	7,76	1,26	1,33	1,40	1,49	1,59	1,72	1,88												
	9,92	1,70	8,12	1,29	1,35	1,43	1,52	1,62	1,75	1,92												
	10,28	1,80	8,48	1,31	1,38	1,45	1,54	1,65	1,78	1,95												
	10,64	1,90	8,84	1,33	1,40	1,48	1,56	1,68	1,81	1,99												
	11,00	2,00	9,20	1,36	1,42	1,50	1,60	1,71	1,85	2,02												
	11,36	2,10	9,56	1,38	1,45	1,53	1,63	1,74	1,88	2,06												
	11,72	2,20	9,92	1,40	1,47	1,55	1,65	1,77	1,91	2,10												
	12,08	2,30	10,28	1,42	1,50	1,58	1,68	1,80	1,94	2,13												

Mjerodavni podaci: MK-III r, 1 = 1000 m, K=10,0 m/ha, b=1,00 m, h=1,80-2,80m, m=1,50

MK-IV r, 1 = 350-200m, K=28,6-50,0m/ha, h=1,30-2,30m, m=1,50

Dužina pokosa: 2,35-4,15-5,05m

Jednokratna košnja pokosa i bankina kanala: 0,035 DEM/m² (računato 1,5 puta godišnje)

Jednokratna košnja dna kanala: 0,145 DEM/m² (računato 1,5 puta godišnje)

Izmuljenje - tehničko čišćenje kanala: 1,55 DEM/m² (svake 4. godine)

Vrijednost pšenice 32,00 DEM/dt

Ukupna vrijednost poslova redovnog održavanja melioracijskih kanala III i IV reda odnosi se na gravitacijske sustave površinske odvodnje - u prosječnim normalnim prirodnim uvjetima. Posebno treba osigurati sredstva za troškove rada i održavanja crpnih postrojenja kada nema mogućnosti gravitacijske odvodnje.

T-13. Ukupna vrijednost radova (DEM/ha) i ekvivalentan iznos pšenice (dt/ha) za poslove redovnog održavanja hidromelioracijskih sustava površinske odvodnje

MK - III reda		MK - IV reda		Ukupna vrijednost radova (DEM/ha) i ekvivalentan iznos pšenice (dt/ha) za MK-III reda razmaka 1000 m, 10 m/ha, b = 1,00 m, MK-IV r. razmaka 350-200 m b = 0,160 m													
dubina m	površina m ² /m	dubina m	površ. m ² /m	350 m 28,6 m/ha	325 m 30,8 m/ha	300 m 33,3 m/ha	275 m 36,4 m/ha	250 m 40,4 m/ha	225 m 44,4 m/ha	200 m 48,4 m/ha	175 m 52,4 m/ha	150 m 56,4 m/ha	125 m 60,4 m/ha	100 m 64,4 m/ha	75 m 68,4 m/ha	50 m 72,4 m/ha	25 m 76,4 m/ha
1,80	8,48	1,30	6,68	43,49 1,36	45,65 1,51	48,14 1,51	51,77 1,60	54,73 1,71	58,90 1,84	64,81 2,03	70,72 2,22	76,63 2,41	82,54 2,60	88,45 2,79	94,36 2,98	100,27 3,17	106,18 3,36
1,90	8,84	1,40	7,04	44,31 1,38	46,53 1,45	49,06 1,53	52,18 1,63	55,81 1,74	60,07 1,8	65,89 2,06	71,71 2,25	77,53 2,44	83,35 2,63	89,17 2,82	94,99 3,01	100,81 3,20	106,63 3,39
2,00	9,20	1,50	7,40	45,13 1,41	47,40 1,48	50,00 1,56	53,17 1,66	56,88 1,78	61,23 1,91	67,18 2,10	73,03 2,29	78,88 2,48	84,73 2,67	90,58 2,86	96,43 3,05	102,28 3,24	108,13 3,43
2,10	9,56	1,60	7,76	45,98 1,44	48,28 1,51	50,92 1,59	54,17 1,69	57,96 1,81	62,39 1,95	68,48 2,14	74,43 2,33	80,38 2,52	86,33 2,71	92,28 2,90	98,23 3,09	104,18 3,28	110,13 3,47
2,20	9,92	1,70	8,12	46,80 1,46	49,16 1,54	51,85 1,62	55,16 1,72	59,02 1,84	63,57 1,99	69,75 2,18	75,70 2,37	81,65 2,56	87,60 2,75	93,55 2,94	99,50 3,13	105,45 3,32	111,40 3,51
2,30	10,28	1,80	8,48	47,64 1,49	50,02 1,56	52,80 1,65	56,26 1,76	60,74 1,88	64,74 2,03	71,05 2,22	77,00 2,41	82,95 2,60	88,90 2,79	94,85 2,98	100,80 3,17	106,75 3,36	112,70 3,55
2,40	10,64	1,90	8,84	48,45 1,51	50,91 1,59	53,72 1,68	57,15 1,79	61,17 1,91	65,90 2,06	72,33 2,26	78,28 2,45	84,23 2,64	90,18 2,83	96,13 3,02	102,08 3,21	108,03 3,40	113,98 3,59
2,50	11,00	2,00	9,20	49,28 1,54	51,78 1,62	54,65 1,71	58,15 1,82	62,16 1,95	67,08 2,10	73,62 2,30	79,57 2,49	85,52 2,68	91,47 2,87	97,42 3,06	103,37 3,25	109,32 3,44	115,27 3,63
2,60	11,36	2,10	9,56	50,13 1,57	52,67 1,65	55,57 1,74	59,15 1,85	63,32 1,99	68,25 2,13	74,90 2,34	80,85 2,53	86,80 2,72	92,75 2,91	98,70 3,10	104,65 3,29	110,60 3,48	116,55 3,67
2,70	11,72	2,20	9,92	50,94 1,59	53,53 1,67	56,51 1,77	60,16 1,88	64,40 2,02	69,41 2,17	76,23 2,38	82,18 2,57	88,13 2,76	94,08 2,95	100,03 3,14	105,98 3,33	111,93 3,52	117,88 3,71
2,80	12,08	2,30	10,28	51,77 1,62	54,41 1,70	57,43 1,80	61,15 1,91	65,47 2,05	70,57 2,21	77,49 2,42	83,44 2,61	89,39 2,80	95,34 2,99	101,29 3,18	107,24 3,37	113,19 3,56	119,14 3,75

Mjerodavni podaci: MK-III r., 1 = 1000 m, K = 10,0 m/ha, b = 1,00 m, m = 1,50, podos 3,25-5,05 m

Mk-IV r., 1 = 350-200 m, K = 28,6-50,0 m/ha, b = 0,60 m, m = 1,50, pokos 2,35-4,15 m

Jednokratna košnja pokosa i bankina: 0,035 DEM/m² (računato 1,5 x godišnje) 36,0%

Jednokratna košnja dna kanala: 0,145 DEM/m² (računato 1,5 x godišnje) 12,0%

Izmuljenje - čišćenje dna kanala: 1,55 DEM/m², (računato svake 4 godine) 40,0%

Vrijednost pšenice: 32,00 DEM/dt 18,5 USD/dt, Ostali radovi 12,0%

Tabela 13 i slika 18 - Ukupna vrijednost poslova (DEM/ha) i ekvivalentan iznos pšenice (dt/ha) za poslove redovnog održavanja hidromelioracijskih sustava površinske odvodnje za:

- elemente MK III i IV reda kao u tabeli 10 i 11 i za slijedeću prosječnu strukturu troškova:

- 1,5 puta godišnje košnja pokosa i bankina kanala	36,0%
- 1,5 puta godišnje košnja dna kanala	12,0%
- izmuljenje dna kanala u prosjeku svake četvrte godine	40,0%
- ostali poslovi redovnog održavanja kanala	12,0%.

Slika 19 - Ekvivalentna vrijednost pšenice za poslove redovnog održavanja hidromelioracijskih sustava površinske odvodnje

- prema iznosima datim u tabeli 13 i prosječnu vrijednost pšenice 32,00 DEM/dt

U sumarnim podacima u tabeli 13 te na slikama 18 i 19 nalaze se elementi za kanale III i IV reda te na osnovi toga za poslove redovnog održavanja hidromelioracijskih sustava površinske odvodnje potrebna su sredstva u iznosu od 43,49 do 77,49 DEM/ha što odgovara ekvivalentnoj vrijednosti pšenice od 1,36 do 2,42 dt/ha - po cijenama u vrijeme žetve.

U sklopu numeričkih podataka priloženih u tabelama 11 i 12, treba imati u vidu da se vrijednost radova odnosi na košnju pokosa, bankina i dna kanala u prosjeku 1,5 puta godišnje, a izmuljenje dna MK-III i IV reda u prosjeku svake četvrte godine. Sveukupna vrijednost navedenih i ostalih radova data je u tabeli 13 te na slici 18 i 19, a posebno su značajni pokazatelji koji se odnose na najzastupljenije elemente melioracijskih kanala III i IV reda, pa se u vezi toga daju posebni opisni i numerički pokazatelji - koji su prvenstveno mjerodavni za površine s potpuno izgrađenim hidromelioracijskim sustavima površinske odvodnje u našoj Republici.

Na kanalima III reda: dubine od 2,00 do 2,50 m, širinu dna 1,00 m i nagiba stranica $m = 1,50$ te kanalima IV reda: dubine od 1,50 do 2,00 m, širine dna 0,60 m i nagiba stranica $m = 1,50$ potrebno je za poslove redovnog održavanja iznos od 50,00 do 62,16 DEM/ha što odgovara ekvivalentnom iznosu od 1,56 do 1,95 dt/ha pšenice srednje kvalitete (32,00 DEM/dt).

Međutim, posebno treba vrednovati utjecaj prirodnih obilježja melioracijskih područja i njihov utjecaj na elemente kanala, ali istovremeno i na ispunjavanje uvjeta odvodnje prema zahtjevima stabilnog i optimalnog razvoja pojedinih poljoprivrednih kultura.

Zbog toga treba imati u vidu i ostale iznose ukupnih vrijednosti radova redovnog održavanja hidromelioracijskih objekata i sustava. To je vidljivo iz podataka za iste dubine, a različite razmake melioracijskih kanala IV reda - u slijedećem pregledu:

Razmak MK-IVr	Gustoća MK-IVr	Vrijednost radova održavanja din/ha (dt/ha)		
		minimalna	srednja	maksimalna
350 m	28,6 m/ha	43,49(1,36)	46,80 (1,46)	51,77(1,62)
325 m	30,8 "	45,65(1,43)	49,16 (1,54)	54,41 (1,70)
300 m	33,3 "	48,14(1,51)	51,85 (1,62)	57,43 (1,80)
275 m	36,4 "	51,77(1,60)	55,16 (1,72)	61,15 (1,91)
250 m	40,0 "	54,73(1,71)	59,02 (1,84)	65,47 (2,05)
225 m	44,4 "	58,90(1,84)	63,57 (1,99)	70,57 (2,21)
200 m	50,0 "	64,81(2,03)	69,75 (2,18)	77,49 (2,42)

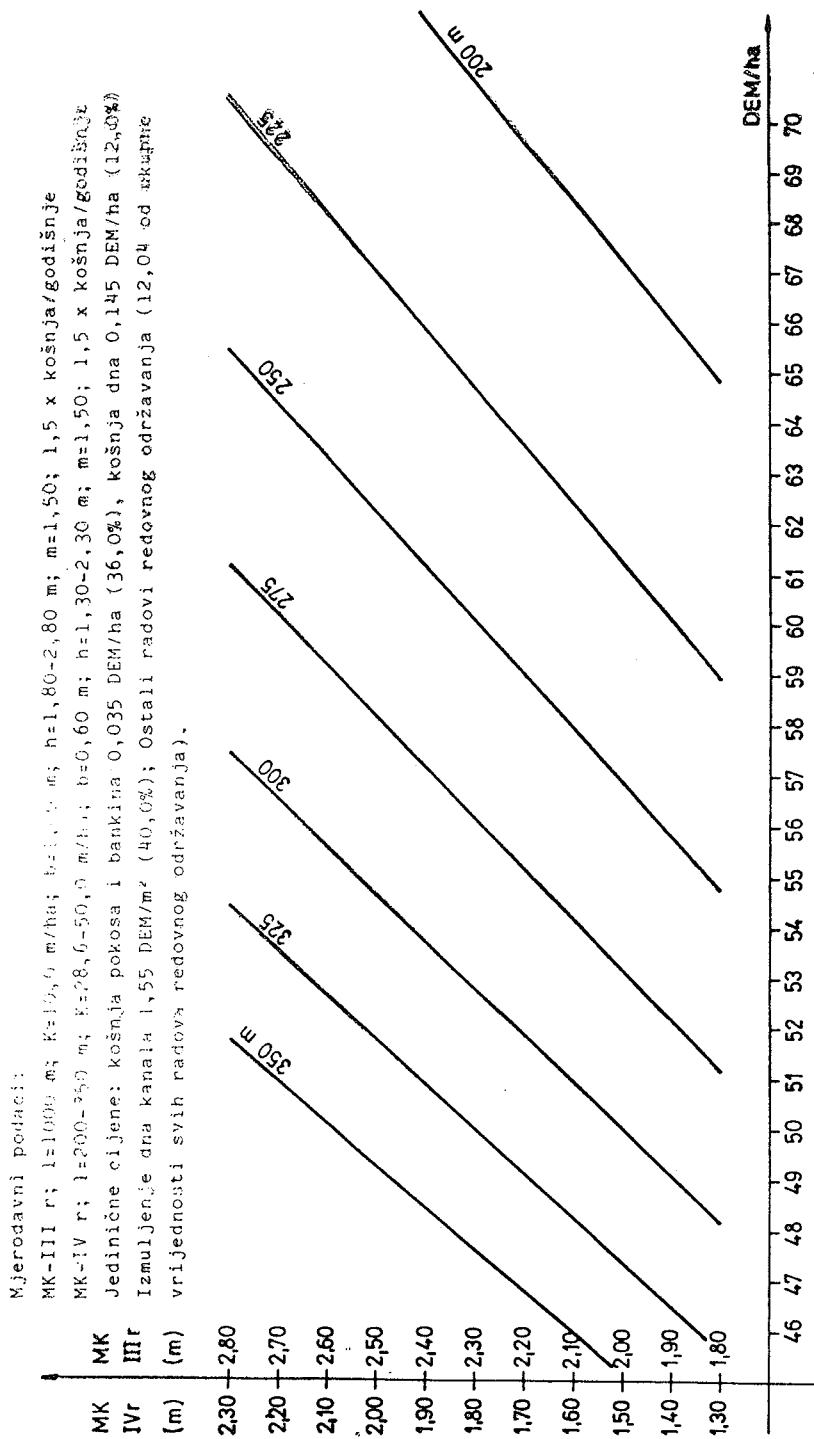
Detaljniji podaci za promjene dubine MK-III i IV reda na svakih 0,10 m, vidljivi su u tabeli 13 - pa nisu potrebna posebna objašnjenja. U sklopu navedenih vrijednosti treba znati da se one odnose na poslove redovnog održavanja hidromelioracijskih sustava gravitacijske površinske odvodnje. Posebno treba vrednovati i analizirati troškove redovnog održavanja i rada crpnih stanica - gdje to zahtijevaju projektna i izvedbena rješenja.

7. Vodoprivredna naknada za poslove redovnog održavanja hidromelioracijskih objekata i sustava površinske odvodnje

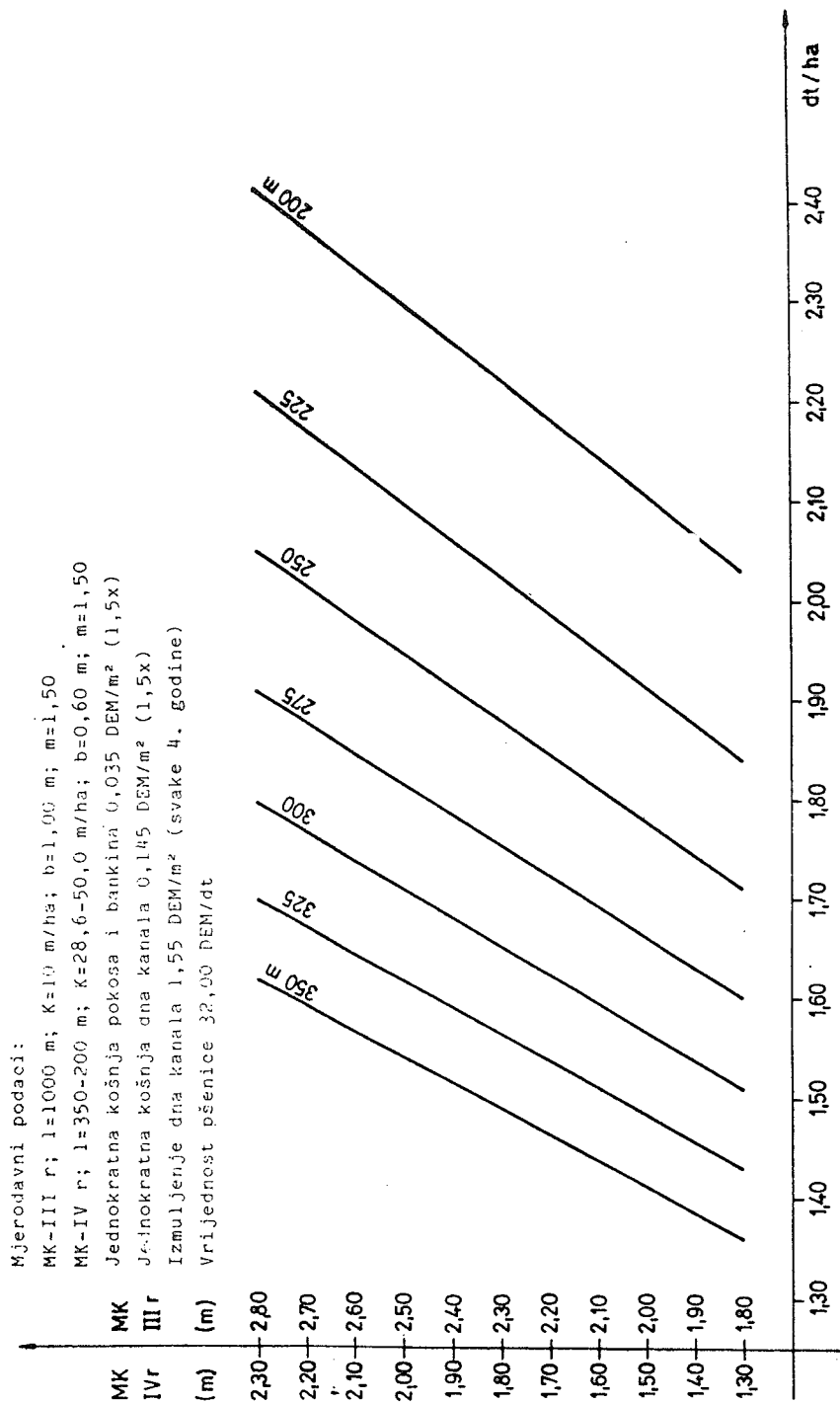
Naša i inozemna iskustva potvrdila su da rješenja hidromelioracijskih objekata i sustava mogu funkcionirati i dati potrebne efekte, prvenstveno s pravovremenim i kvalitetnim izvršavanjem poslova njihovog redovnog održavanja. Za korištenje suvremenih strojeva - optimalnih proizvodnih i radnih karakteristika - neophodan je rad stručnih kadrova u izvršavanju pojedinih vrsta i faza poslova u procesu održavanja hidromelioracijskih objekata i sustava. U sklopu toga treba imati u vidu uvjete rada - kako zbog prirodnih obilježja melioracijskih područja tako i zbog utjecaja projektno-izvedbenih elemenata pojedinih hidromelioracijskih objekata i sustava. U procesu organizacije i samog izvršavanja pojedinih poslova redovnog održavanja treba vrednovati i uzeti u obzir sve prisutne troškove - od pripreme do realizacije, a to su:

- nabavna cijena i amortizacija strojeva,
- rezervni i ostali dijelovi za strojeve,
- tekuće gorivo i mazivo za rad strojeva,
- materijalni troškovi u procesu rada strojeva i radnika,
- direktni i indirektni troškovi svih potrebnih profila radnika od pripreme do realizacije pojedinih poslova,
- ostali troškovi poslovanja vodoprivrednih poduzeća u procesu poslova redovnog održavanja hidromelioracijskih objekata i sustava.

SI. 18. UKUPNA VRIJEDNOST REDOVNOG ODRŽAVANJA HIDROMELJORACIJSKIH SUSTAVA POVRŠINSKE GRAVITACIJSKE ODVODNJE (DEM/ha)



SI. 19. EKVALENTNA VRIJEDNOST PŠENICE ZA POSLOVE REDOVNOG ODRŽAVANJA HIDROMELIORACIJSKIH SUSTAVA POVRŠINSKE GRAVITACIJSKE ODVODNJE



Osim strukture troškova, u cijeni izvedbe pojedinih poslova treba korektno odrediti i iznos dobiti kao sastavni dio pokazatelja poslovanja vodoprivrednih poduzeća. Iznos sredstava za poslove redovnog održavanja hidromelioracijskih objekata i sustava trebaju osigurati korisnici zemljišta na kojima su oni izgrađeni, ali i zemljišta s kojih voda dolazi, odnosno cjelokupnih slivnih područja pojedinih vodotoka i rijeka. Obzirom na zakonske propise, nisu potrebna posebna objašnjenja u vezi načina financiranja, već je bitno sagledavanje i vrednovanje potrebnog iznosa vodoprivredne naknade za poslove redovnog održavanja hidromelioracijskih objekata i sustava površinske odvodnje. S tim u vezi izvršena je sistematizacija i analiza raspoložive, ali i nedostatne vodoprivredne naknade od 1981. do 1990. god.

Osnova za određivanje iznosa vodoprivredne naknade bila je ekvivalentna vrijednost pšenice srednje kvalitete (II klase) i to najčešće 100 kg (1 dt) po ha poljoprivrednog oraničnog zemljišta. Tako određen iznos izražen je u stopi na katastarski prihod te na osnovu toga preko vodoprivrednih i općinskih službi izvršen je razrez vodoprivredne naknade.

Međutim, osnovni problem je što se iznos određivao prema cijeni pšenice u vrijeme sjetve, a kao izvor sredstava za poslove redovnog održavanja u slijedećoj godini (u vrijeme žetve pšenice).

Sastavni dio sagledavanja tog problema su i date prosječne jedinične cijene (poglavlje 5) - kao mjerilo vodoprivredne naknade za izvršavanje pojedinih poslova te ukupni troškovi (poglavlje 6) u procesu održavanja hidromelioracijskih objekata i sustava površinske odvodnje. U vezi s tim izvršena je sistematizacija i analiza odgovarajućih podataka od 1981. do 1990. god. te dati mjerodavni numerički i grafički pokazatelji u tabeli 16.

Vidljiva je razlika količina pojedinih vrsta radova koje je bilo moguće izvršiti za iznos sredstava u ekvivalentnoj vrijednosti 100 kg odnosno decitona pšenice srednje kvalitete (II klasa meka pšenica) - po ha oraničnih površina (m^2/dt).

Jasno da je s rastom razlike cijene pšenice u vrijeme sjetve i žetve rasla i razlika količina radova poslova redovnog održavanja - koje je bilo moguće izvršiti za ekvivalentne iznose. Sastavni dio tih pokazatelja je i cijena same pšenice u listopadu prethodne godine (vrijeme sjetve) i kolovozu naredne godine (u vrijeme žetve) kada se izvršavaju poslovi redovnog održavanja.

Poseban problem je što je sve do 1989.god. iznos naknade bio u istoj visini, odnosno nije se mijenjao tijekom godine - iako su se povećavali troškovi u procesu izvršavanja poslova redovnog održavanja - od siječnja do prosinca. Također je važno da se poslovi košnje bankina, pokosa i dna kanala izvršavaju prvenstveno od lipnja do listopada.

U sklopu toga bitno je vrednovanje utjecaja odnosa cijena pšenice u vrijeme sjetve i žetve, koji iznose najviše u 1983. god. - 0,76, a najmanje u 1989. god. - samo 0,19. Pored toga treba imati i pokazatelje u vezi ukupno potrebnih sredstava za poslove redovnog održavanja melioracijskih kanala III i IV reda date u tabelama 11, 12 i 13 i na slikama 17, 18 i 19. Naime, podaci u tabeli 16 odnose se na iznose koji su u ekvivalentnoj vrijednosti 1,00

T-14. PREGLED RASTA CIJENA OSNOVNIH RADOVA NA ODRŽAVANJU I DOGRADNJI POSTOJEĆIH MELIORACIJSKIH KANALA OD 1981. DO 1990. GODINE - na slivnim područjima Drave, Dunava i Save - u normalnim uvjetima rada (DIN/m, m², m³)

Red. broj	Opis - vrsta radova	Mj. jedinice	Vrijednost radova (din./m, m ² , m ³)							1989.	1990.	Povećanje 1990/81.	
			1981.	1982.	1983.	1984.	1985.	1986.	1988.				
1.	Jednokratna košnja pokosa i benzolice. Rad motornim agregatom i ručnim skupljanjem i paljenjem	m ²	0,73	0,95	1,25	1,70	3,10	5,40	12,40	33,-	281,-	0,25	3425,-
2.	Jednokratna košnja dna kanala - ručno sa škropiljke i ukidanjem iz profila kanala	m ²	3,45	4,40	5,65	7,60	13,20	24,00	52,90	136,-	1221,-	1,05	5044,-
3.	Izmiljenje nanosa - čišćenje dna kanala (do 0,30 m dubine)	m ³	22,65	26,50	37,10	59,30	98,50	172,50	426,-	1092,-	9282,-	7,35	2245,-
3.1.	Rad bagerima hidrauličkim	m ³	26,55	30,80	42,60	70,40	125,50	228,50	592,-	1597,-	14373,-	9,95	3728,-
3.2.	Rad kanoelocistama	m ³	9,65	11,20	14,40	20,40	35,50	60,50	152,-	389,-	3384,-	2,50	3105,-
4.	Razastiranje nanosa iz kanala - transport dozerima do 10 m	m ³	31,80	40,60	49,70	73,50	122,00	195,00	484,-	1242,-	10184,-	8,40	2441,-
5.	Iskop kanala bagerima "hidrauličkim" do 3,0 m dubine	m ³	35,60	46,70	60,40	91,80	165,00	288,00	745,-	2010,-	17085,-	12,85	3510,-
6.	Iskop kanala bagerima "drag-line" do dubine 5,0 m	m ³											
7.	Razastiranje iskopanog materijala iz kanala - transport dozerima	m ³	13,50	17,40	23,80	34,60	60,20	99,50	298,-	767,-	6520,-	5,10	3778,-
7.1.	Udaljenost do 30 m	m ³	17,65	22,60	33,30	49,60	85,60	145,50	454,-	1185,-	10073,-	7,35	4164,-
7.2.	Udaljenost od 30 do 50 m	m ³											
8.	Sjeca srednje obraslog raslinja do 5 cm. Rad motornim pilama i ručno ukidanje	m ³	5,80	7,50	9,85	13,30	18,90	32,10	79,70	207,50	1768,-	1,80	4103,-
9.	Izgradnja betonskih propusta	m	3412	4350	6417	8495	13012	24606	60882	183253	1329150	1207	3538
9.1.	Od cijevi Ø 60 cm	m	5168	6632	9728	12936	19773	37292	90191	275782	2008789	1825	3531
9.2.	Od cijevi Ø 80 cm	m	2194	2572	3775	6141	11130	20500	42335	143618	1253388	865	3943
10.	Čišćenje cijevnih propusta	m ³	16,80	20,50	35,53	51,39	94,56	190,86	358,95	1326	8861	7,00	4167
Tečaj - DEM/dinara; 30. lipnja			35,39	51,31	91,88	144,48	286,13	424,89	657,77	2399	18401	12,00	3391
Tečaj - USD/dinara; 30. lipnja			2,11	2,50	2,59	2,81	3,03	2,23	1,83	1,81	2,08	1,71	(2,14)
Odnos tečaja													

Nejednoliko povećanje cijena pojedinih radova uslijedilo je iz sljedećih razloga:

- promjene rasta troškova u sva područja cijena košanja pojedinih radova
- promjene troškova i načina amortizacije strojeva za obavljanje odgovarajućih vrsta radova
- veliki rast cijena goriva i maziva u procesu rada pojedinih strojeva (begeri, dozeri, kanoelocistači, motorne kosilice i pile)
- različitog rasta tečaja dinara u odnosu na DEM i USD (od 1:71 do 1:3,03 - prosjek 2,14)
- različitog rasta tečaja dinara u odnosu na DEM i USD (od 1:71 do 1:3,03 - prosjek 2,14)
- nemirne namjere poslovanja katastarskog prihoda poljoprivrednog zemljišta kao osnovice za određivanje stope (%) vodoprivredne namirne namjere poslovanja katastarskog prihoda i dogradnje postojećih hidromelioracijskih objekata i sustava.

Prosječno povećanje jediničnih cijena od 1981. do 1990. godine je od 2641 do 4164 puta. Prosječno povećanje srednjeg tečaja "DEM" je 4167, a USD je 3391 puta (339100%).

T-15. PREGLED RASTA CIJENA OSNOVNIH RADOVA NA ODRŽAVANJU I DOGRADNJI POSTOJEĆIH MELIORACIJSKIH KANALA, OD 1981. DO 1990. GODINE - na vodnom području Drave, Dunava i Save u normalnim uvjetima rada (USD i DEM/m, m², m³)

Red. broj	Opis - vrsta radova	Jedinica mjere	Vrijednost radova (USD i DEM/m, m ² , m ³)										Prosjeck 81.-90. g.
			1981.	1982.	1983.	1984.	1985.	1986.	1987.	1988.	1989.	1990.	
1.	Jednokratna košnja pokosa i bankina kanala. Rad motornim kosilicama - s ručnim skupljanjem i paljenjem	USD/m ² DEM/m ²	0,021 0,044	0,019 0,046	0,014 0,035	0,012 0,033	0,011 0,033	0,013 0,028	0,019 0,035	0,014 0,025	0,015 0,032	0,021 0,036	0,016 0,035
2.	Jednokratna košnja dna kanala - ručno sa skupljanjem i ukla- njanjem iz profila kanala	USD/m ² DEM/m ²	0,098 0,205	0,086 0,159	0,082 0,159	0,053 0,147	0,046 0,140	0,057 0,126	0,080 0,147	0,057 0,103	0,066 0,138	0,088 0,150	0,063 0,153
3.	Izmuljenje nanosa - čišćenje dna kanala (do 0,30 m dubine)	USD/m ² DEM/m ²	0,640 1,750	0,517 0,500	0,403 0,444	0,410 0,487	0,344 0,439	0,406 0,508	0,455 0,781	0,455 0,666	0,504 0,781	0,612 1,050	0,494 1,039
3.1.	Rad bagerima hidraulič	DEM/m ²	1,248	1,293	1,044	1,154	1,042	0,934	1,187	0,824	1,048	1,050	1,407
3.2.	Rad kanalostajcima	DEM/m ²	1,580	1,502	1,197	1,327	1,197	1,197	1,849	1,204	1,622	1,421	1,407
4.	Razastiranje nanosa iz kanala - transport dožerama do 10 m	USD/m ² DEM/m ²	0,273 0,574	0,218 0,546	0,157 0,405	0,141 0,397	0,124 0,357	0,142 0,317	0,231 0,424	0,162 0,294	0,184 0,382	0,242 0,414	0,187 0,411
5.	Iskop kanala bagerima "hidra- ulik" do 3,0 m dubine	USD/m ² DEM/m ²	0,899 1,893	0,791 1,981	0,541 1,400	0,509 1,430	0,426 1,290	0,459 1,022	0,736 1,348	0,518 0,937	0,554 1,149	0,700 1,200	0,613 1,365
6.	Iskop kanala bagerima "dragli- ne" do dubine 5,0 m	USD/m ²	2,119	2,278	1,700	1,786	1,745	1,509	2,075	1,516	1,928	1,836	1,849
7.	Razastiranje iskopanog materijala iz kanala - transport dozerima	USD/m ² DEM/m ²	0,382 0,499	0,332 0,440	0,259 0,362	0,240 0,343	0,210 0,299	0,234 0,342	0,453 0,690	0,320 0,494	0,354 0,547	0,425 0,613	0,322 0,463
7.1.	Udaljenost do 30 m	DEM/m ²	0,804	0,849	0,670	0,673	0,521	0,521	0,870	0,578	0,736	0,729	1,003
7.2.	Udaljenost od 30 do 50 m	DEM/m ²	1,050	1,102	0,937	0,965	0,905	0,782	1,285	0,894	1,137	1,050	1,007
8.	Sječa srednje obraslog raslinja do 5 cm. Rad motornim pilama i ručno uklanjanje	USD/m ² DEM/m ²	0,164 0,345	0,146 0,366	0,107 0,277	0,092 0,259	0,066 0,200	0,076 0,168	0,121 0,222	0,089 0,157	0,096 0,200	0,150 0,257	0,111 0,245
9.	Izvedba betonskih propusta	USD/m DEM/m	96,41 204,10	84,78 212,20	69,84 180,60	58,80 165,30	45,48 137,60	57,91 128,82	92,56 169,61	76,39 138,20	72,23 150,00	100,58 172,43	75,50 165,80
9.1.	Od cijevi Ø 60 cm	USD/m	146,04	129,25	109,88	89,23	94,56	88,77	137,22	114,96	109,17	152,08	116,75
9.2.	Od cijevi Ø 80 cm	DEM/m	307,60	323,53	273,80	251,12	209,10	195,39	254,05	207,98	226,70	260,70	251,06
10.	Čišćenje cijevnih propusta	USD/m ² DEM/m ²	62,00 130,60	50,13 125,48	41,09 106,25	51,39 119,50	38,90 117,70	48,25 107,41	79,56 145,80	59,95 108,46	68,12 141,45	72,08 123,57	57,15 122,38
	Odnos tečača 30. lispnja	USD/DEM	2,11	2,50	2,59	2,81	3,03	2,23	1,83	1,81	2,08	1,71	2,14

U prvom redu su cijene izražene u "USD", a u drugom u "DEM" - za pojedine vrste glavnih radova na poslovima održavanja i dogradnje postojećih melioracijskih kanala III i IV reda. Cijene se odnose na prosječne normalne uvjete rada melioracijskih područja na slivu Save, Drave i Dunava. Oscilacije iznosa pojedinih cijena uslijedile su iz sljedećih razloga:
- stalna promjena osnovnih troškova u strukturi cijena koštanja pojedinih radova
- brže rasta inflacije od rasta obračunskih cijena radova
- određivanja cijena i naknada za vodoprivredne radove na osnovu izvršavanja pojedinih poslova.
povećanjem u odnosu na stvarne troškove u procesu i vremenu izvršavanja pojedinih poslova.
Prosječno povećanje jediničnih cijena od 1981. do 1990. godine je od 2641 do 4164 puta (339100%).
Indeks povećanja srednjeg tečača "DEM" je 4167, a USD je 3391 puta (339100%).

T-16. Količine osnovnih radova na dogradnji i održavanju melioracijskih kanala u odnosu na cijene pšenice u vrijeme sjetve i žetve (m²/dt, m³/dt).

Red. broj	Opis - vrsta radova	Jed. mjere	Količina radova za vrijednost dt pšenice u "sjetvi i žetvi" (m ² /dt, m ³ /dt.)										Prosjeck
			1981.	1982.	1983.	1984.	1985.	1986.	1987.	1988.	1989.	1990.	
1.	Jednokratna košnja pokosa i bankina kanala	m ²	877 1178	1000 1326	960 1264	941 1371	935 1304	852 1068	552 1167	203 1068	272 896	726 1211	
2.	Jednokratna košnja dna kanala	m ²	186 249	216 286	212 280	211 307	220 296	192 293	157 284	47 246	65 213	164 275	
3.	Izumljenje - čišćenje kanala	m ²	28,3 38,0	35,8 47,6	32,3 42,6	27,0 39,6	29,4 40,8	26,7 37,1	19,5 35,3	6,1 32,3	9,3 31,0	23,1 38,4	
3.1.	Rad bagerima "hidraulik"	m ²	24,1 35,7	30,8 40,9	28,2 37,1	23,1 33,1	23,1 31,1	20,1 30,8	14,0 26,7	4,0 20,9	6,8 22,5	18,5 30,3	
3.2.	Rad kanaločistačima	m ²	66,3 69,1	84,8 112,5	83,3 109,7	78,4 114,2	81,7 109,9	76,0 116,4	54,6 104,0	16,8 88,7	23,5 77,2	61,2 102,1	
4.	Razastiranje nanosa dozerima	m ²	20,1 27,0	23,4 31,0	24,1 31,8	21,8 31,7	23,8 32,0	23,6 36,1	17,2 32,6	5,6 29,5	8,1 26,7	18,2 30,9	
5.	Iskop kanala bagerima "hidraulik"	m ³	18,0 24,2	20,3 27,0	19,9 26,2	17,4 25,4	17,6 23,6	16,0 24,4	11,1 21,2	3,3 17,6	5,3 17,4	13,8 22,6	
6.	Iskop kanala bagerima "dragline"	m ³	47,4 63,7	54,6 72,4	50,4 66,4	46,2 67,3	48,2 64,8	46,2 70,8	27,9 53,0	8,7 29,8	13,3 43,9	36,7 58,2	
7.1.	Transport do 30 m (0,10 m ³ /m)	m ³	26,3 48,7	42,0 55,8	36,0 47,5	32,3 47,0	33,9 45,6	31,6 48,4	18,3 34,8	5,7 29,8	13,3 30,5	26,5 42,1	
7.2.	Transport od 30 do 50 m	m ³	100 148	127 168	122 160	120 175	153 206	143 219	104 198	22 170	38 124	104 175	
8.	Sječa srednje obraslog raslinja debljine do 5 cm	m ²	640	950	1200	1600	2900	4600	8300	18200	57000	68 (22,23)	
B)	Cijena pšenice ("Naknada za odvodnju")		860	1260	1580	2330	3900	7040	15800	38500	224	(40,89)	
1.	Zaštitna cijena (u vrijeme sjetve)/din/dt		0,74	0,75	0,76	0,69	0,74	0,65	0,53	0,47	0,30	(0,54)	
2.	Otkupna cijena (u vrijeme žetve)/din/dt												
	Odnos cijene u sjetvi i žetvi pšenice	1:2										0,58	

(Naknada za odvodnju je ekvivalentna cijeni pšenice u vrijeme sjetve, dt/ha). U prvom redu su količine radova u odnosu na cijenu pšenice u vrijeme sjetve, a u drugom u vrijeme žetve (izvedbe radova) od 1981. do 1990. godine.

U procesu izumljenja melioracijskih kanala III i IV reda računa se učešće rada bagera "hidraulik" sa 35%, a kanaločistača sa 65% u ukupnim količinama. To ovisi o projektno-izvedbenim elementima kanala kao i o terenskim uvjetima izvodjenja radova (prostor za rad, vegetaciju poljoprivrednih kultura).

Prosječna cijena pšenice u vrijeme sjetve je 22,23 DEM/dt odnosno 9,45 USD/dt, a u vrijeme žetve pšenice je 40,89 DEM/dt odnosno 17,87 USD/dt.

Prosječna cijena pšenice na svjetskom tržištu je 32,00 DEM/dt, odnosno 15,00 USD/dt.

Prosječan odnos USD:DEM = 2,14 - za period +1981.-1990. godine.

U 1990. godini je tečaj za novi dinar (DEM = 7,00 dinara i USD = 12,00 dinara).

dt pšenice, a stvarne potrebe su u ekvivalentnoj vrijednosti od 1,36 do 2,42 dt/ha, i to po cijenama pšenice u vrijeme žetve, a ne u vrijeme sjetve. Također je bitno imati u vidu da se navedeni pokazatelji odnose na hidromelioracijske sustave gravitacijske površinske odvodnje - bez crpnih postrojenja. Poseban iznos vodoprivredne naknade treba osigurati za dodatne troškove odvodnje na površinama gdje to nije moguće gravitacijski.

Pored numeričkih podataka datih u tabeli 16 bitni su i grafički prikazi i to na slici 20. i 21. sa odgovarajućim pokazateljima.

Pored navedenih razlika bitni su i podaci za prosječne količine pojedinih radova redovnog održavanja koje je bilo moguće izvršiti za iznose vodoprivredne naknade prema ekvivalentnoj vrijednosti 100 kg (1 dt) pšenice po hektaru oraničnih površina.

Također treba imati u vidu da se dio raspoloživih sredstava vodoprivredne naknade za redovno održavanje trošio i za rad crpnih stanica te regulacijske radove na glavnim vodotocima pojedinih melioracijskih područja. Kada se sve navedeno uzme u obzir, tada je razumljivo zašto ne zadovoljava (do)sadašnji stupanj održavanja hidromelioracijskih objekata i sustava površinske odvodnje. Ovisno o melioracijskim područjima, do sada je iznos realno raspoloživih sredstava vodoprivredne naknade iznosio 15 do 65% od ukupno potrebnih sredstava za poslove redovnog održavanja hidromelioracijskih objekata i sustava gravitacijske površinske odvodnje.

Potvrda toga vidljiva je na terenu, odnosno u postojećem stupnju proticajnih profila melioracijskih kanala, koji su u većini manji od projektom zadanih elemenata. Jasno da to ima direktan utjecaj i na stupanj odvodnje, koji ne ispunjava potrebnu funkciju i zahtjeve u vezi stvaranja i održavanja optimalnog vodozračnog režima u zemljištu.

Dati numerički podaci i grafički pokazatelji ukazuju na opravdanost i realnost potrebnog iznosa vodoprivredne naknade u visini iznosa ekvivalentne vrijednosti od 1,36 do 2,42 dt/ha - pšenice srednje kvalitete (II klase odnosno "meke" pšenice) i to za poslove redovnog održavanja hidromelioracijskih objekata i sustava gravitacijske površinske odvodnje. Posebna sredstva odnosno povećani iznos vodoprivredne naknade treba osigurati za rad i poslove redovnog održavanja crpnih stanica. Taj iznos ovisi kako o broju i kapacitetu crpnih postrojenja, tako i o trajanju (sati/godišnje) efektivnog rada. U vezi toga date su posebne analize za stalne troškove redovnog održavanja i troškove efektivnog rada - obzirom na projektno--izvedbene elemente kao i sam rad pojedinih crpnih stanica.

T-17. Pregled indeksa cijena osnovnih radova na održavanju i dogradnji postojećih melioracijskih kanala od 1981. do 1990. godine - na vodnom području Drave, Dunava i Save u normalnim uvjetima rada (USD i DEM/m, m², m³)

Red. broj	Opis - vrsta radova	Jedinica mjere	Vrijednost radova (USD i DEM/m, m ² , m ³)										Prosjek 81-90.
			1981.	1982.	1983.	1984.	1985.	1986.	1987.	1988.	1989.	1990.	
1.	Jednokratna košnja pokosa i bankina kanala. Rad motornim kosilicama - s ručnim skupljanjem i paljenjem	USD/m ² DEM/m ²	131,3 125,7	118,8 131,4	87,5 100,0	75,0 94,3	68,8 94,3	81,3 80,0	118,8 100,0	87,5 71,4	93,8 91,4	131,3 102,9	100
2.	Jednokratna košnja dna kanala - ručno sa skupljanjem u uklonjenjem iz profila kanala	USD/m ² DEM/m ²	142,0 134,0	124,6 140,5	89,9 103,9	76,8 96,1	66,7 91,5	82,6 82,4	115,9 96,1	82,6 67,3	95,7 90,2	127,5 98,0	100
3.	Izmuljenje nanosa - čišćenje dna kanala (do 0,30 m dubine)	USD/m ² DEM/m ²	129,6 116,3	104,7 93,0	81,6 71,9	83,0 75,5	69,6 68,1	82,2 83,4	131,2 139,5	92,1 103,3	102,0 121,1	123,9 96,3	100
3.1.	Rad bagerima hidraulik	USD/m ² DEM/m ²	123,7 112,3	118,6 106,8	95,8 85,1	105,9 97,4	95,6 94,3	82,9 85,1	108,9 117,2	75,6 85,6	96,2 115,3	96,3 101,0	100
3.2.	Rad kataločištačima	USD/m ² DEM/m ²	146,0 139,7	116,6 132,9	84,0 98,5	75,4 96,6	66,3 77,1	75,9 103,5	123,5 123,2	86,6 71,5	98,4 92,9	129,4 100,7	100
4.	Razaatiranje nanosa iz kanala - transport dozerima do 10 m	USD/m ³ DEM/m ³	146,7 138,7	129,0 145,1	88,3 102,6	83,0 104,8	69,5 94,5	74,9 74,9	120,1 98,8	84,5 68,5	90,4 84,2	114,2 87,9	100
5.	Iskop kanala bagerima "hidraulik" do 3,0 m dubine	USD/m ³ DEM/m ³	119,2 114,6	108,0 123,2	77,9 91,4	75,3 90,6	68,5 94,4	80,4 81,6	134,4 112,2	99,4 82,0	99,4 104,3	127,1 99,3	100
6.	Razaatiranje iskopanog materijala iz kanala - transport dozerima do 30 m	USD/m ³ DEM/m ³	107,8 114,4	95,0 120,8	80,4 95,3	74,5 95,7	65,2 95,7	72,7 74,1	140,7 118,1	99,4 108,7	109,9 104,7	132,0 135,4	100
7.1.	Udaljenost od 30 m	USD/m ³ DEM/m ³	104,3 104,3	109,4 109,4	93,1 93,1	95,8 95,8	89,9 89,9	75,7 75,7	125,6 125,6	88,8 88,8	112,9 104,3	104,3 104,3	100
7.2.	Udaljenost od 30 do 50 m	USD/m ³	147,7	131,5	96,4	82,9	59,5	68,5	109,0	78,4	86,5	135,1	100
8.	Sjеча srednje obraslog raslinja do 5 cm. Rad motornim pilama i ručno uklanjanje	USD/m ² DEM/m ²	140,8 147,8	149,4 131,5	113,1 96,4	105,7 82,9	81,6 59,5	68,6 109,0	90,6 78,4	64,1 86,5	81,6 81,6	104,9 135,1	100
9.	Izvedba betonskih profusta	USD/m ³ DEM/m ³	140,8 127,7	149,4 112,3	113,1 92,5	105,7 99,7	81,6 83,0	68,6 77,8	90,6 102,3	64,1 83,4	81,6 90,5	104,9 124,0	100
9.1.	Od cijevi Ø 60 cm	USD/m ³ DEM/m ³	122,5	128,0	108,9	99,7	83,0	77,8	102,3	83,4	90,5	124,0	100
9.2.	Od cijevi Ø 80 cm	USD/m ³ DEM/m ³	125,1	110,7	90,7	76,7	81,0	76,0	117,5	98,5	93,5	130,3	100
10.	Čišćenje cijevnih propusta	USD/m ³ DEM/m ³	106,7	102,5	86,8	97,2	87,8	119,1	88,2	119,1	88,2	101,0	100
	Odnos tečaja 30. lispnja	USD/DEM	2,11	2,50	2,59	2,61	3,03	2,23	1,83	1,61	2,08	1,71	2,14

U prvom redu su cijene izražene u "USD", a u drugom "DEM" - za pojedine vrste glavnih radova na poslovanju održavanja i dogradnje postojećih melioracijskih kanala III i IV reda. Cijene se odnose na prosječne normale uvjete rada melioracijskih područja na slivu Save, Drave i Dunava. Oscilacije iznose pojedinih cijena uslijedile su iz sljedećih razloga:

- stalna promjena osnovnih troškova u strukturi cijena radova
- brzog rasta inflacije od rasta otkračunskih cijena radova
- određivanje cijena i naknada za vodoprivredne radove na osnovu i vremenu izvršavanja pojedinih poslova.
- nedovoljni povećanjem u odnosu na stvarne troškove u procesu i vremenu izvršavanja pojedinih poslova.

Prosječno povećanje jediničnih cijena od 1981. do 1990. godine je od 2641 do 4164 puta. Indeks povećanja srednjeg tečaja "DEM" je 4767, a "USD" je 3391 puta (339100%). Indeks "100" se odnosi na prosječne cijene od 1981. do 1990. godine.

T-18. Pregled količina i vrijednosti jednokratne košnje i izmuljenja postojećih melioracijskih kanala IV i III reda u Hrvatskoj - u 1990. godini.

Melioracijski kanali IV reda				Melioracijski kanali III reda				Ukupno 000-m ²	Ukupno DEM	
dno m	dubina m	površina m ² /m	dužina km	dno m	dubina m	površina m ² /m	dužina km			
0,60	1,30	6,68	1021	1,00	1,80	8,48	119	1009	274015	
0,60	1,40	7,04	1634	1,00	1,90	8,84	237	2095	475930	
0,60	1,50	7,40	2451	1,20	2,00	9,20	415	3818	768425	
0,60	1,60	7,76	3064	1,20	2,10	9,56	652	5233	1050350	
0,60	1,70	8,12	3677	1,40	2,20	9,92	890	8829	1354010	
0,80	1,80	8,48	2860	1,40	2,30	10,28	1126	11575	1253980	
0,80	1,90	8,84	2247	1,60	2,40	10,64	948	10087	1048285	
0,80	2,00	9,20	1430	1,60	2,50	11,00	711	7821	734195	
1,00	2,10	9,56	1021	1,80	2,60	11,36	474	5385	530110	
1,00	2,20	9,92	613	1,80	2,70	11,72	269	3153	323190	
1,00	2,30	10,28	409	2,00	2,80	12,08	89	1075	184800	
Ukupno		(8,20)	20427	Ukupno			5930	61080	228494	7997290
Košnja dna (0,60-0,80-1,00 m²/m)								7140	21521	3120545
Izmuljenje dna (1,00-1,40-1,60 m²/m)								12203	36470	56528500

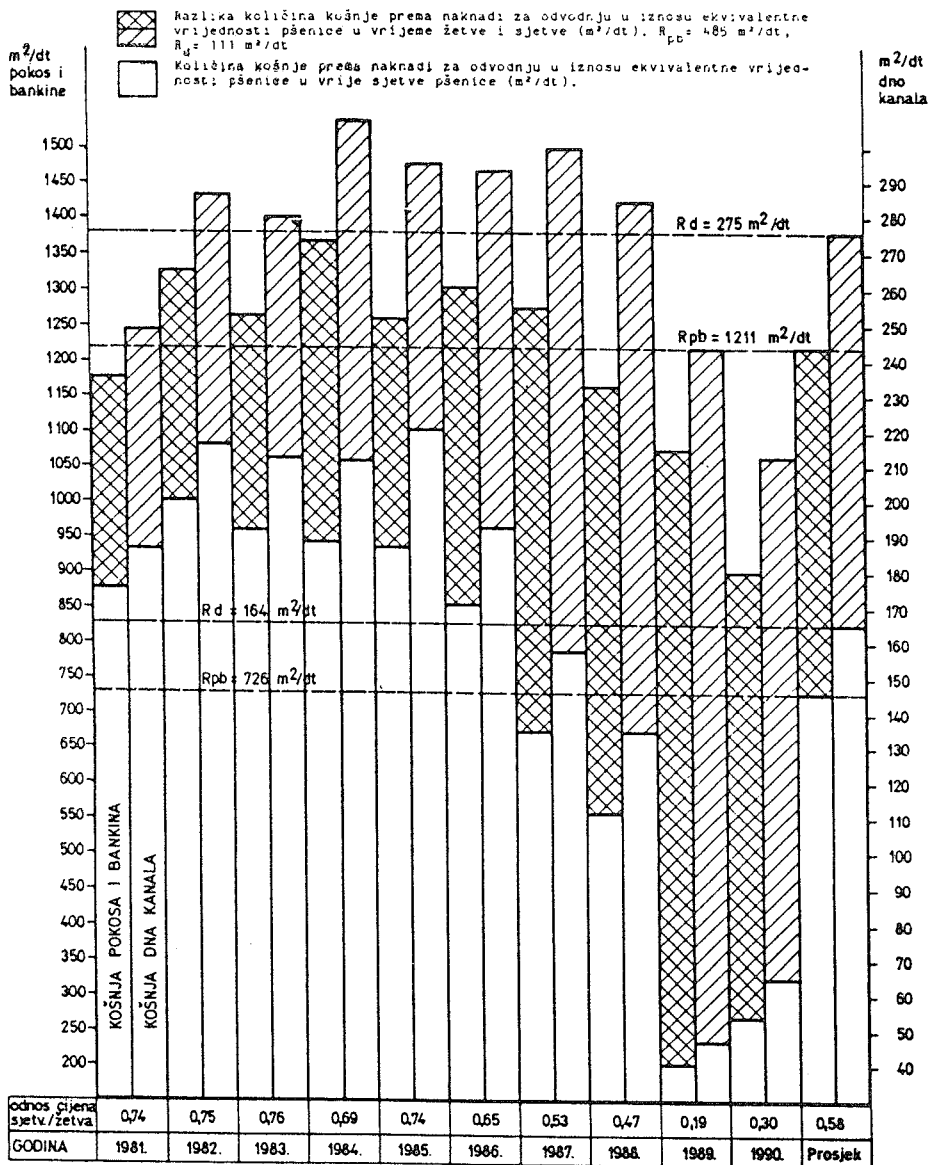
- Ukupna dužina melioracijskih kanala IV reda je 20427 km (77,5%) a III reda 5930 km (22,5%)

- Košnja dna MK-IV reda: 58%-0,60 m²/m, 32%-0,80 m²/m i 10%-1,00 m²/m, 28%-1,60 m²/m, 12,5%-1,80 m²/m i 1,5%-2,00 m²/m

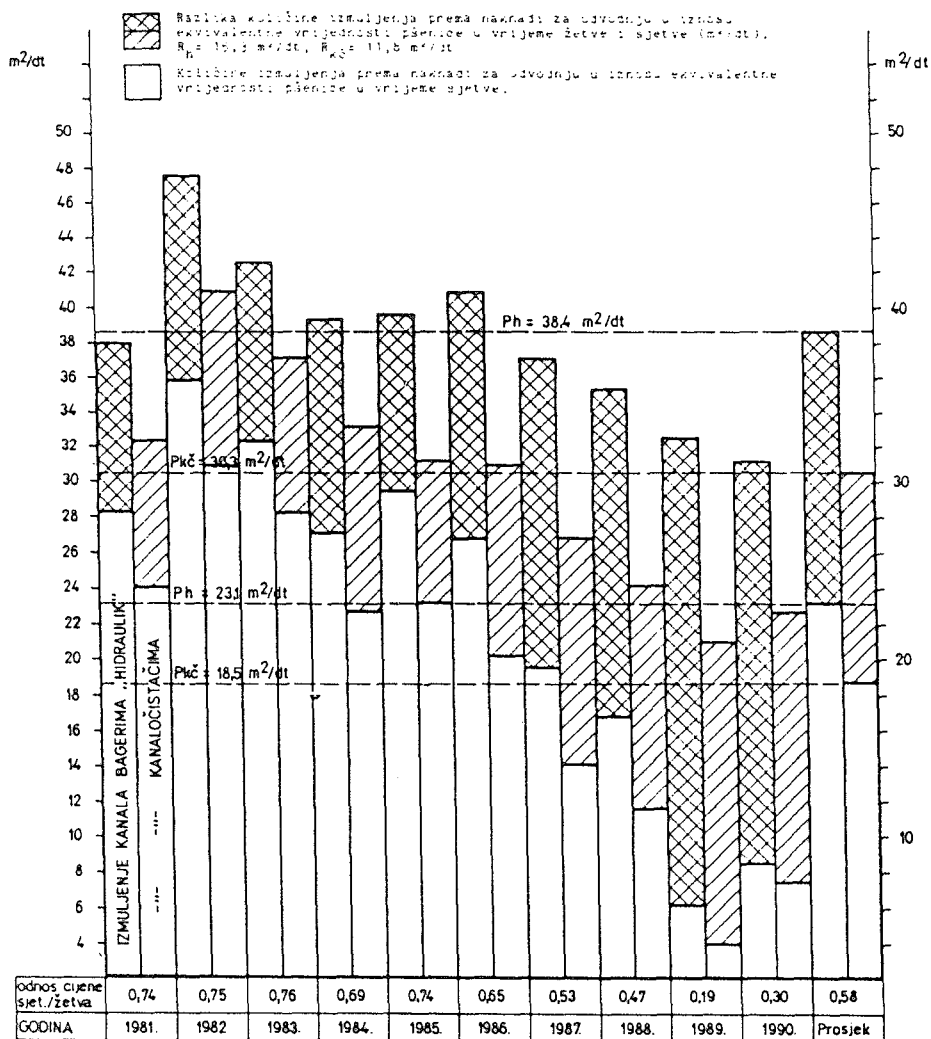
- Izmuljenje dna MK-IV reda: 58%-1,00 m²/m, 32%-1,40 m²/m i 10%-1,60 m²/m

- Izmuljenje dna MK-III reda: 6%-1,00 m²/m, 18%-1,20 m²/m, 34%-1,40 m²/m, 28%-1,60 m²/m, 28%-2,20 m²/m, 12,5%-2,40 m²/m, 1,5%-2,80 m²/m.

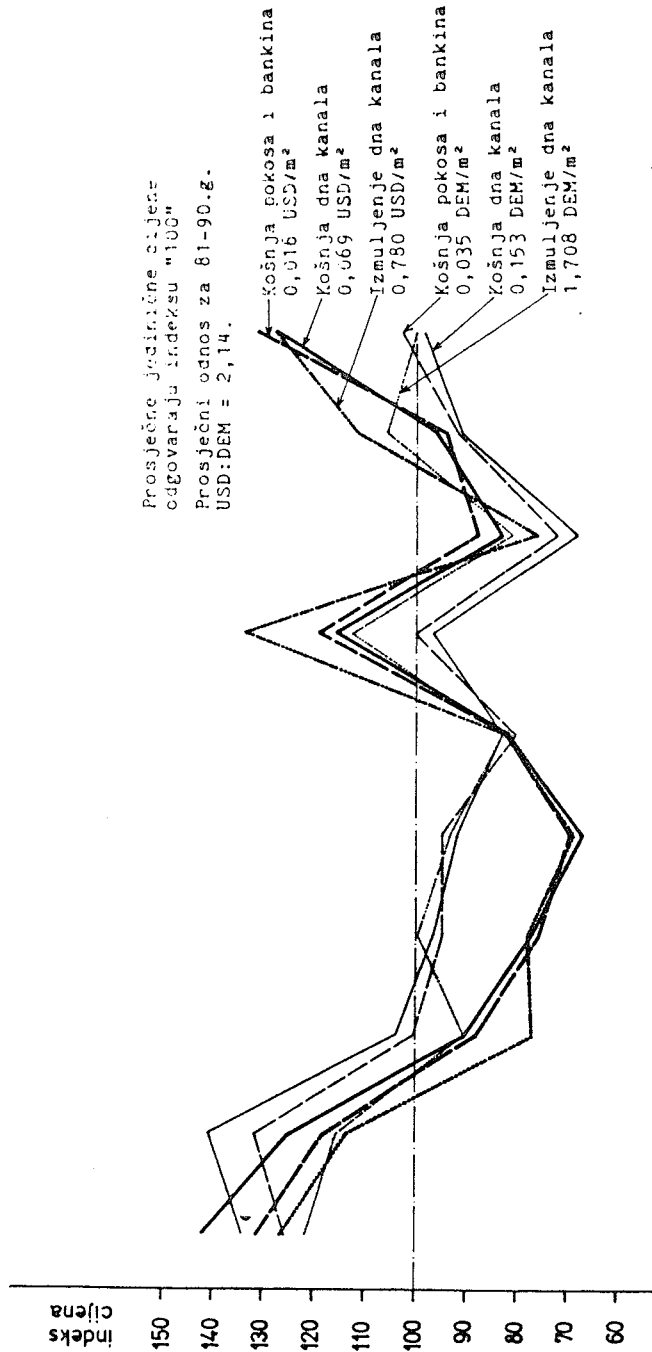
- Ukupna godišnja vrijednost radova: Košnja pokosa i bankina 1,5 x godišnje - 11995935 DEM (34,3%), košnja dna 1,5 x godišnja 4680818 DEM (13,3%) i izmuljenje dna svake četvrte godine 14132125 DEM (40,4%) i ostali poslovi održavanja MK-IV i III reda 4201212 DEM (12,0%) - odnosno sveukupno 35010090 DEM/godišnje.



SI. 20. KOLIČINA KOŠNJE MELIORACIJSKIH KANALA IV I III REDA U ODNOSU NA IZNOS NAKNADE ZA ODVODNJU - PREMA EKVALENTNOJ VRIJEDNOSTI PŠENICE U VRIJEME SJETVE I ŽETVE (din/dt, m²/dt) OD 1981. DO 1990. GODINE.



SI. 21. KOLIČINA IZMULJENJA MELIORACIJSKIH KANALA IV i III REDA U ODNOSU NA IZNOS ZA ODVODNJU - PREMA EKVIVALENTNOJ VRIJEDNOSTI PŠENICE U VRIJEME SJETVE I ŽETVE (din/dt; m/dt) OD 1981 DO 1990. GODINE.

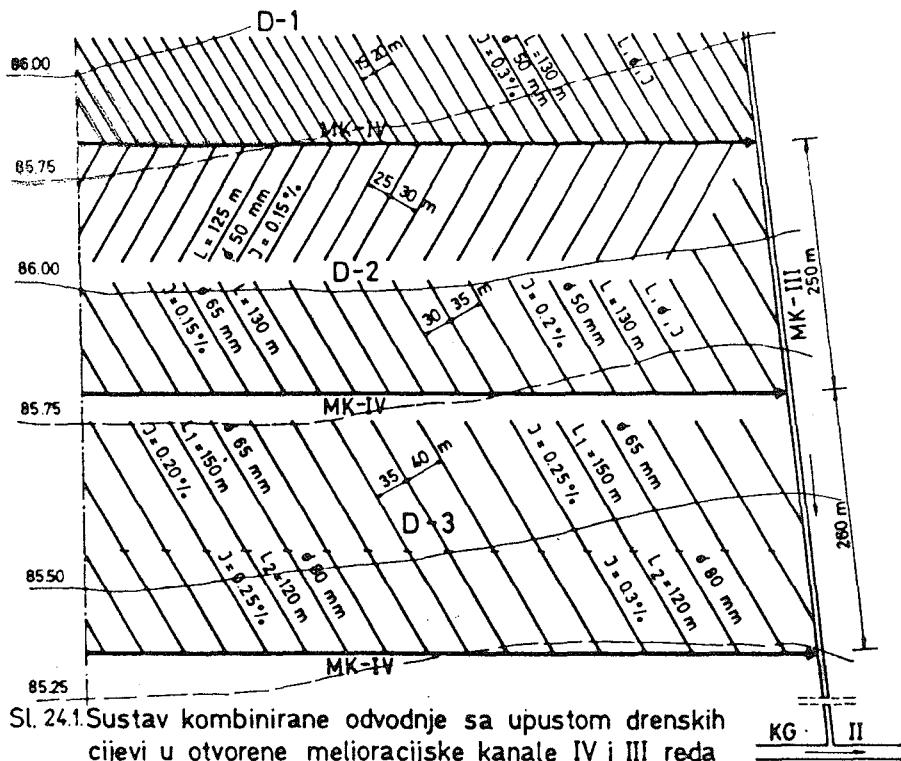


Prosječne jedinične cijene odgovaraju indeksu "100"
 Prosječni odnos za 81-90.ž.
 USD:DEM = 2,14.

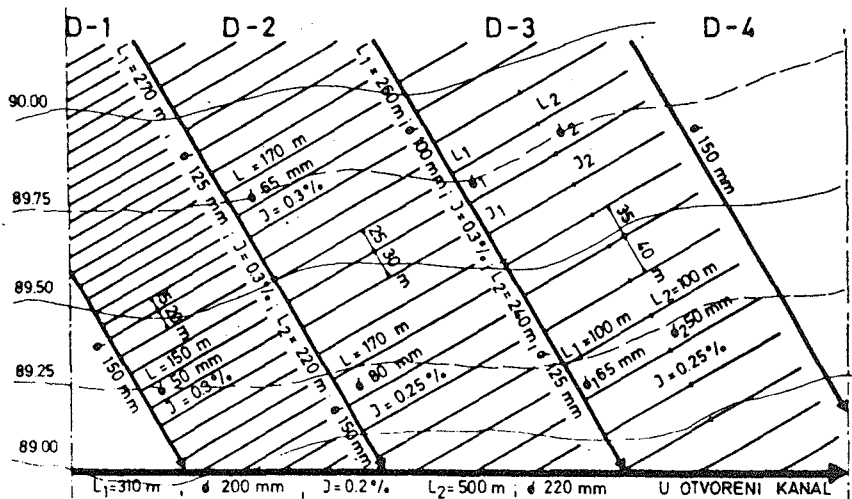
Košnja pokosa i bankina
 0,916 USD/m²
 Košnja dna kanala
 0,069 USD/m²
 Izmuljenje dna kanala
 0,780 USD/m²
 Košnja pokosa i bankina
 0,035 DEM/m²
 Košnja dna kanala
 0,153 DEM/m²
 Izmuljenje dna kanala
 1,708 DEM/m²

DEM/DIN	16,80	20,50	35,53	51,39	94,56	190,86	358,95	1326,00	8861,00	7,00	Srednji tečaj DEM/DIN
USD/DIN	35,39	51,31	91,88	144,48	286,13	424,89	657,77	2399,00	18401,00	12,00	USD/DIN
USD:DEM	2,11	2,50	2,59	2,81	3,03	2,23	1,83	1,81	2,08	1,71	Odnos sr.teča. USD/DEM
GODINA	1981.	1982.	1983.	1984.	1985.	1986.	1987.	1988.	1989.	1990.	30. LIPANJ

SI. 22. PREGLED INDEKSA CIJENA GLAVNIH POSLOVA REDOVNOG ODRŽAVANJA MELIORACISKIH KANALA III I IV REDA OD 1981. DO 1990.
 GODINE (USD/m², DEM/m²)

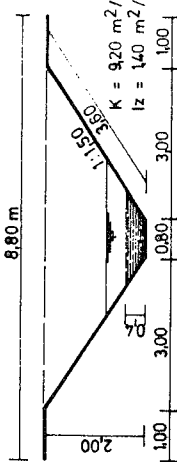
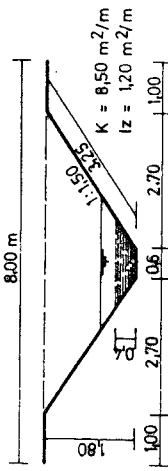
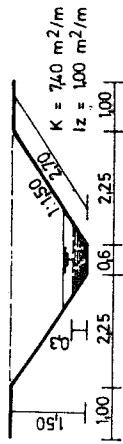
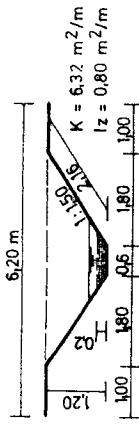


Sl. 24.1. Sustav kombinirane odvodnje sa upustom drenskih cijevi u otvorene melioracijske kanale IV i III reda

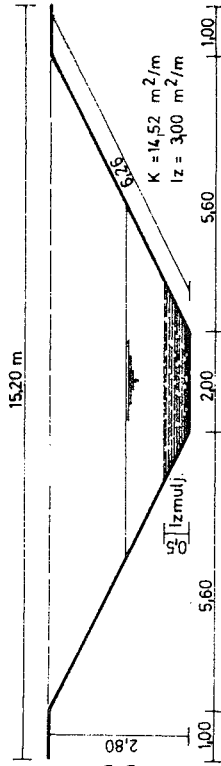
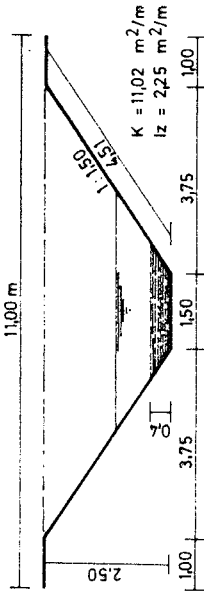
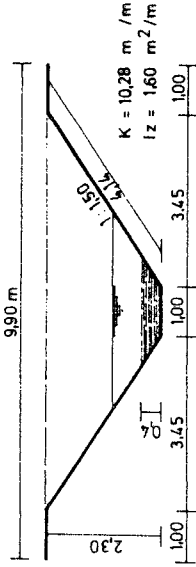


Sl. 24.2. Sustav podzemne odvodnje sa kombinacijom drenskih cijevi, sisala, sakupljača i kolektora, cijevi o od 50 do 250 mm.

MELIORACIJSKI KANALI IV REDA
(detaljni kanali)



MELIORACIJSKI KANALI III REDA
(sabirni - skupljači)



SI. 25. KARAKTERISTIČNI POPREČNI PROFILI MELIORACIJSKIH KANALA IV I III REDA S OSNOVNIM PODACIMA ZA KOŠNJU POKOSA I BANKINA ($K - \text{m}^2/\text{m}$), IZMULJENJE DNA ($Iz - \text{m}^2/\text{m}$) I DUŽINOM POKOSA STRANICA (1:m, $P_3 = 2.16 - 6.26 \text{ m}$)

8. Zemljišta na kojima je potrebna izgradnja, održavanje i funkcioniranje hidromelioracijskih sustava

Hidromelioracijski sustavi sastoje se od vodoprivrednih objekata i uređaja za odvodnjavanje suvišnih voda na poljoprivrednim, šumskim, izgrađenim i neizgrađenim građevinskim i drugim zemljištima, čijim se funkcioniranjem neposredno ili posredno omogućava brže i pogodnije otjecanje površinskih i podzemnih voda, kao i od skupa vodoprivrednih objekata i uređaja za navodnjavanje.

Poljoprivredna zemljišta su površine pod oranicama, vrtovima, voćnjacima, vinogradima, livadama, - kao i ostala zemljišta koja su po prirodnim i ekonomskim uvjetima najkorisnija za proizvodnju poljoprivrednih kultura. Odgovarajućim zakonima i propisima regulira se plaćanje naknade za odvodnju poljoprivrednih zemljišta, u skladu s potrebnim podacima koji se nalaze u službama katastra.

Šumsko zemljište obuhvaća zemljišta koja su zbog prirodnih uvjeta najpogodnije za uzgoj šuma - u tehničkom i ekonomskom pogledu. Odgovarajući podaci također se nalaze u službama katastra. Iznos vodoprivredne naknade za šumska zemljišta se određuje po posebnim kriterijima.

Građevinsko zemljište je zemljište namijenjeno izgradnji i funkcioniranju određenih građevinskih objekata, odnosno poslovnih objekata i prostora koji se posebno vode u službama katastra pojedinih općina.

Funkcioniranje hidromelioracijskih sustava posebno je značajno zbog različitih namjena i korištenja građevinskih zemljišta, a to su slijedeća:

- a) Zemljišta za potrebe željezničkih pruga i svih objekata neophodnih za funkcioniranje željezničkog prometa (a kojim upravljaju i raspolažu javna željeznička poduzeća)
- b) Zemljišta pod cestama svih kategorija s odgovarajućim objektima neophodnim za funkcioniranje cestovnog prometa
- c) Zemljišta pod stambenim zgradama te privrednim i ostalim objektima, kao i poslovnim dvorištima (s pomoćnim i ostalim objektima)
- d) Ostala zemljišta koja su u službi katastra utvrđena kao građevinska zemljišta.

Ovisno o vrsti objekata i kategoriji građevinskog zemljišta utvrđuje iznos vodoprivredne naknade za poslove redovnog održavanja hidromelioracijskih objekata i sustava..

Odvodnja suvišnih površinskih i podzemnih voda s navedenih zemljišta moguća je izgradnjom hidromelioracijskih objekata i sustava na njima. Međutim, za njihovo funkcioniranje neophodno je kvalitetno izvršavanje poslova redovnog održavanja, u cilju zaštite od štetnog djelovanja suvišnih voda na melioracijskim područjima odnosno zemljištima s prirodnim dobrima i gospodarskim objektima.

Posebno značenje je u funkcionalnom povezivanju hidromelioracijskih objekata i sustava sa vodoprivrednim objektima za zaštitu od štetnog djelovanja vanjskih voda. Na taj se

način održava vodni režim na cjelokupnim slivnim područjima prema zahtjevima sigurnog ljudskog življenja te razvoja proizvodnih i ostalih procesa.

U sklopu sagledavanja vrste i položaja hidromelioracijskih objekata dat je odgovarajući prikaz na slici 23. Zajedno s pravovremenom odvodnjom poljoprivrednih zemljišta bitno je pravilno vrednovati njihovo značenje za zaštitu od štetnog djelovanja voda i odvodnju zemljišta pod naseljima, saobraćajnicama, privrednim i ostalim objektima, kao i odvodnju šumskih zemljišta. Pored katastarskih podataka o namjeni pojedinih površina melioracijskih zemljišta (sadržanih u katastru pojedinih općina), obavezno je voditi i katastar hidromelioracijskih objekata - kao sastavni dio katastra voda, vodoprivrednih objekata na pojedinim slivnim područjima.

9. Uvjeti za funkcioniranje i poslovi redovnog održavanja hidromelioracijskih sustava za površinsku odvodnju

U cilju funkcioniranja i efikasne odvodnje suvišnih površinskih i podzemnih voda, javna vodoprivredna poduzeća planiraju i izvode poslove redovnog održavanja hidromelioracijskih objekata i sustava. Financijska sredstva za izvršavanje poslova redovnog održavanja osiguravaju se iz vodoprivredne naknade za odvodnju koja se utvrđuje za svaku godinu - po važećim kriterijima i mjerilima i strukturi troškova pojedinih radova redovnog održavanja. U sklopu toga javna vodoprivredna poduzeća su dužna osigurati funkcioniranje hidromelioracijskih objekata i sustava prema njihovim projektnim elementima i stupnju izgrađenosti. Također je važno imati u vidu prirodna obilježja melioracijskih područja i tehnička rješenja pojedinih objekata, ali i financijsko-ekonomske pokazatelje kako njihovog građenja, tako i održavanja, te interes korisnika zemljišta na kojima su izgrađeni hidromelioracijski objekti i sustavi za odvodnju. U sklopu uvjeta za funkcioniranje hidromelioracijskih sustava bitno je pravovremeno izvršavanje poslova njihovog redovnog održavanja.

9.1. Košnja i suzbijanje rasta trave na pokosu i bankinama kanala

1. Košnja pokosa i bankina melioracijskih kanala
Rad "samohodnim" ili traktorskim kosilicama s ručnim skupljanjem i uklanjanjem ili paljenjem.
2. Košnja dna melioracijskih kanala
Rad ručno ili traktorskim kosilicama - s uklanjanjem iz profila kanala.
3. Košnja barskog bilja u profilu kanala većih dimenzija uz prisustvo vode.
Rad plovnim kosilicama s ručnim uklanjanjem iz profila kanala.
4. Tretiranje herbicidima u cilju sprečavanja razvoja vegetacije u profilu melioracijskih

kanala.

5. Ručna košnja trave oko izljeva drenažnih cijevi, ili na dionicama kanala gdje nije moguć rad motornim kosilicama - s ručnim sakupljanjem i uklanjanje iz profila kanala ili paljenjem.
6. Sječa šiblja i raslinja debljine do 5 cm u profilu kanala i na bankinama - kod neredovitog održavanja melioracijskih kanala.
Rad motornim pilama s ručnim skupljanjem i uklanjanjem iz profila kanala i paljenjem.

Poslovi pod r.b. 1,2,3 i 4 - rade se jedan do dva puta godišnje, a moguće ih je izvoditi od mjeseca lipnja do listopada.

9.2. Tehničko čišćenje - izmuljenje kanala

1. Izmuljenje kanaločistačima melioracijskih kanala - dubine do 1,80 i gornje širine 6,0 m. Prosječno dubina mulja 0,30 m. Rad na 65% melioracijskih kanala IV reda.
2. Izmuljenje hidrauličkim bagerima melioracijskih kanala dubine od 1,50 do 3,00 i gornje širine do 12,00 m. Prosječna dubina mulja do 0,50 m. Rad na 35% melioracijskih kanala IV reda i 100% na MK III reda.
3. Razastiranje izmuljenog materijala iz melioracijskih kanala. Rad dozerima ili traktorima s odgovarajućim priključcima.
4. Izmuljenje ručno - melioracijskih kanala na dionicama gdje to nije moguće strojevima (zbog objekata ili drugih prepreka u i pored profila kanala).

Poslovi pod r.b. 1, 2, 3 i 4 se izvode u prosjeku svake četvrtne godine - ovisno o prirodnim obilježjima slivnih područja i tehničkim rješenjima melioracijskih kanala te potrebnom stupnju odvodnje, obzirom na zahtjeve uzgoja pojedinih biljnih kultura. Te radove moguće je izvoditi tijekom cijela godine (osim kod temperatura nižih od -5°C

9.3. Poslovi održavanja ostalih hidromelioracijskih objekata

1. Izmuljenje tipskih cijevnih propusta otvora od 50 do 200 cm. Rad ručno ili strojevima s tlačnim crpkama (ispiranje mulja vodom pod tlakom).
2. Izmuljenje tipskih pločastih propusta otvora od 2,00 do 10,00 m.
Rad ručno i visinom dizanja do 3,00 m. Moguć rad i strojevima s tlačnim crpkama.
3. Poslovi održavanja objekata u profilu melioracijskih kanala
Razni poslovi na tehničkom čišćenju i održavanju stabilnosti te manjim popravcima slijedećih objekata: betonske i kamene stepenice (visine od 0,80 do 1,20 m), obloga dna i pokosa kanala (beton, kamen, kombinirano)), brzotoci, objekti ušća kanala,

čepovi (cijevni propusti s povratnim poklopcima), sifoni, ustave.

4. Poslovi kontrole i održavanja izljeva drenažnih cijevi - i po potrebi zamjena oštećenih izljeva.
5. Poslovi redovnog održavanja i rada crpnih stanica i pratećih objekata vrlo su složeni i skupi radovi pa su i posebno obrađeni. U sklopu toga bitno je imati u vidu i vrednovati slijedeće troškove:
 - materijalne troškove za poslove redovnog održavanja građevinskog objekta te strojarske i elektroopreme crpnih postrojenja,
 - bruto osobne dohotke za poslove redovnog održavanja - direktne i indirektne,
 - troškove energije (elektro, tekuće gorivo i mazivo),
 - amortizaciju objekta i opreme crpnih stanica.

9.4. Ostali poslovi redovnog održavanja hidromelioracijskih sustava

1. Poslovi kontrole funkcioniranja odvodnje u periodu učestalih oborina jačeg intenziteta (posebno proticajni profil kanala i ušća kanala)
2. Kontrola geodetskih oznaka u vezi lokacije pojedinih hidromelioracijskih objekata i mjerodavnih profila melioracijskih kanala
3. Kontrola karakterističnih mjernih profila kanala obzirom na maksimalne vodostaje i proticaje (vodomjerne letve, mjerenje protoka u periodu učestalih oborina jakog intenziteta)
4. Geodetsko snimanje pojedinih dionica melioracijskih kanala za potrebe kontrole mjerodavnog proticajnog i uzdužnog profila - obzirom na potreban stupanj održavanja i funkcioniranje odvodnje
5. Izrada odgovarajuće tehničke dokumentacije u vezi poslova redovnog održavanja hidromelioracijskih objekata i sustava (nacrti, dokaznice mjera, podaci iz dnevnika rada, tehnologija izvođenja pojedinih vrsta radova)
6. Praćenje tehničkih i financijskih pokazatelja u vezi stupnja održavanja i funkcioniranja hidromelioracijskih objekata i sustava
7. Vođenje katastra hidromelioracijskih objekata i sustava
8. Značenje održavanja hidromelioracijskih objekata i sustava za cjelokupni vodopriredni, privredni i društveni razvoj

10. Norme strojeva za održavanje melioracijskih kanala

10.1. Strojevi za košnju pokosa i bankina melioracijskih kanala

U vezi izbora i normi rada samohodnih i traktorskih kosilica bitno je pravilo vrednovati njihove proizvodne i radne karakteristike u odnosu na izvedbene elemente melioracijskih kanala IV i III reda. To se prvenstveno odnosi na dužinu pokosa kanala (od dna do bankina) i vrstu raslinja. Također je važna stabilnost i prohodnost pojasa pored kanala, obzirom na kretanje motornih kosilica (jedan kotač po bankini, a drugi po oranici ili putu pored kanala). U procesu košnje pokosa kanala posebnu pažnju treba posvetiti zaštiti izljeva drenažnih cijevi. Zbog toga je oko njih potrebna ručna košnja (2,0 - 3,0 m² po izljevu).

Nažalost, u dosadašnjoj praksi kod nas je bio u radu veliki broj raznovrsnih kosilica - vrlo različitih proizvodnih i radnih karakteristika. Također je prisutan problem kretanja samohodnih i traktor-kosilica zbog poljoprivrednih usjeva kao i obrade zemljišta do samog pokosa kanala. Obzirom na vegetaciju raslinja u profilu kanala, rad kosilica je moguć od početka lipnja do kraja listopada - što također utječe na cijenu košnje pokosa i bankina kao i dna kanala.

U dosadašnjoj praksi koriste se kosilice domaće i inozemne proizvodnje, a norme rada određene su na osnovu izvedbenih elemenata melioracijskih kanala i terenskih uvjeta - obzirom na mogućnost kretanja ručnih, samohodnih i traktorskih kosilica. Iako se planira izvršenje 800 sati efektivnog rada kosilica, u praksi je prosječno godišnje izvršenje od 400 do 700 sati.

Zavisno od proizvodnih i radnih karakteristika samih kosilica, izvedbenih elemenata kanala (slika 3, 4, 5, 6 i 25) i terenskih uvjeta rada, prosječni učinak rada kosilica je slijedeći:

- | | |
|------------------------------|---------------------------------|
| - ručne motorne kosilice | 400-1.000 m ² /sat |
| - samohodne motorne kosilice | 800-1.400 m ² /sat |
| - traktor-kosilice | 1.200-1.800 m ² /sat |

Podaci se odnose na košnju ravnih površina a i učinak košnje kosih površina je manji za 15-30% - ovisno o dužini pokosa kanala. Iako su bankine širine 1,00 m sastavni dijelovi površine melioracijskih kanala IV i III reda, često se događa da se zemljište obrađuje i zasijava do samog pokosa kanala - što znatno usporava kretanje i smanjuje prosječno izvršenje svih vrsta i tipova kosilica. Najbolje izvršenje kosilica ostvaruje se na kanalima pored kojih postoje uređeni putevi - a to je na cca 30% melioracijskih kanala IV i III reda.

10.2. Norme strojeva za izmuljenje dna melioracijskih kanala

Ovisno o projektno-izvedbenim elementima melioracijskih kanala i terenskim uvjetima rada, najefikasnije čišćenje odnosno izmuljenje dna melioracijskih kanala obavlja se

slijedećim strojevima:

- kanaločistačima za melioracijske kanale IV reda dubine do 1,80 m odnosno gornje širine do 6,00 m (cca 65% MK-IV reda)
- prosječne dubine do 0,30 m i 1,00-1,20 m²/m
- hidrauličkim bagerima srednje kategorije za melioracijske kanale IV reda (cca 35%) i III reda dubine od 1,50 do 3,00 m i gornje širine do 12,00 m - prosječne dubine do 0,50 m i 1,00 do 3,00 m²/m
- dozerima se razastire iskopani materijal na udaljenost do 10 m ili traktorima s odgovarajućim priključcima (tanjurače, noževi- daske)

Kod sustava s podzemnom odvodnjom, potrebno je posebnu pažnju posvetiti izljevima drenažnih cijevi - da ne dođe do njihovog oštećenja.

Ovisno o prirodnim obilježjima melioracijskih područja i izvedbenim elementima melioracijskih kanala te analizom raspoloživih podataka - izrađene su: "Norme strojeva na tehničkom čišćenju melioracijskih kanala IV i III reda".

Red. br.	Vrsta i tip strojeva	sati/ godišnje	m ² /sat	m ² /god.	lit / sat	l / m ²	lit / god.
1.	Kaiser X-4	1.800	38,00	68.400	3,30	0,087	5.940
2.	Kaiser X-5	1.800	48,00	86.400	3,60	0,075	6.480
3.	Cano X-3-5	1.800	46,00	82.800	3,50	0,076	6.300
4.	Menzi-Muck	1.800	32,00	57.600	3,15	0,098	5.670
5.	Bageri hydr.	2.000	86,00	172.000	9,60	0,112	19.200
6.	Dozeri (60-80 KW)	1.800	96.000	165.600	6,80	0,071	12.240

Navedene norme odnose se na prosječne uvjete rada.

Od r.b. 1 do 4 su kanaločistači inozemne proizvodnje, r.b. 5 i 6 su bageri i dozeri domaće i inozemne proizvodnje.

Literatura

1. Marušić, J: Organizacija proizvodnog procesa u hidrotehničkim melioracijama, magistarski rad, 1980.
2. Fregorović, V; Miloradović, M: Stanje i zadaci u eksploataciji osnovne kanalske mreže hidrosistema Dunav-Tisa-Dunav (439-454) Vode Vojvodine
3. Marušić, J: Osnovni tehnički i financijski pokazatelji izvođenja i održavanja kanalske mreže površinske odvodnje ravničarskog područja u Hrvatskoj, Vodoprivreda 14 (1982./3) (77)(str.157-168), Beograd, 1982.
4. Stojšić, M: Odvodnjavanje zemljišta, Vode Vojvodine (15-27), Novi Sad, 1982.
5. Marušić, J: Problemi, zadaci, izvedbe i održavanja hidromelioracijskih sustava, Priručnik za hidrotehničke melioracije, knjiga I (str. 117-149), DONH-e, Zagreb, 1983. g.
6. Brzak, DJ: Ekonomski efekti odvodnjavanja poljoprivrednog zemljišta u slivnom području osnovne kanalske mreže hidrosistema Dunav-Tisa-Dunav, Vode Vojvodine (369-378), Novi Sad 1984.
7. Marušić, J: Analiza potrebnih sredstava za redovno održavanje hidromelioracijskih sustava, Savjetovanje "Veliki odvodni sustavi" (str.286-323), DONH-e, Zagreb, 1985.
8. Informacija o stanju i problemima izgradnje i održavanju hidromelioracijskih sistema na području Hrvatske, Republički komitet za vodoprivredu Zagreb, 1986.
9. Marušić, J: Mjerodavni troškovi izgradnje i potrebna naknada za održavanje sustava površinskog odvodnjavanja, Drugi kongres o vodama Jugoslavije, knjiga III (str. 1214-1224), Ljubljana, 1986.
10. Marušić, J: Vodoprivredna djelatnost na području Zajednice općina Osijek od 1981. do 1986.g., Privreda 31/8 (str..36-54), Osijek, 1987.
11. Marušić, J: Eksploatacija hidromelioracijskih saustava za potrebe poljoprivredne proizvodnje, Savjetovanje "Potencijalne mogućnosti korištenja tla u cilju intenziviranja ratarske proizvodnje za potrebe zemlje i izvoz, Zbornik radova (195-207), Dubrovnik, 1987.
12. Marušić, J: Postojeći i potrebni stupanj izgrađenosti hidromelioracijskih sustava na području Slavonske Posavine, Privreda 33/5, I dio (449-460), II dio (531-538, Osijek, 1989.g.
13. Prijedlog pravilnika o načinu i uslovima funkcioniranja i održavanja detaljne kanalske mreže na melioracijskim područjima, SOUR "Dunav-Tisa-Dunav", Novi Sad 1982.
14. Osnovi jedinstvenih standarda i tehničkih normativa pojedinih pozicija radova na održavanju i funkcioniranju zaštitnih vodoprivrednih objekata i hidromelioracionih sistema, Udruženje za vodoprivredu Beograd, 1989.

15. Analize rada vodoprivrednih organizacija Hrvatske, SOUR "Vodoprivreda Hrvatske" od 1981. do 1990.god. Zagreb.
16. Analize rada Samoupravnih vodoprivrednih interesnih zajednica Hrvatske - od 1981. do 1990. god. SOUR "Vodoprivreda Hrvatske" i Republička vodoprivredna interesna zajednica Zagreb
17. Analiza rada strojeva za održavanje i dogradnju postojećih hidromelioracijskih objekata i sustava u Hrvatskoj, SOUR "Vodoprivreda Hrvatske" Zagreb, 1981.-1990.g.
18. Marušić, J: Informacije i analize o vodoprivrednoj naknadi za odvodnju, SOUR "Vodoprivreda Hrvatske" i Republička vodoprivredna interesna zajednica Zagreb, 1988., 1989. i 1990.g.

Prof.dr.Željko Vidaček, dipl.ing.agr.,
Dr.Sulejman Čamdžić, dipl.ing. agr. i
Prof.dr.Zoltan Racz, dipl.ing.agr., FPZ-Institut za agroekologiju, Zagreb
Prof.dr.Josip Marušić, dipl.ing.građ. Fakultet građevinskih znanosti, Zagreb

ISKUSTVA I PREPORUKE ZA RACIONALNO KORIŠTENJE DRENIRANIH POVRŠINA¹

1. Uvod

Sadašnji fond dreniranih poljoprivrednih površina u sklopu hidromelioracijskih sustava površinske ili/ i podzemne odvodnje uglavnom je u funkciji oranične odnosno ratarske proizvodnje. Najveće površine pripadaju slivnim područjima Save, Drave i Dunava.

Premda se u većoj mjeri pokazuju pozitivni projektni i proizvodni efekti, čini se da ipak na svim dreniranim površinama nisu ujednačeno zadovoljeni svi aspekti racionalnog korištenja. Naime, racionalno korištenje tih površina pretpostavlja redovitu kontrolu funkcionalnosti i efikasnosti, redovito održavanje svih objekata i dionica sustava, te intenzivno korištenje.

To su razlozi da autori na temelju vlastitih i nekih stranih iskustava predlažu obavezno programiranje i izvođenje kontrole i održavanja svih melioracijskih objekata površinske i podzemne odvodnje cijevnom drenažom. Osim toga, upozoreno je da tržišni i specifični gospodarsko-zemljišni uvjeti, zahtijevaju još više ozbiljnosti, redovitosti i discipline u ocjeni proizvodnih i ekonomskih efekata ratarske proizvodnje.

2.Materijali i metode

Prvi drenažni radovi u nas izvedeni su još krajem prošlog i početkom ovog stoljeća u slivu Karašica i Vučice (Plamenac N., Timarić Z., 1967). Sve do početka sedamdesetih godina nema većih drenažnih radova u Hrvatskoj. To je uglavnom razdoblje eksperimentalnih istraživanja opravdanosti i varijantnih rješenja detaljne odvodnje hidromorfnihih tala. Kasnije slijedi razdoblje intenzivnog projektiranja, izvođenja, testiranja i kontrole funkcioniranja drenažnih sistema ili detaljne odvodnje cijevnom drenažom.

Krajem pedesetih godina ovog stoljeća izgrađena su pokusne drenažne stanice u Vinkovcima, Šašnoj Gredi i Božjakovini (Manger I. 1961.) U toku 1961. i 1962. godine drenirana je površina na objektu Smilčić kraj Zadra (Pušić B. i sur. 1967). Na području

¹ Ova problematika prezentirana je u proširenoj verziji na savjetovanju "Dostignuća i perspektive ratarsko-stočarske proizvodnje u tržišnim uvjetima" (Pula, 1991) pod naslovom "Racionalno korištenje dreniranih površina u intenzivnoj ratarskoj proizvodnji".

Orahovice u Slavoniji izgrađeno je 1968. godine eksperimentalno polje za odvodnju cijevnom drenažom Nelin dvor (Plamenac N., 1988). Krajem šezdesetih godina počinje s radom pokusna stanica za odvodnju Jasinje (Pušić B., Đaković B., 1971), te eksperimentalni objekt - pilot gospodarstvo Rugvica - Ježevo (Pušić, B., Vukušić S., 1971. Marinčić I. 1979). Kasnije slijedi organizacija pokusnih objekata ili kontrolnih polja stacionarnog karaktera na dreniranim površinama poljoprivrednog gospodarstva Čeretinci (Vlaketić K., 1986), poljoprivrednih organizacija Županja, Vukovar i Vinkovci (organizirao Vlaketić K., a obradili Vidaček Ž. i sur., 1985), zatim na dijelu dreniranih površina i području Šašna Greda i Mahovo (Vidaček Ž. i sur., 1988-90).

Na osječkom području - Bare i Brijest, na području Našica - Šipovac i na slatinskom području, organizacija pokusnih objekata - stacionara je u toku (Racz Z., 1989, 1990).

Proizvodne i ekonomske efekte melioracija, odnosno utjecaj melioracijskih mjera na organizaciju i ekonomiku biljne proizvodnje za drenažne sisteme - stacionare Jasinje i Šašna Greda, istražuju Čamdžić S., 1985 i Čamdžić S., Rezo B., 1986-90 godine.

Sve spomenute pokusne drenažne stanice, objekte ili polja, možemo svrstati u dvije grupe stacionarnih istraživanja, uvažavajući njihovu različitu osnovnu namjenu, te vrste i obim stacionarnih istraživanja. Prvu grupu čine pokusni ili eksperimentalni drenažni objekti i stanice čija je osnovna namjena bila dokazati opravdanost drenaže i utvrditi najpovoljnija varijantna rješenja detaljne odvodnje. U ovu grupu uglavnom spadaju objekti i stanice organizirani do početka sedamdesetih godina. Drugu grupu čine kontrolna polja - stacionari osnovani unutar izgrađenih sistema crijevne drenaže sa ili bez izvedenih agromelioracija. Osnovna namjena tih stacionara je utvrđivanje performanci cijevne drenaže i efikasnosti dreniranih površina. Tu spadaju uglavnom sva istraživanja detaljne odvodnje koja su organizirana krajem sedamdesetih i tokom osamdesetih godina.

U sklopu različitih metoda istraživanja, najčešće i redovito se utvrđuju relevantni klimatski elementi promjene nivoa podzemne vode, količine isteka vode iz drenova, vlaga tla u rizosfernom sloju i prinosi dreniranih i eventualno nedreniranih površina. Podzemna voda kontrolira se pjezometrima različite izvedbe i dubine. Istek vode iz drenova mjeri se klasično ili poluautomatskim mjeracima. Sadržaj vlage tla određivao se gravimetrijski ili/i najčešće elektrometrijski. Statistička obrada podataka nije redovita. U zadnje vrijeme stacionarna istraživanja uključuju osim vode i kontrolu promjena ostalih edafskih vegetacijskih faktora odnosno hranidbeni režim u sistemu drenirano tlo - biljka, toplinski režim rizosfernog sloja, zatim kvalitetu drenažne vode (Vidaček Ž., i sur. 1988-90), i isto tako promjene pedomehaničkih svojstava (Vidaček Ž. i sur., 1988-90 i Racz., 1989.1990).

3. Rezultati i diskusija

3.1. Stanje izgrađenosti hidromelioracijskih sustava odvodnje u Hrvatskoj

3.1.1. Stanje izgrađenosti sustava površinske odvodnje

U Hrvatskoj su ukupne melioracijske površine prioriteta za odvodnju 1.789.070 ha (100%), a ukupne zasijane površine iznose 1.329.116 ha ili 74,3%. Potpuno izgrađeni hidromelioracijski sustavi površinske odvodnje pokrivaju 600.054 ha (33,54%), a nepotpuno izgrađeni sustavi 334.557 ha (29,00%) zbog potrebne dogradnje ili rekonstrukcije. Za 670.186 ha (37,4%) hidromorfni tala, potrebna je izgradnja novih sustava površinske odvodnje.

Jedan od glavnih razloga nedovoljno zasijanih melioracijskih površina je nedovoljan stupanj izgrađenosti hidromelioracijskih sustava za odvodnju suvišnih voda u vegetacijskom razdoblju pojedinih poljoprivrednih kultura. Također je važan podatak da je prije izgradnje novih i dogradnje postojećih sustava odvodnje potrebna prethodna izgradnja novih hidrotehničkih objekata za zaštitu od vanjskih poplavnih voda na 209.320 ha (11,7%). Također je potrebna dogradnja postojećih hidrotehničkih objekata za sigurniju zaštitu 385.680 ha (21,56%) - odnosno na dimenzije za duži povratni period od postojećih rješenja (od 5-10 na 25-50 godišnji povratni period velikih voda).

Dosadašnja projektno-izvedbena rješenja hidromelioracijskih sustava pokazala su najkvalitetnija rješenja na površinama gdje je njihovoj realizaciji prethodila provedba (re)komasacija zemljišta te detaljna terenska snimanja i ispitivanja. Međutim, i pored kvalitetno izgrađenih sustava površinske odvodnje, dio njih ne daje potrebne efekte, i to prvenstveno zbog nedovoljnog stupnja održavanja ili nedovoljnog stupnja zaštite od vanjskih poplavnih voda.

Stupanj i stanje izgrađenosti hidromelioracijskih sustava površinske odvodnje u Hrvatskoj po slivnim melioracijskim područjima prikazujemo u tabeli 1.

Tabela 1. Izgrađenost hidromelioracijskih sustava površinske odvodnje u Hrvatskoj

Vodna područja	Melioracijske površine		Stupanj izgrađenosti h.s. površ. odvodnje					
	ha	%	Potpuno		Nepotpuno		Nije riješ.	
			ha	%	ha	%	ha	%
Sava	1.129.757	63.1	374.434	33.1	264.085	23.4	491.238	43.5
Drava i Dunav	570.836	31.9	213.619	37.4	230.360	40.4	126.850	22.2
Istra i Primorje	43.830	2.5	4.200	9.6	9.340	21.3	30.290	69.1
Dalmacija	44.674	2.5	7.801	17.5	15.046	33.7	21.800	48.8
Ukupno Hrvatska	1.789.070	100	600.054	33.5	518.830	29.0	670.186	37.5

Dužina glavnih vodotoka je 6.620 km, dužina melioracijskih kanala III i IV reda (SK i DK) je 26.357 km, betonskih cijevnih propusta promjera 50-200 cm ima 21.659 betonskih pločastih propusta otvora 200-1000 cm ima 1.486 betonskih kamerih stepenica visine 80-120 cm ima 1085, poluautomatskih cijevnih čepova 506, ostalih objekata 1.466. Ukupno su izgrađene 82 crpne stanice snage 24.506 KW i kapaciteta 324,6 m³/s

3.1.2. Stanje izgrađenosti sustava podzemne odvodnje - cijevne drenaže

Prema raspoloživim hidropedološkim svojstvima slivnih područja potrebno je riješiti podzemnu odvodnju na 820.350 ha (100%) a do kraja 1990. godine izgrađeni su hidromelioracijski sustavi podzemne odvodnje na 161.530 ha (19,9%) i to prvenstveno za zemljišta na društvenom posjedu (99%). U sklopu toga treba imati u vidu da je izgradnji sustava podzemne odvodnje prethodila dogradnja postojećih ili izgradnja novih sustava površinske odvodnje.

Stanje i stupanj izgrađenosti hidromelioracijskih sustava podzemne odvodnje drenskim cijevima za područje Hrvatske prikazujemo u tabeli 2.

Tabela 2: Izgrađenost hidromelioracijskih sustava podzemne odvodnje - cijevne drenaže u Hrvatskoj

Slivna područja	Mel. površine za podz. odvodnju		Izgrađen sustav podzem. odvodnje		Potreb. izgr. novih sus. pod od.	
	h a	%	h a	%	h a	%
Sava	517.060	63.0	97.752	18.9	419.308	81.1
Drava i Dunav	281.850	34.4	58.871	20.9	222.989	79.1
Istra i Primorje	11.850	1.4	2.617	22.1	9.233	77.9
Dalmacija	9.500	1.2	2.290	24.1	7.210	75.9
Ukupno Hrvatska	820.350	100	161.530	19.7	658.820	80.3

Također je važan podatak, da je čak 94,8% ugrađenih PVC-drenažnih cijevi promjera 50,65 i 80 mm, a samo 5,2% promjera 100, 125, 160, 180 i 200 mm.

Zanemarive su površine zemljišta na kojima je izvedena cijevna drenaža s kolektorima, odnosno čak 96% sustava podzemne odvodnje je izvedeno s direktnim upustom drenažnih cijevi u melioracijske kanale III i IV reda (u sabirne i detaljne kanale).

Pregled ukupno ugrađenih PVC-drenažnih cijevi, efektivnog rada strojeva i dreniranih površina u Hrvatskoj od 1973. do 1990.godine prikazujemo u tabeli 3.

Tabela 3: Drenske cijevi (PVC), efektivni rad strojeva i drenirane površine

Cijevi, rad. površine	Razdoblje - godina				Ukupno
	1973-75	1976-80	1981-85	1986-90	
PVC cijevi, m ³	523.626	10.984.527	25.069.895	21.809.092	58.387.140
Efektivni rad strojeva / sat	1.964	44.724	94.047	80.415	221.150
Drenirane površine. ha	1.065	30.778	68.283	61.404	161.530

U prosjeku rad strojeva iznosi 264,0 m/h, dužina drenskih PVC-cijevi 357,0 m/ha, razmak drenskih cijevi 28,0 i dubina 0,8 - 1,1 m.. S filter materijalom je 32% dreniranih površina. Osim 161.530 ha izgrađenih hidromelioracijskih sustava detaljne odvodnje cijevnom drenažom, treba izgraditi još 658.820 ha (80,1%), novih drenažnih sustava. Samo agromelioracijske mjere detaljnog uređenja zemljišnog prostora za potrebe poljoprivredne biljne proizvodnje, predviđaju se na 269.650 ha.

4. Dosadašnja iskustva i istraživanja detaljne odvodnje u Hrvatskoj

U vrijeme izgradnje i funkcioniranja pokusnih drenažnih stanica Vinkovci i Šašina Greda, stečena su skromna iskustva. Zaključeno je da renaža vrijedi i u teškim tlima uz uvjet da bude bolje izvedena. Preporuča se izdvođenje drenova na što većoj dubini, isključivo ručno i sa šljunkom, razmaka 40-70 i više metara, te u početku s baulacijom (Manger I., 1961).

Pozitivan efekat cijevne drenaže na objektu Smilčić potvrđen je šest godina nakon sadnje voćaka. Porast i prinosi su bili iznad prosjeka s izjednačenim stablima i bez slučaja ugibanja zbog suviška vode u tlu. Potvrđena je upotrebljivost Hooghoudt-ove formule i za specifične uvjete Dalmacije. Maksimalni oticajni drenažni koeficijent je bio 1,20 - 1,65 l/s/ha, a prosječni 0,5 - 0,9 l/s/ha... Iza jačih kiša drenski sistem reagirao je u roku 12-24 sata (Pušić B., i sur., 1967).

Cijevna drenaža većeg razmaka (20-50 m) izvedena na eksperimentalnom polju Nelindvor i na teškom glinastom tlu, dala je dobre rezultate u kombinaciji s rahljenjem i krtičenjem. Sniženje podzemne vode na dubinu 0,5 m u kritičnom proljetnom razdoblju bio je nakon 3 dana kod razmaka drenova 20-30 m. Korištenje spojnog filtera do oraničkog sloja omogućuje evakuaciju viška stagnirajuće vode nakon 2 dana. Drenski rov sa šljunkom pokazuje dobra svojstva i nakon 5 godina. Efektivna poroznost tla porasla je rahljenjem i krtičenjem do 20%. Povećanje temperature za 2-3°C u proljeće omogućuje raniju sjetvu kukuruza oko 10 dana na dreniranim tlima.

Prosječni su prinosi više godina povećani za kukuruz 76-100% (kod razmaka drenova 25-50 m), za pšenicu 15-43%, za suncokret, soju i šećernu repu 40-50%. Investicije su se vratile za sve troškove izgradnje drenaže i agromelioracija za 2 godine kod razmaka drenova 25 m, te za 3 godine kod razmaka drenova 50 m (Plamenac N., 1988).

Preliminarni rezultati na pokusnoj stanici Jasinje, upozoravaju da otvoreni kanali razmaka 200 m i dubine 1 m daju slab efekat odvodnje na praškastim ilovačama. Slogovi-baulacija nisu znatnije djelovali na hidrološke prilike u tlu, cijevna drenaža je uspješno poboljšala vodni režim tla, posebno s filterskim materijalom. Prinosi jarog ječma, izraženi indeksom 100 za otvorene kanale, iznose za varijantu sa slogovima 110, slogovi plus rijetka cijevna drenaža 164 i varijanta s sistematskom cijevnom drenažom 225. Slični rezultati dobiveni su s kukuruzom (Pušić B., Đaković B., 1971).

Nakon jedne godine stacioniranih istraživanja objekta Rugvica- Ježevo, potvrđeno je pozitivno djelovanje drenaže na sniženje nivoa podzemne vode kod razmaka 12,5 m (pijezometri 1 i 2 m dubine). Kanalska mreža 300 m i 1,5 m dubine vršila je funkciju samo osnovne odvodnje, što nije dovoljno za oranice. Praćenje vlage tla bilo je ograničeno elektrometrijskom metodom. Zbog varijabilnosti svojstava i podataka bilo je teško egzaktno usporediti rezultate, međutim, pokazalo se da će trebati dodatnu površinsku odvodnju ili druge dodatne mjere kao napr. poljske sabirače, slogove, krtičnu drenažu, filter (Pušić B., Vukušić S., 1971). Nešto kasnije dobiveni su slični i dodatni podaci, uključujući drenažni koeficijent do 1,29 l/s/ha, bolje efekte s gušćom drenažom nego rjeđom drenažom plus krtičenje i maksimalne prinose zrna kukuruza 8,5 t/ha i pšenice 6,9 t/ha (Marinčić i., 1979).

Povećanje prinosa ratarskih kultura, ostvareno u proizvodnji na različito dreniranim tlima područja Čeretinci, iznosi kod pšenice 15%, šećerne repe 12% i kukuruza 75%. Konstatirano je da drenaža ne samo da osigurava povećanje prinosa, nego i stabilizaciju proizvodnje (Viaketić K., 1986). Na melioriranim tlima - pokusnim poljima Županje, prinosi pšenice u jednoj godini povećani su kod pšenice za 10-25%, a na dreniranim tlima u pokusu Vinkovci - Čeretinci za 21%. Na Tovarniku je postignuto povećanje prinosa sjemenskog ječma za 16%. Interesantno je, da su maksimalni prinosi sjemenskog ječma na Tovarniku 4,4 t/ha kod razmaka drenova 30 m, a na Čeretincima 4,3 t/ha kod razmaka drenova 20 m (Vidaček Ž., i sur., 1986, Vidaček Ž., 1987).

Kontrolna polja - stacionari unutar površina radnih jedinica Šašina Greda i Mahovo reprezentiraju heterogena tla (pseudoglej- glej, amfiglej), drenirana i nedrenirana, bez izvedenih agromelioracija. Zabilježene su izvjesne razlike u režimu podzemnih voda, dok to nije slučaj za režim vlažnosti rizosfernog sloja, gdje se još uvijek povremeno formiraju tzv. viseće podzemne vode. Na pojedinim stacionarima izmjeren je u razdoblju ožujak-travanj drenažni istek 0,8 l/s/ha ili samo u ožujku 0,52- 0,87 l/s/ha. Analize drenažne vode pokazuju da se radi o relativno čistoj vodi; osim u fazi žetve kada su nađene veće količine nitratnog dušika 62-83 mg NO₃/l vode ili 4-5 puta veće koncentracije od zimskih drenažnih voda. Ukupan broj mikroorganizama u tlu na Šašinoj Gredi odgovara osrednjoj biogenosti, a na Mahovu dobroj do izrazito dobroj biogenosti. Postignute razlike u prinosisima kultura na dreniranom i nedreniranom tlu su male. Na kontrolnim poljima-stacionarima Šašine Grede postignuti su prinosi pšenice 5,07-6,48 t/ha, ozime uljane repice 1,56-2,02 t/ha, a na Mahovu prinosi pšenice iznose 4,47 t/ha, jare zobi 1,1 t/ha, soje 2,39 t/ha i kukuruza 4,5 t/ha (Vidaček Ž., i sur., 1988-90).

Prinose na stacionarima Šašina Greda u trogodišnjem razdoblju i preračunato u žitne jedinice radi uspoređivanja, prikazujemo u tabeli 4 (Čamdžić S., Rezo B., 1986-90).

Tabela 4: Proizvodnja žitnih jedinica, tha^{-1}

Godina	Drenirano (RA-6)	Indeks	Nedrenirano (RA-7)	Indeks	Drenirano (RA-9)	Indeks
1987.	1.70	100	3.93	100	ugar	
1988.	6.33	372	6.59	168	5.62	100
1989.	3.34	196	3.12	79	4.00	71
1990.	5.29	311	5.07	129	5.97	106
Prosjek 1988 / 90.	4.99	293	4.93	125	5.20	93
Stopa promjene 1987 / 90.	46.0 %		9.9 %		2.96 %	

Uz standardnu tehnologiju proizvodnje prosječni prinosi izraženi u žitnim jedinicama na dreniranom polju RA-7 su neznatno manji od prinosa na dreniranom polju RA-6. Na kontrolnom polju RA-9 prosječni prinosi istih kultura izraženi u žitnim jedinicama su za oko 5% veći od nedreniranog polja. U tri godine najveća je stopa rasta prinosa ostvarena na polju RA-6 s 46%, a najmanja na polju RA-9 s 2,9%. Ovako visoka stopa rasta na polju RA-6 rezultat je niskog prinosa silažnog kukuruza u baznoj 1987. godini.

Među raznim rezultatima kontrole funkcioniranja cijevne drenaže sa ili bez agromelioracija na našičkom i slatinskom području izdvajamo slijedeće (Racz Z., 1990). U hidro i agromelioriranim tlima, utvrđena su ponovno zbijanja tla već nakon 4 godine od izvedenih melioracija. Razlozi se tumače nestabilnošću strukture i prekomjernim gaženjem tla u uvjetima intenzivne proizvodnje. U težim vertičnim i teksturno lakšim hidromelioriranim tlima, utvrđene su velike razlike u dinamici fiziološki aktivne vlage i konzistenciji. Razlozi su u djelomično specifičnim klimatskim prilikama za promatranu godinu i općenito zadnjih godina, te zbog bitno različitih hidropedoloških i mehaničkih svojstava istraživanih tala. U vertičnim tlima i postojećim uvjetima ratarske proizvodnje, utvrđen je gotovo potpuni gubitak fiziološki aktivne vlage, uz relativno povoljnu konzistenciju tla u srpnju mjesecu. U lakšim tlima situacija je obrnuta, jer uz povoljnu vlažnost tla dolazi do bržeg prelaska u čvrsto stanje konzistencije. Njihove posljedice u agrotehnici, kao i za rast i razvoj podzemnih dijelova biljaka, za sada nisu poznate.

Čini se da praćenje ekonomskih i proizvodnih efekata cijevne drenaže nije česta, a još manje redovita pojava. Zbog toga rezultati takve analize zavređuju posebnu pažnju. Izvode se u sklopu redovite ratarske proizvodnje na dijelu površina radne jedinice Sikirevci (201 ha) i gospodarstva Zadubravlje (221 ha) u Slavoniji, te kroz razdoblje 13 odnosno 10 godina (Čamdžić S. 1985). Poslije izvedene drenaže Sikirevci 20 m i Zadubravlje 24 m razmaka bez agromelioracija, evidentne su slijedeće razlike.

Dužina tabli u Zadubravlju prije melioracija iznosila je 160-210 m, a poslije izvedenih

melioracija 600-1.700 m, u Sikirevcima prije melioracija 190-230 m, a poslije melioracija od 1.483-1.908 m. Osim toga povećane su ukupne površine u Zadubravlju za 34 ha ili 18,2% a u Sikirevcima za 9,39 ha ili 4,9%. Površine su povećane uklanjanjem međa i privođenjem kulturi ranije neobrađenih manjih enklava koje su unutar melioracionih rajona.

Poslije izvedenih melioracija produktivnost ukupnog živog rada u Zadubravlju porasla je u sedmogodišnjem razdoblju za 57%, a direktnog čak za 79% prema razdoblju prije melioracija, mjereno u žitnim jedinicama. U Sikirevcima su desetgodišnji rezultati nešto povoljniji. Ovdje je produktivnost ukupnog rada veća za 69% a direktnog za 94%. Najveći porast proizvodnosti ukupnog i živog rada ostvaren je u proizvodnji pšenice u 1988 godini. Tako je proizvodnost ukupnog rada skoro dva i pol puta veća u ovoj godini, a direktnog blizu dva puta nego u 1981. godini prije meliorativnih zahvata. U svih sedam godina koeficijent ekonomičnosti veći je od jedan, što znači da se proizvodilo bez gubitaka.

U Sikirevcima, međutim, najveći je porast proizvodnosti ukupnog rada bio u 1982. godini, kada je bio 2,7 veći nego u 1977. godini prije izvedenih melioracija. Ovdje je najveći porast proizvodnosti direktnog rada bio u proizvodnji uljane repice, u 1983. godini. Bio je za 3,6 puta veći nego u 1977. godini.

Uvijek je i sve mjereno u žitnim jedinicama. Ono što ovdje upada u oči to je da imamo čitav niz godina gdje je koeficijent ekonomičnosti manji od jedan. On je naročito nizak u 1988. tj. u desetoj godini poslije izvedenih melioracija (Tabela 5) Jedan od odgovora na pitanje zašto se na melioriranim površinama proizvodi uz gubitke mogao bi biti da se sistem odvodnje zamuljio, jer nije održavan otkako je izgrađen.

Tabela 5: Ekonomska mjerila uspjeha po 1 hektaru

Kontrolno polje i razdoblje analize	Proizvodnost rada kg / ha		Koeficijent ekonomičnosti
	ukupnog	direktnog	
Prije uređenja - melioracija			
Zadubravlja, prosjek 1979-81	85.57	157.22	0.94
Sikirevci, prosjek 1976-78	76.71	131.7	0.84
Poslije uređenja - melioracija			
Zadubravlje, prosjek 1982-88	134.31	282.53	1.18
Indeks prosjek 1979-81 = 100	156.96	179.70	1.25
Sikirevci, prosjek 1979-88	129.71	255.61	1.35
Indeks prosjek 1976-78 = 100	169.09	194.08	1.61

Tok novca u Zadubravlju po stalnim cijenama negativan je u svih pet godina dok traje otplata anuiteta. To pokazuje da je ova investicija likvidna tek pošto se završi otplata kredita. Gubici u ovom periodu praktično su još veći kad se ima u vidu da amortizacija nije uključena u ukupni odliv sredstava. Ovaj tok novca pokazuje, da ni dobro organizirana ratarska proizvodnja ne može podnijeti kratke rokove otplate i visoke kamatne stope.

U Sikirevcima je tok novca još nepovoljniji. U desetogodišnjem periodu poslije izgradnje

sistema odvodnje on je pozitivan u samo četiri godine. Činjenica, da su nam na ovom stacionaru u zadnje tri godine troškovi veći od prihoda, još jednom postavlja pitanje razloga.

Koeficijent netto dobiti, računat po stalnim cijenama uz diskontnu stopu od 11% pokazuje u Zadubravlju da jedinica ukupnih troškova ostvaruje 1,19 jedinica ukupnih prihoda, tj. koeficijent ekonomičnosti iznosi 1,19. Jedinica investicija ostvaruje 1,05 jedinica netto dobiti, a rentabilnost ovih ulaganja iznosi 19%. Uz iste uvjete, u Sikirevcima jedinica ukupnih troškova ostvaruje 1,17 jedinica ukupnih prihoda, tj. koeficijent ekonomičnosti iznosi 1,17. Jedinica investicija ostvaruje 0,78 jedinica netto dobiti, a rentabilnost ulaganja iznosi 17%.

U zaključku bi se moglo reći, da su svi ekonomski pokazatelji uspješnosti manje povoljni za stacionar Sikirevci, naročito u zadnjih nekoliko godina, nego oni u Zadubravlju.

Uspoređujući prinose u Posavini (Š.Greda), izražene u žitnim jedinicama, s postignutim prinosima u Slavoniji (Sikirevci, Zadubravlje), proizlazi da su prinosi u Posavini nešto niži. Naime, prosječan trogodišnji prinos je na stacionaru Sikirevci 5,98 t/ha i u Zadubravlju 6,21 t/ha, dok je na kontrolnom polju - stacionaru RA-9 za iste godine 5,2 t/ha.

5. Preporuke za racionalno korištenje dreniranih površina

Sve je veća zastupljenost hidromelioriranih površina intenziteta detaljne odvodnje cijevnom drenažom u poljoprivredno proizvodnom zemljišnom fondu Hrvatske.

U proteklom razdoblju organizirana stacionarna istraživanja, za potrebe kontrole postojećih izgrađenih sustava, mogu poslužiti za elaboriranje vlastitih iskustava u projektiranju, izvođenju i postmeliorativnoj fazi eksploatacije tih novih sustava. S tim u vezi, iz pregleda rezultata stacionarnih istraživanja detaljne odvodnje u našoj republici, mogli bismo zaključiti da u većini slučajeva cijevna drenaža, sa ili bez izvedenih agromelioracija, pokazuje barem u prvim godinama manje ili veće pozitivne hidrotehničke, hidropedološke, pedomehaničke, pedofizikalne, biljno hranidbene, pedobiološke, proizvodne i ekonomske efekte.

Međutim, istovremeno bilježimo sve više nedostataka u funkcioniranju drenažnih sistema i ograničenja za racionalnije korištenje dreniranih površina. Osim toga, malo ili vrlo rijetko pratimo i analiziramo ekonomske efekte poljoprivredne proizvodnje na dreniranim površinama. Nije rijetka mala efikasnost i skoro disfunkcija pojedinih dijelova ili cijelih drenažnih sustava.

Zbog relativno visokih investicijskih ulaganja i troškova održavanja postojećih sustava detaljne odvodnje i kompletnih hidromelioracijskih sustava, potrebno je redovito kontrolirati i održavati sve dionice sustava, te intenzivno koristiti drenirano poljoprivredno zemljište. U operativnom smislu, to znači za svaki hidromelioracijski sustav, izradu i realizaciju Programa kontrole, održavanja i korištenja objekata, sustava i zemljišta.

Za kontrolu funkcioniranja sustava cijevne drenaže preporučamo organiziranje tzv.

kontrolnih polja stacionarnog karaktera unutar dreniranih površina i u sklopu redovite poljoprivredne proizvodnje (Vidaček Ž., i sur. 1988-90, Racz Z., 1990). Broj kontrolnih polja unutar nekog sustava može varirati prema hidrotehničkim ili/ i agrotehničkim rješenjima, zatim prema stupnju efikasnosti odnosno funkcionalnosti pojedinih njegovih dionica (dreniranih tabli, varijantnih rješenja). Dobiveni podaci služe za kvantifikaciju stupnja efikasnosti sustava, provjeru korektnosti projektnih rješenja, te programiranje tekućeg održavanja i/ili rekonstrukciju sustava i pojedinih dionica sustava.

Kontrolom funkcioniranja sustava cijevne drenaže utvrđujemo eventualne greške izvođenja ili/ i neadekvatnog održavanja. U postmeliorativnoj fazi to je zamuljivanje drenskih cijevi ili/ i filterskog materijala, okerizacija i oštećenja drenskih cijevi. Kod neadekvatnog održavanja objekata i sustava površinske odvodnje, te prekida evakuacije vode kanalima, dolazi do začepjenja izljeva drenskih cijevi. Stoga naglašavamo, da održavanje objekata i sustava cijevne drenaže, pretpostavlja redovito održavanje objekata i sustava površinske ili osnovne odvodnje. Najmanja greška u funkcioniranju hidromelioracijskog sustava odvodnje, odražava se višestruko na stanje i funkcionalnost proizvodne table ili drenaže. Javlja se usporeno otjecanje viška površinske ili/ i podzemne vode, zatim je usporeno sniženje nivoa podzemne vode. Nastaju problemi ili je nemoguć rad poljoprivredne mehanizacije, što izaziva odlaganje sjetve, žetve i berbe u optimalnim rokovima. Povećavaju se troškovi poljoprivredne proizvodnje i smanjuju prinosi. Zbog toga, uz ranije navedena mjerenja na kontrolnim poljima - stacionarima, nužna je redovita inspekcija svih dreniranih površina.

Racionalno korištenje dreniranog zemljišta pretpostavlja intenzivnu poljoprivrednu odnosno ratarsku proizvodnju i uvođenje tzv. intenziviranih plodoreda (Mihalić V., 1985, Vidaček Ž., 1987), koji su u biološkom, agrotehničkom i organizacijsko- tehničkom smislu prilagođeni specifičnostima dreniranih površina, te potrebama ekonomične poljoprivredne proizvodnje. U tu svrhu navodimo samo neka vlastita i praktična iskustva.

Na teksturno težim dreniranim tlima, u sisteme biljne proizvodnje treba uključiti rane i srednje kasne kulture.

Na lakšim homogenim tlima, moglo bi se uzgajati više povrtnih kultura i usjeva za sjemensku proizvodnju. Uvođenje krmnih usjeva kao postrnih, vjerojatno će u našim hidrotermičkim uvjetima zahtijevati dopunsko natapanje.

Uvođenje intenzivnih travnjaka ili pašnjaka može biti iznimka na dreniranim površinama intenziteta oranične biljne proizvodnje.

Za intenzivno korištenje dreniranih površina odnosno programiranje poljoprivredne proizvodnje, treba angažirati specijaliste za opće i specijalno ratarstvo, te povrtlarstvo i agroekonomiku.

Literatura

- Cavelaars J.C. (1980): Design and Management of Drainage Systems. 27. Subsurface Field Drainage Systems, ILRI, publication 16, vol IV, Wageningen
- Čamdžić S., Rezo B. (1986-1990): Ekonomski i proizvodni efekti melioracija, izvještaji SIZ-u za znanost Hrvatske - 1986, 1987, 1988, 1989, 1990 god. FPZ-Institut za ekonomiku i organizaciju poljoprivrede, Zagreb
- Čamdžić S. (1985): Proizvodni i ekonomski efekti odvodnje u SOUR- u Jasinje, FPZ-Institut za ekonomiku i organizaciju poljoprivrede, Zagreb
- Čamdžić S., Rezo B. (1988-1990): Utjecaj melioracijskih mjera na organizaciju i ekonomiku proizvodnje, Izvještaji SIZ-u za znanost Hrvatske - 1988, 1989, 1990 god. FPZ-Institut za ekonomiku i organizaciju poljoprivrede, Zagreb
- Dieleman P.J., Trafford B.D. (1976): Drainage Testing, Irrigation and Drainage Paper, No 28, FAO, Rome
- Marušić J. (1984): Problemi, zadaci izvedbe i održavanje hidromelioracijskih sistema. Priručnik za hidrotehničke melioracije, knjiga 1, str. 117-149, DONH, Zagreb
- Marušić J. (1990): Stupanj izgrađenosti hidromelioracijskih sustava za odvodnju poljoprivrednih zemljišta u Hrvatskoj - 1990 g. GI-Fakultet građevinskih znanosti, Zagreb
- Marinčić J. (1979): Utjecaj drenaže na vodno-zračne promjene u teškim tlima pilot farme Rugvica, disertacija, posebna edicija, Bilten Univerziteta, Sarajevo
- Manger I. (1961): Hidrološka opažanja na pokusnim drenažnim stanicama Vinkovci i Šašna Greda u 1957-1960.god. Institut za istraživanje tla Poljoprivrednog fakulteta Zagreb
- Mihalčić V. (1985): Opća proizvodnja bilja, II izdanje, Školska knjiga, Zagreb
- Pušić B., Medin A., Marinčić I. (1967): Utjecaj cijevne drenaže na kretanje podzemne vode antropogenih tala voćnjaka Smilčić, III Kongres JDPK, Zadar
- Pušić B., Vukušić S. (1971): Učinak cijevne drenaže na odvodnju teških glej tala eksperimentalnog objekta Rugvica Ježevo, Savjetovanje o Posavini, Poljoprivredni fakultet, Zagreb
- Pušić B., Đaković B. (1971): Pokusna stanica za odvodnju Jasinje- program rada i preliminarni rezultati, Savjetovanje o Posavini, Poljoprivredni fakultet Zagreb
- Plamenac N, Timarić Z. (1967): Efekat cevne drenaže na uređenje vodnog režima glejnih zemljišta u slivu Karašice i Vučice, III Kongres JDPZ, Zadar
- Plamenac N. (1988): Effects of Subsurface Drainage on Heavy Hydromorphic Soil in the Nelin Dvor Area, Agricultural Water Management, vol. 14.Nos.1-4, Special Issue: Agrohydrology, Elsevier, Amsterdam
- Racz Z, Đaković B. (1985): Postmeliorativna eksploatacija uređenog zemljišta u poljoprivrednoj proizvodnji Savjetovanje - Veliki odvodni sustavi - Črnc polje, Zbornik radova,

DONH i JDON, Zagreb

- Racz Z. (1989): Optimalizacija pedofizikalnih i mehaničkih svojstava tala za potrebe intenzivne ratarske proizvodnje, *Nauka u proizvodnji* 17(1-4)41-49
- Racz Z. (1999): Hidropedološka problematika stacionarnih istraživanja za potrebe intenzivne ratarske proizvodnje, referat stručnog sastanka VP "Karašica-Vučica" i PPK Orahovica, Gutmanovci
- Vidaček Ž., Petrić M., Dadić M. (1986): Pобољшanje melioracionih mjera i održavanje optimalnog vodnog režima u tlu, u cilju povećanja prinosa uzgajanih kultura i maksimalno moguće proizvodnje hrane u Slavoniji, izvještaj SIZ-u za 1985.god., PF Osijek, Zavod za mehanizaciju, agrotehniku i melioracije, Vinkovci
- Vidaček Ž. (1987): Neki aspekti kontrole, upravljanja i korištenja hidromelioracijskih sistema, *Poljoprivredne aktualnosti*, sv-vol 28, br. 1-2, str. 183-194, Zagreb
- Vidaček Ž., Durman P., Sertić Đ. (1988,1989,1999): Kontrola efikasnosti drenažnog sistema na području Šašna Greda i Mahovo u funkciji biljne proizvodnje (izvještaji - elaborati za 1987/88.1988/89 i 1989/90 hidrološku i gospodarsku godinu), FPZ- Institut za agroekologiju, Zagreb
- Vlaketić K. (1986): Utjecaj drenaže na nekim hidromorfnim tlima u Slavoniji na njihov vodni režim i prinos gajenih kultura, disertacija, Vodoprivreda SR Hrvatske, Zagreb

KONTROLA I ODRŽAVANJE SUSTAVA CIJEVNE DRENAŽE

1. Uvod

Od kraja osamnaestog stoljeća, kada se prvi puta u svijetu uvodi drenaža za korekciju i kontrolu nivoa podzemne vode poljoprivrednog tla, događaju se značajne promjene u projektiranju i tehnici izvođenja cijevne drenaže. Projektna rješenja rezultat su razvoja i napretka pedologije odnosno hidropedologije, hidraulike i hidrologije tokom devetnaestog i dvadesetog stoljeća. Tehnički napredak u izvođenju drenaže je u većem dijelu rezultat razvoja i u jednom dijelu otkrića novih materijala, a samo djelomično rezultat promjena ekonomskih uvjeta. Određeni utjecaji na razvoj cijevne drenaže su također i zbog promjena cijena poljoprivrednih proizvoda odnosno općenito promjena u agrarnoj politici.

Prvi drenažni radovi u nas izvedeni su još krajem prošlog i početkom ovog stoljeća. Najveće površine drenirane su u sedamdesetim i osamdesetim godinama ovog stoljeća, a projektna rješenja temelje se na anglo-američkim, evropskim i vlastitim iskustvima. Uz pozitivne efekte i efikasnost cijevne drenaže, nalazimo nedostatke u funkcioniranju drenažnih sustava. Razlozi mogu biti vrlo različiti. Mnogi drenažni sustavi projektirani su i izvedeni bez dovoljno relevantnih podataka - mjerenja ili/i iskustava. Nisu rijetka odstupanja od projektne dokumentacije zbog tehničkih, financijskih ili/i organizacijskih problema.

Često izostaju ili su pogrešno izvedene agromelioracije kao posljedica nedostatka potrebne mehanizacije, ili se agromelioracijske mjere izvode u nepovoljnim uvjetima vlage i konzistencije tla. Filter materijal se izostavlja ili nekorektno ugrađuje.

Kontrola i održavanje cijevne drenaže i pratećih objekata, nažalost nisu redovite pojave, a još manje obavezne. Zbog toga, u interesu racionalnog korištenja relativno skupih sustava cijevne drenaže, potrebna je njihova redovita kontrola i održavanje. U tu svrhu, detaljnije analiziramo uvjete pravilnog rada sustava cijevne drenaže, mogućnosti dijagnosticanja i otklanjanja utvrđenih grešaka, te preporuke za redovito održavanje, dakako sve u kontekstu planova ili programa kontrole, održavanja i korištenja hidromelioracijskih sustava i melioriranog poljoprivrednog zemljišta.

2. Programi eksploatacije hidromelioracijskih sustava

Sušтина je planova ili programa eksploatacije hidromelioracijskih sustava odvodnje redovita kontrola i održavanje objekata površinske i podzemne odvodnje cijevnom drenažom, te racionalno korištenje dreniranja zemljišta (Vidaček Ž., i sur. 1991). U operativnom smislu to znači izradu i realizaciju Programa kontrole, održavanja i korištenja, sljedećeg obima i sadržaja:

- kontrola i održavanje objekata i sustava površinske odvodnje
- kontrola i održavanje objekata i sustava podzemne odvodnje cijevnom drenažom
- plan intenzivnog korištenja dreniranog zemljišta

Programiranje kontrole i održavanja objekata i sustava površinske odvodnje domena je vodoprivrednika odnosno hidrotehničara i propisano je Zakonom o izgradnji i iskorištavanju hidromelioracijskih sustava. Osnovni plan korištenja hidromelioracijskog sustava sadrži:

- podatke o klimatskim uvjetima,
- prikaz hidroloških i hidropedoloških svojstava područja i prikaz reljefa,
- tehnički opis objekata i uređaja, njihov raspored i funkcioniranje u sustavu,
- popis korisnika sustava,
- raspored parcela - površina i oznake kultura,
- tehničko rješenje sustava,
- raspored, dimenzije, način i rokove izrade privremenih kanala,
- podatke o organizaciji stručne i tehničke službe,
- troškove održavanja i funkcioniranja sustava, te prihode od korištenja sustava.

Programiranje kontrole, održavanja i korištenja cijevne drenaže nije u nas posebno ili detaljnije opisano i propisano. U izradi i realizaciji ovih programa moraju učestvovati vodoprivrednici, hidrotehničari i agronomi specijalisti.

Ovom prilikom razrađujemo temeljne postavke kontrole ili nadzora funkcioniranja sustava cijevne drenaže i najvažnije mjere redovitog održavanja.

Kontrolu funkcioniranja sustava cijevne drenaže - paralelnih drenova, čija je funkcija korekcija ili optimalizacija nivoa podzemne vode, preporučamo organizirati u sklopu kontrolnih polja te unutar dreniranih površina i u sklopu redovite poljoprivredne proizvodnje. To bi, u užem smislu, predstavljalo više-manje poznatu, ali samo sporadičnu i povremenu realizaciju plana reguliranja vodnog režima u rizosfernom sloju.

Broj kontrolnih polja inutar nekog sustava može varirati prema hidrotehničkim ili/i agrotehničkim rješenjima, zatim prema stupnju efikasnosti odnosno funkcionalnosti dreniranih tabli ili varijantnih rješenja.

Stacionarna opažanja uključuju: klimatske elemente, hidrološke, hidropedološke pedofizikalne i pedomehantičke parametre, kemijska svojstva tla, biljnog materijala i drenažne vode, pedobilogiju, visine prinosa, te analizu ekonomskih efekata biljne proizvodnje na dreniranim površinama. Interpretacijom gore spomenutih podataka ocjenjujemo ne samo efekte promjene vodno-zračnog režima vlažnosti tla, nego sve ostale komponente plodnosti i produktivnosti reprezentativnog i odabranog melioriranog zemljišta. Dobiveni podaci služe za kvantifikaciju stupnja efikasnosti sustava ili pojedinih dionica sustava, zatim za provjeru korektnosti projektnih rješenja, te za potrebe tehničkog održavanja i remonta ili/i rekonstrukciju sustava.

Iz gore navedene kompleksne problematike predmet daljnjih razmatranja i preporuka je isključivo hidrološki i hidropedološki aspekt kontrole i održavanja paralelnih drenskih cijevi.

3. Kontrola i održavanje cijevne drenaže

Klasične drenažne sustave čine paralelni ili lateralni drenovi, drenovi kolektori i glavni drenovi. Funkcija paralelnih drenova je kontrola dubine podzemne vode. Drenovi kolektori sakupljaju vode i transportiraju u glavne drenove. Glavni drenovi evakuiraju višak vode s melioracijskog područja. U nas su gotovo svi sustavi podzemne odvodnje izvedeni s direktnim upustom drenažnih cijevi u melioracijske kanale III i IV reda odnosno u sabirne i detaljne kanale.

S agropedološkog i hidropedološkog gledišta, općenito, svrha je drenažnih sustava sprečavanje prekomjerne vlažnosti zone zakorjenjivanja, a u aridnom području, osim spomenutog, sprečavanje akumulacije soli drenažom trajno evakuiramo višak soli iz profila tla.

Uvažavajući gornje pretpostavke, održavanje uključuje sve mjere kojima osiguravamo redovito i optimalno funkcioniranje sustava cijevne drenaže. To postizemo redovitom kontrolom ili nadzorom, redovitim održavanjem ili/i rekonstrukcijom pojedinačnih ili cijelih drenažnih sustava. Preporuke za pojednostavljenu organizaciju kontrole i održavanja cijevne drenaže navedene su prema složenijim holandskim, engleskim, njemačkim i nekim našim iskustvima citiranim u tekstu i literaturi.

3.1. Uvjeti rada i kontrole sustava

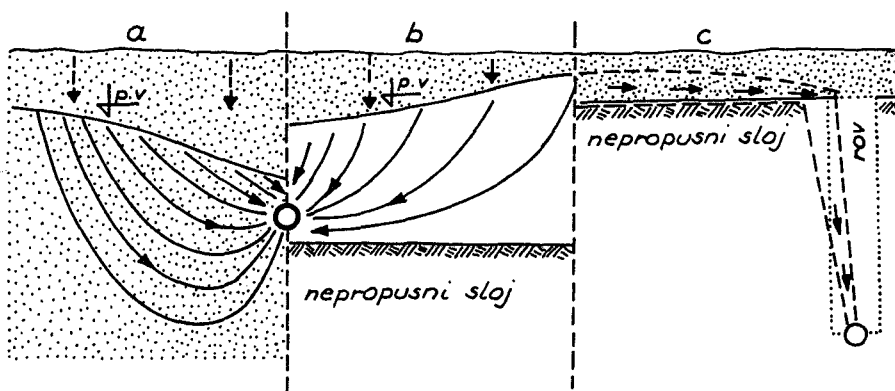
Funkcioniranje sustava cijevne drenaže ovisi u prvom redu o svojstvima tla. Osim manjeg dodatnog otpora, drenske cijevi ne mogu izazvati prekid toka vode u drensku cijev. Primarni činioci funkcioniranja pojedinačnih drenskih cijevi i kompletnog sustava su homogenost ili heterogenost dreniranog tla odnosno hidraulička vodljivost tla. Sekundarni činioci su stabilnost strukture, tekstura, sposobnost upijanja vode i kemijska svojstva tla. U stvarnosti, tla su najčešće heterogena kao na primjer pseudoglej, pseudoglej-glej, amfiglej i tresetno glejno

tlo. U manjoj mjeri nalazimo homogena tla, a u nas to su obično aluvijalna oglejena i hipoglejna tla. Kod adekvatnih kapaciteta drenskih cijevi funkcioniranje je određeno otvorima na ili između drenskih cijevi, te hidrauličkim svojstvima mehaničkog filtera, kontakt filtera i zemljišne ispune rova. Uz spomenuto treba dodati utjecaj rasporeda i debljine obloge, stabilnosti ispune, širine rova, nivoa podzemne vode i uvjeta vlažnosti tla prilikom postavljanja drenaže, te utjecaj kemijskih naslaga tla na ili okolo perforacije drenskih cijevi. Najvažniji činilac za funkcioniranje drenaže je hidraulička vodljivost tla. Kod niskih vrijednosti hidrauličke vodljivosti, uz iste ostale činioce, treba očekivati visoki nivo podzemne vode u sredini razmaka drenova. Također, mala hidraulička vodljivost znači veliki ulazni gubitak tlaka. To je redovita pojava kod heterogenih tala, ukoliko se ne izvode i ne obnavljaju agromelioracijske mjere.

Od kemijskih svojstava, za drenažu su relevantna: reakcija tla (pH), sadržaj željeza, mangana, sulfata, natrija i organske tvari u tlu.

Za projektiranje, kontrolu i održavanje sustava drenaže, između ostalog, neophodno je poznavati tok vode u drenskoj cijevi. Mnogo je matematičkih izraza za opis toka podzemne vode u paralelne drenske cijevi (Dieleman P.J., Trafford B.D., 1976 i Cavelaars J.C., 1980). Međutim, općenito su svi matematički izrazi rezultat simplifikacije poljskih uvjeta i pretpostavki.

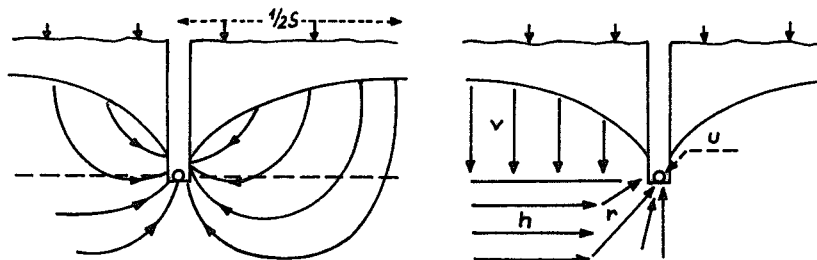
U slici 1 prikazujemo primjere za normalan tok podzemne vode u homogenom dubokom tlu (a), tok podzemne vode u heterogenom tlu ili kada je neposredni sloj odmah ispod drenske cijevi (b), i tok gornje podzemne vode u površinskom sloju odnosno u uvjetima plitko položenog podpovršinskog nepropusnog sloja (c).



Slika 1: Tok vode u homogenom tlu (a), heterogenom tlu (b) i u površinskom sloju (c)

- - - - - Infiltracija ili/i perkolacija
- tok podzemne vode

Prema Ernst-u možemo tok podzemne vode, u uvjetima drenaže, shematski podijeliti u više komponentata, slika 2.



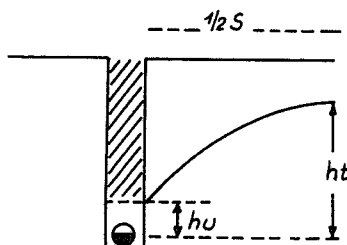
Slika 2: vertikalni (v), horizontalni (h), radijalni (r) i ulazni tok vode (u)

Dakle, riječ je o vertikalnoj, horizontalnoj, radijalnoj i ulaznoj komponenti toka vode, a ukupni gubitak hidrauličkog tlaka za tok vode u drensku cijev, možemo izraziti na slijedeći način:

$$h_t = h_v + h_h + h_r + h_u, \quad (1)$$

gdje su: h_v - vertikalna, h_h - horizontalna, h_r - radijalna i h_u - ulazna komponenta toka vode

Ulazna komponenta toka je važan i praktičan parametar bilo kao posebna vrijednost ili kao dio ukupnog gubitka tlaka, slika 3.



Slika 3: Ulazni gubitak tlaka (h_u), ukupni gubitak tlaka (h_t)

Prikazujući otpor toku, kao gubitak tlaka u sustavu, imamo za ulaznu komponentu slijedeći izraz:

$$r_u = \frac{h_u}{q_u} \quad \text{ili} \quad r_u = \frac{h_u L}{Q} \quad (2)$$

gdje su

r_u = ulazni otpor, dan/m

h_u = ulazni gubitak tlaka, m

L = dužina drena, m

q_u = istek po jedinici dužine drena, m³/m dan

$Q = q_u \times L$ = ukupni drenažni istek po dužini drena L

Gornje izlaganje pretpostavlja dovoljno homogeno tlo i tlo u kojem nema isteka podzemne vode u rov iznad slabo propusnog ili nepropusnog sloja (slika 1c), a nepropustan je svaki podpovršinski sloj koji ima za 1/10 manju hidrauličku vodljivost od gornjeg sloja. Zbog mogućeg utjecaja na radialni tok vode u drensku cijev njegova dubina mora biti najmanje 0,5 odnosno idealno 4 metra ispod drenske cijevi.

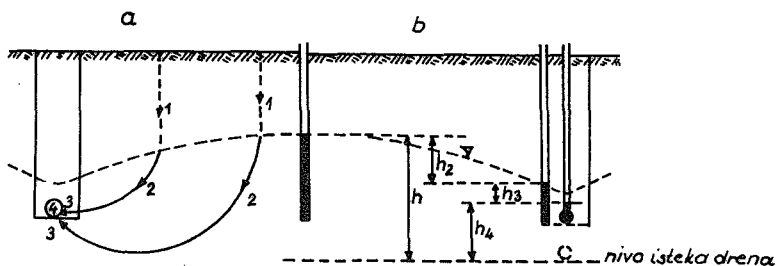
Cavelaars J.C. shematski dijeli tok vode u drenažnom sustavu ponešto drugačije od ranije naznačene podjele po Ernst-u, slika 4. Podjela je također na četiri komponente, ali na slijedeći način:

Komponenta 1 - Vertikalni tok, infiltracija u nesaturiranom tlu od površine tla do nivoa podzemne vode i filtracija do dubine drena

Komponenta 2 - Horizontalni tok prema drenu i djelomično radialni tok u području drenskog rova

Komponenta 3 - Tok vode od granice drenskog rova do u drensku cijev

Komponenta 4 - Tok vode kroz drensku cijev do izljeva



Slika 4: Komponente toka vode (a) i stanje tlačnog potencijala (b)

Ako postavimo pjezometre u prelazna područja između pojedinih komponenata, onda možemo mjeriti gubitak tlaka u svakoj komponenti odnosno podijeliti ukupni gubitak tlaka sustava u određene i lokalizirane korake. Odgovarajući otpor toku možemo odrediti na slijedeći način:

$$h_i = q \times w_i, \text{ gdje su} \quad (3)$$

h_i - gubitak tlaka u i-toj komponenti, m

q - istek po jedinici dužine drena, m^3/m dan

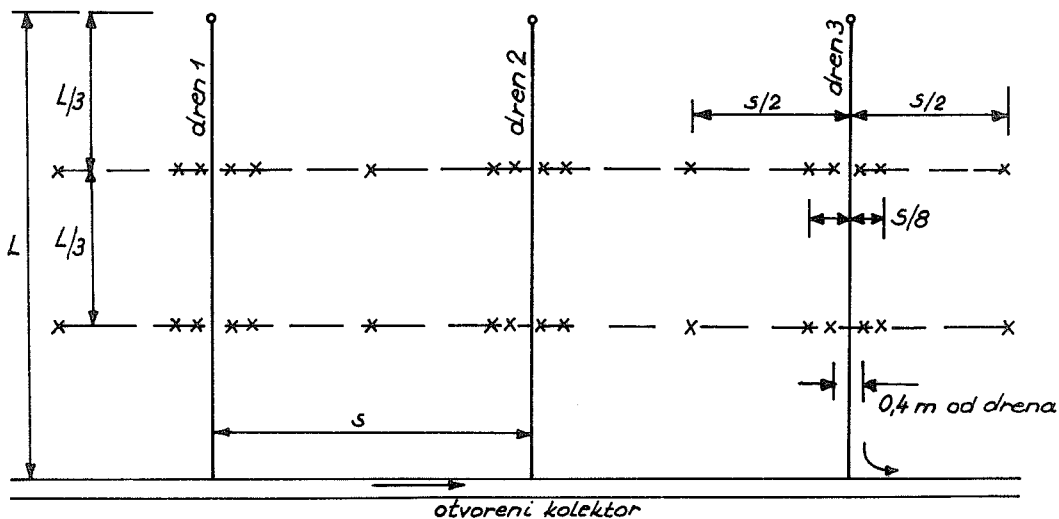
w_i - otpor u i-toj komponenti, dan/m

Sveukupni otpor toku može biti određen iz slijedećeg izraza

$$h = \sum h_i = \sum q W_i \quad (4)$$

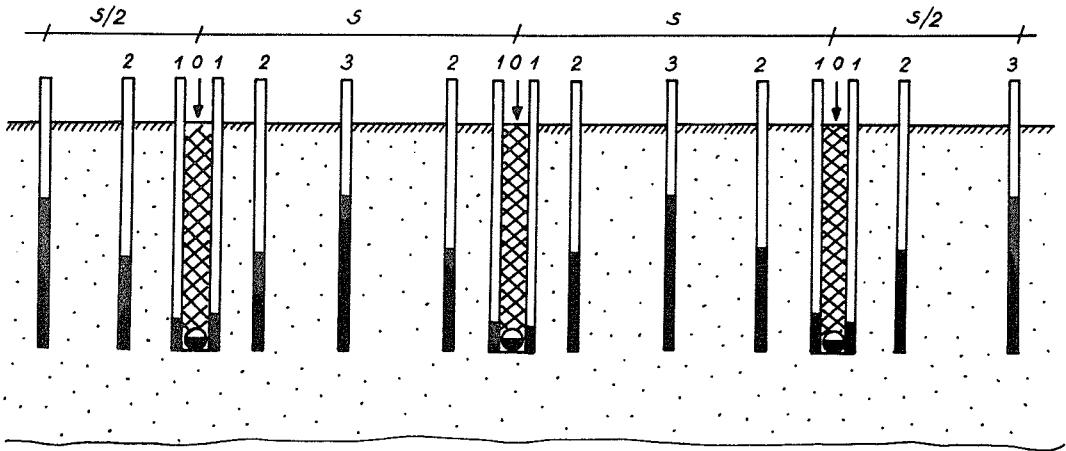
3.2. Organizacija kontrole

Kontrola rada drenskih cijevi ili u širem smislu, kontrola sustava drenaže koju možemo organizirati u sklopu kontrolnih polja - stacionara, predviđa između ostalog mjerenje hidrauličke visine i gubitka visine ili tlačnog potencijala u pjezometrima ili bušotinama. Najpouzdanije podatke dobivamo pjezometarskim osmatranjima. Raspored i dubina pjezometara je prema stvarnoj ili pretpostavljenoj problematici. Jedna mogućnost rasporeda i dubine je po principu testiranja ili kontrole u slici 4, a druga mogućnost prema rasporedu i dubini pjezometara za najmanje tri paralelne drenske cijevi u slikama 5a i b.



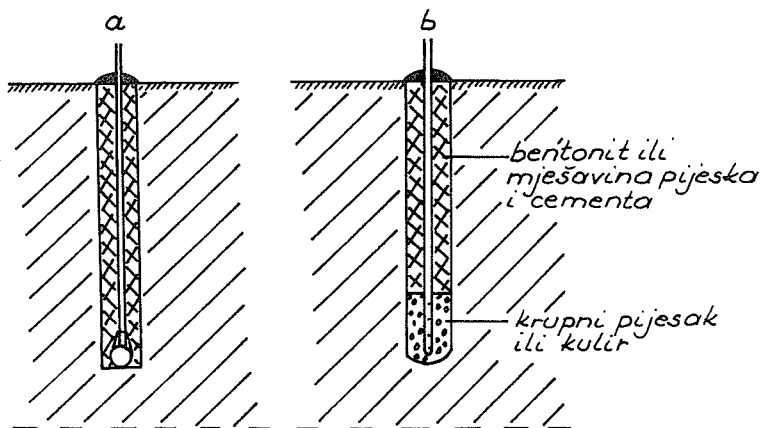
Slika 5a: Raspored drenova i pjezometara - tlocrt
x - pjezometri; L-dužina drena; s-razmak drenova

Broj kontrolnih polja ovisi o stupnju funkcionalnosti i efektivnosti dreniranih površina, ili, konkretnije, o heterogenosti tla i projektnih rješenja. U idealnom slučaju preporuča se statistička obrada podataka, međutim, u praksi je najčešće broj kontrolnih polja ograničen na 2 - 3 ponavljanja. Veličina kontrolnih polja ovisi o broju kontrolnih drenova i dužini drenova. Najmanje je to $3S \times L$, slika 5.



Slika 5b: Raspored drenova i pjezometara - bokocrt
 s - razmak drenova; 1,2,3 pjezometri od drena;
 0- pjezometar u drenskoj cijevi (fakultativno)

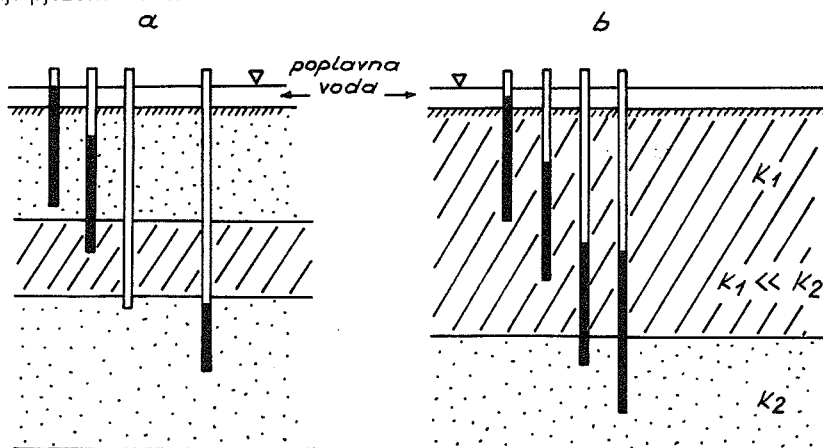
Prvi pjezometar je 0,4 m od centra drena ili odmah izvan drenskog rova, drugi 1/8 i treći 1/2 razmaka drenskih cijevi. Moguću konstrukciju i instaliranje pjezometara prikazujemo u slici 6.



Slika 6: Pjezometar u drenskoj cijevi (a),
 pjezometar u tlu (b)

Treća mogućnost rasporeda i dubine su tzv. baterije ili pjezometarska gnijezda. Pjezometri su različite dubine i međusobnog razmaka najmanje 2 metra, slika 7.

Osim na drenirane površine, za određene namjene i interpretacije, preporuča se postavljanje pjezometara na nedrenirane table.

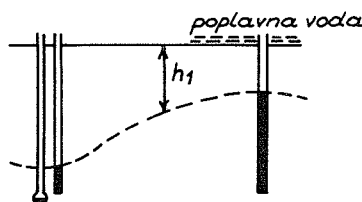


Slika 7: Slabo propustan sloj na nekoj dubini u profilu tla(a) i površinski (gornji sloj) ima manju hidrauličku vodljivost od podzemnog (b)

3.3. Utvrđivanje i otklanjanje grešaka u projektiranju i/ili izvođenju sustava podzemne drenaže

Holandska i engleska iskustva potvrđuju mogućnost prekida rada pojedinih drenskih cijevi ili sustava cijevne drenaže, zbog grešaka u sve četiri komponente drenažnog toka voda (slika 4).

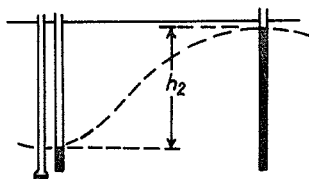
Sprečavanje vertikalnog toka i poplavna voda, nastaju u uvjetima gornje podzemne vode ili/i prirodnog ili/i čovjekovim djelovanjem formiranog nepropusnog sloja tla. Stanje i raspored tlačnog potencijala u pjezometrima prikazani su na slici 7 ili 8.



Slika 8: Greška u vertikalnom toku vode (komponenta 1)

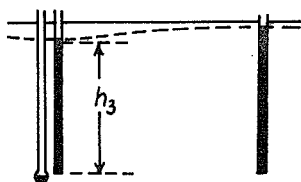
Otklanjanje ove greške postižemo dubljom obradom, rahljenjem nepropusnog sloja ili dopunskom površinskom odvodnjom (npr. kritična drenaža)

Nedostaci u horizontalnom i radijalnom toku, komponenta 2, nastaju kod preširokog razmaka drenova, slika 9.



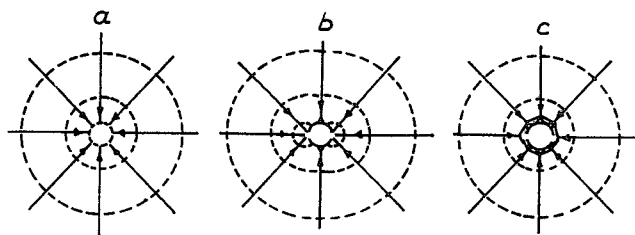
Slika 9: Greška u horizontalnom i radijalnom toku (komponenta 2)

Nedostaci u horizontalnom i radijalnom toku rezultat su pogrešnog projektiranja odnosno neadekvatne procjene ili izmjere hidrauličke vodljivosti, dubine do nepropusnog sloja i drenažnog isteka. Jedina mogućnost popravka ovakvog defektnog stanja drenaže je postavljanje novih međudrenova. U holandskoj praksi najviše grešaka utvrđeno je za slučajeve ulaznog toka vode u drenske cijevi, komponenta 3, slika 10.



Slika 10: Greška toka u drensku cijev (komponenta 3)

Najteži su slučajevi prekida toka podzemne vode u drenske cijevi onda kada prostor oko drena ima manju hidrauličku vodljivost od neporemećenog tla. Naime, kada je riječ o toku podzemne vode neposredno u drenske cijevi, onda se u teoriji drenaže najčešće kao prvo pretpostavlja tzv. idealni dren u koji voda može ulaziti cijelim njegovim obujmom, slika 11, te drugo da je prostor oko drena homogen (mehanički ili kontaktni filter, zemljišna ispunjena rova) i najmanje iste hidrauličke vodljivosti kao okolno neporemećeno tlo.



Slika 11: Idealan dren (a), dren s longitudinalnim prorezom (b), dren s longitudinalnim prorezom i propisnom oblogom (c)

————— pravac toka, - - - - - ekvipotencijalne linije

pomenuta greška u funkcioniranju drenaže može nastati, ako su drenovi instalirani u vlažnim uvjetima, ako je tlo za punjenje rova bilo blatnjavo, ili ako naknadno dođe do začepljenja tla ili okerom.

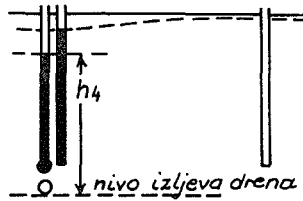
Preventivne mjere su instaliranje drenskih cijevi u optimalno vlažno tlo i korištenje dovoljno propusne obloge. Međutim, praksa je pokazala da propusna obloga ne može kompenzirati eventualne greške lošeg instaliranja drenaže, te da otklanjanje prekida ulaznog toka najčešće zahtijeva postavljanje novog drenskog sustava ili dionica sustava.

Prema engleskim iskustvima, za utvrđivanje i ocjenu grešaka u komponenti 3 ili ulaznoj komponenti toka vode u drenske cijevi, možemo koristiti granične vrijednosti iz odnosa razine podzemne vode na ulazu u drenski rov (h_u) i visine vode na sredini između dva drena (h_t), prema slici 3 i tabeli 1.

Tabela 1: Ocjena rada drenskih cijevi

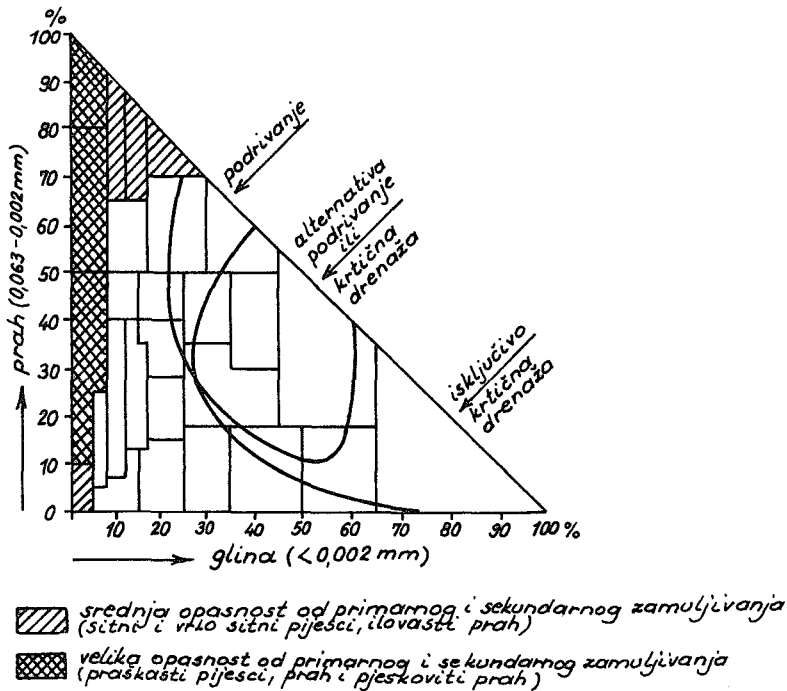
Gubitak tlaka h_u / h_t	Ocjena rada
< 0,2	dobro
0,2 - 0,4	umjereno
0,4 - 0,6	slabo
> 0,6	vrlo slabo

Sprečavanje ili prekid toka vode kroz drensku cijev, komponenta 4, slika 12, uvjetuje podtlak u drenskoj cijevi, a može nastati zbog malog promjera cijevi, oštećene ili začepljene cijevi. Začepljenje nastaje zamuljivanjem, kemijskim talogom ili korjenom biljaka.



Slika 12: Greške u toku vode kroz drensku cijev (komponenta 4)

Zamuljivanje drenskih cijevi može biti čitavim obujmom cijevi ili sa svih strana. Najveći postotak zamuljivanja nastaje u strukturno nestabilnim pjeskovitim i praškastim tlima, slika 13, ili konkretnije u tlima s većom količinom kategorije čestica 20- 150-200 μ m.



Slika 13: Opasnost od zamuljivanja, izbor podriavanja ili kritične drenaže

Zamuljivanje može započeti vrlo intenzivno odmah nakon instaliranja drenskih cijevi, posebno ako je polaganje obavljeno u vlažno ili mokro tlo. Kasnije se intenzitet može smanjiti. U ekstremnim slučajevima zamuljivanja, čišćenje će biti potrebno već nakon nekoliko mjeseci od instaliranja drenaže. U teže teksturnim tlima gotovo nema problema od zamuljivanja jer nakon 20-30 godina nalazimo jedva nekoliko milimetara sedimenata - taloga. Zamuljivanje drenskih cijevi sprečavamo preventivno ili čišćenjem.

Ukoliko je u projektnoj fazi utvrđena opasnost od zamuljivanja, onda, paralelne drenske cijevi moramo zaštititi odgovarajućim filter materijalom ili fino poroznim oblogom, vodeći računa kod izvedbe da se zamuljivanje događa čitavim obujmom drenske cijevi.

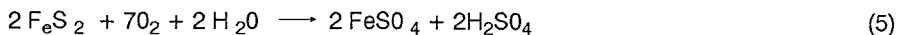
Mogućnost samočišćenja drenskih cijevi je mala. Za nesmetani prolaz pijeska kroz drenske cijevi treba minimalna brzina toka od oko $0,35 \text{ m s}^{-1}$, a glinene čestice prema holandskim iskustvima prolaze i kod manjih brzina toka.

Začepljenje može nastati taloženjem željeznih, željeznih i sumpornih, te manganovih spojeva. Sedimentacija željeza u principu teče na slijedeći način. Topivi oblik dvovaljanog željeza (Fe^{2+}) ulazi u dren s podzemnom vodom. U kontaktu sa zrakom oksidira (Fe^{3+}) i taloži se u netopivom obliku. Mehanizam taloženja je prilično kompleksan. U većini slučajeva poznat je utjecaj nekih bakterija, reakcija tla i temperature, tabela 2.

Tabela 2: Različite opasnosti začepljenja prema sadržaju željeza i stanju reakcije tla

FE ²⁺ koncentracija mg l ⁻¹		Mogućnost
pH < 7 kiseli uvjeti	pH > 7 alkalični uvjeti	Fe-okerizacije
< 0,5	< 1,0	vrlo mala
0,5 - 1	1 - 2,5	mala
1,0 - 2,5	2,5 - 5	umjerena
2,5 - 5	5 - 7,5	naglašena
> 5,0	> 7,5	vrlo naglašena

Općenito u dobro dreniranim i prozračnim tlima nalazimo željezni oksid (Fe_2O_3) netopiv u vodi, koji ostaje u disperznoj formi i nepokretan u profilu tla. Međutim, u slabo dreniranim i reduciranim tlima - slojevima nalazimo spojeve Fe^{2+} , zatim u tlima s više organske tvari i sumpornih spojeva. Od reduciranih željeznih spojeva, to su na primjer ferosulfat $\text{FeSO}_4 \times 7\text{H}_2\text{O}$ i ferosulfid FeS_2 . Kada je tlo drenirano i prozračeno dolazi do slijedeće reakcije:



Ferosulfat je topiv i nestabilan između neutralne i alkalične reakcije ($\text{pH} > 6,5$), a posljedice su ranije opisane.

Začepljenje drenova korijenjem biljaka problem je koji ovisi o biljnim vrstama, dubini drenova i klimatskim uvjetima. Korijenje ulazi u dren kroz drenske otvore. U Holandiji je bilo problema s korijenjem grmlja i drveća (npr. *Populus* sp.) koje je bilo u sastavu vjetrozaštitnih pojaseva. Za sada u nas nisu poznate takve ili slične pojave.

3.4. Ocjena funkcionalnosti

Ocjenu funkcionalnosti pojedinih drenskih cijevi ili/i kompletnih sustava drenaže, moguće je donijeti na temelju rezultata stacionarnih osmatranja ili ranije preporučene kontrole toka vode u drenske cijevi na kontrolnim poljima.

Osim ovih mogućnosti, na temelju ogromnog iskustva u Engleskoj, stvarno funkcioniranje drenažnog sustava može biti provjereno metodom koja uzima u obzir:

- količinu oborina za istraživano područje
- dinamiku nivoa podzemne vode u pjezometrima
- stanje površinskog sloja tla metodom koračaja

Uvažavajući dinamiku nivoa podzemne vode na dreniranom i nedreniranom tlu, izračunava se tzv. indeks pozitivnog efekta drenaže:

$$PED = \frac{V_{40} \text{ dana nedrenirano}}{V_{40} \text{ dana drenirano}} \quad (6),$$

gdje su

PED - indeks pozitivnog efekta drenaže

V_{40} dana - označava broj dana kada je izmjereni nivo vode u pjezometru 40 cm od površine ili manje

Granična vrijednost indeksa PED je 1,5. Efikasni i funkcionalni drenažni sustavi ili dionice sustava imaju indeks PED veći od 1,5. Ocjena stanja površinskog sloja tla metodom koračaja temelji se na slijedećim kriterijima: 1 - snijegom pokriveno, 2 - smrznuto, 3 - puno vode i mokro, 4 - šljapkavo ili voda pišti, 5 - tragovi koraka vidljivi, 6 - vlažno i mekano, 7 - vlažno i čvrsto, 8 - suho na površini i 9 - tvrdo i ispucano. Dakako, ocjenjuju se i uspoređuju drenirane i nedrenirane površine.

U biotehnološkom i agronomskom smislu osim hidroloških i hidropedoloških efekata drenaže, ocjenjujemo sve ostale agroekološke parametre utvrđene na kontrolnim poljima - stacionarima, koji određuju plodnost i produktivnost melioriranog zemljišta.

Sieben W. je posebno interpretirao i ukazao na utjecaj visoke fluktuirajuće podzemne vode na prinos ozime pšenice i jarih žitarica. Utvrdio je odnos između sniženja prinosa i nivoa podzemne vode. Za kritični nivo uzeo je dubinu od 30 cm i na toj osnovi izveo vrijednosti SEW₃₀. Naime, sve vrijednosti pliće od 30 cm kroz zimsko razdoblje (studeni-ožujak) množi s brojem dana, prema slijedećem primjeru: 10 dana je nivo vode 10 cm ispod površine tla, potom 30 - 10 = 20 cm množeno s 10 dana iznosi SEW₃₀ = 200. Opadanje prinosa pšenice zbog visoke podzemne vode dužeg trajanja je između SEW₃₀ = 100 do SEW₃₀ = 200. Ove vrijednosti se mogu nadopuniti sa podacima o visini prinosa ozimih ili jarih žitarica. Smatramo, da se po istom principu u sklopu kontrolnih polja mogu dobiti i korelirati podaci i za ostale kulture.

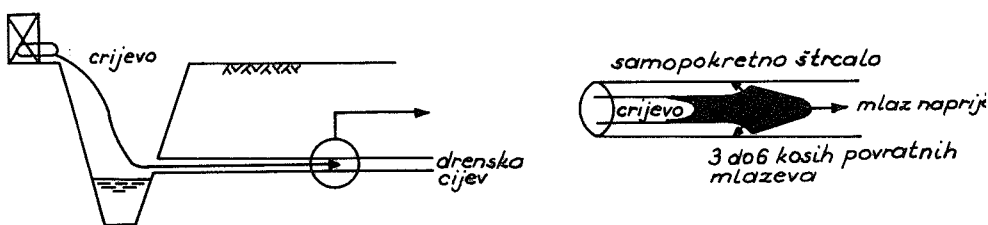
3.5. Održavanje sustava drenaže

Kao što je poznato riječ je o tekućim, remontnim ili rekonstrukcijskim mjerama. U sklopu tekućeg održavanja, osim ranije preporučene kontrole, prema njemačkim iskustvima treba nadzirati otvorene kanale drenirane površine i postrojenja. Otvorene kanale treba nadzirati najmanje jednom godišnje. Kod toga treba utvrditi da li kanali imaju projektom predviđene dimenzije. Zacijevljene kanale kontroliramo pomoću zrcala ili daljinskog oka. Obrada tla ili neki objekti moraju biti najmanje 1 m udaljeni od gornjeg ruba pokosa manjih kanala.

Drenirane površine treba kontrolirati svako proljeće i nakon duljih kišnih razdoblja da bi se ustanovila funkcionalnost drenaže. Treba paziti da li se pojedini dijelovi meliorirane površine sporije suše, zatim da li neki drenovi u usporedbi s drugima imaju znatno manji istek. Preporuča se inspekcija stanja kulture u uzgoju. Sva vlažna mjesta treba obilježavati. Izljeve drenova (žablje poklopce), šahtove i druge uređaje, treba redovito nadzirati. Pojavu okera i zamuljivanja također obilježavamo.

O kontroli i održavanju drenažnog sustava vodimo urednu evidenciju, na temelju koje možemo planirati i izvoditi potrebne mjere remonta ili/i rekonstrukcije. Naročito je važno redovito i pravovremeno čistiti otvorene kanale, drenske šahtove i izljeve drenova. O mogućim smetnjama u radu drenažnih sustava odnosno o greškama koje izazivaju uspor ili prekid toka vode u drenske cijevi, naveli smo u prethodnim poglavljima. Kod toga, posebno je upozoreno na probleme zamuljivanja u strukturno nestabilnim pjeskovitim i praškastim tlima, te problemu taloženja željeznih i drugih spojeva, koji uzrokuju začepljenje drenskih cijevi.

U praksi postoje dvije metode čišćenja drenskih cijevi, struganje ili ispiranje. Koriste se žice 1-2 mm s kukom, štapovi od okruglog čelika debljine oko 8 mm i crijeva za ispiranje, slika 14.



Slika 14: Čistač drenskih cijevi sa štrcalom

Mogu se kombinirati štapovi i crijeva za ispiranje sa samopokretnim štrcalom. Većina strojeva za čišćenje cijevi ima crijeva 250-300 m. Njihov radni kapacitet varira od 400 m/sat u normalnim uvjetima rada do 200 m/sat kod jačeg zamuljenja.

Osim mehaničkih metoda, talog željeznih spojeva može biti odstranjen kemijskom metodom pomoću sumpornog dioksida (SO_2).

Literatura

- Cavelaars, J.C. (1980): Design and Management of Drainage systems, 27. Subsurface Field Drainage Systems, ILRI publication 16, vol.IV, Wageningen
- Dieleman, P.J., Trafford, B.D. (1976): Drainage Testing FAO, Irrigation and Drainage Paper No 28, Italy
- Dušić D., Rudić D. (1985):: Eksperimentalna drenažna polja u SR Srbiji, Vodoprivreda 17, 94-95 (1985/2-3), Beograd
- Đaković, B (1953): Rezultati eksperimentalnog rada na drenažnim sistemima, Naša vodoprivreda br. 4, Sarajevo.
- Matičič, B. (1985): Kontrola efikasnosti izvedenih drenažnih sistema u SR Sloveniji, Vodoprivreda 17, 94-95 (1985/2-3). Beograd
- Racz, Z. (1981): Meliorativna pedologija II dio, Liber, Zagreb
- Smedema, K.L., Rycroft, W.D. (1983): Land Drainage, Batsford Academic and Education Ltd, London
- Vidaček, Ž. (1985): Pedološka i hidropedološka istraživanja za potrebe hidromelioracijskih sistema, Seminar za hidrotehničke melioracije, DGI, Zagreb
- Vidaček, Ž. (1987): Neki aspekti kontrole, upravljanja i korištenja hidromelioracijskih sistema, Poljoprivredne aktualnosti, SV-vol 28, br. 1-2, str. 183-194, Zagreb
- Vidaček, Ž., Durman, P., Sertić Đ. (1988, 1989, 1990): Kontrola efikasnosti drenažnog sistema na području Š.Grede i Mahovo u funkciji i biljne proizvodnje, izvještaji SIZ-u za 1987/88/89/90 hidrološku i gospodarsku godinu, FPZ- Institut za agroekologiju, Zagreb
- Vidaček, Ž., Čamdžić, S., Marušić, J., Racz, Z. (1991): Racionalno korištenje dreniranih površina u intenzivnoj ratarskoj proizvodnji, Poljoprivredne aktualnosti

UTJECAJ ODRŽAVANJA NA PROMJENE VEGETACIJE MELIORACIJSKIH I OBRAMBENIH SUSTAVA NA PODRUČJU ISTOČNE SLAVONIJE I BARANJE

1. UVOD

Preko stotinu godina izgrađuju se odvodni melioracijski kanali i obrambeni nasipi s ciljem odvodnje suvišnih i poplavnih voda s područja istočne Slavonije i Baranje, zbog reguliranja vodozračnog režima zemljišta, što utječe na povećanje i poboljšanje poljoprivredne proizvodnje i općenito privrednih i zdravstvenih uvjeta života ljudi (Torjanac, 1967, Marušić, 1983)

Funkcionalnost i trajnost ovih objekata može se očuvati samo redovitim održavanjem kanala i nasipa od suvišne i štetne samonikle zeljaste i drvenaste flore.

U proteklih stotinu godina obavljalo se je gospodarsko održavanje ručnom i strojnom košnjom i sječom (1-2 puta tijekom vegetacijske sezone) i izmuljivanjem kanala svake treće do pete godine (Marušić, 1983) dok je bila jeftina ljudska radna snaga, strojevi i gorivo do 1970. godine.

Po uzoru na ekonomičniju borbu s herbicidima protiv korova na oranicama u kombinaciji s mehaničkim mjerama i na osnovi postignutih rezultata istraživanja suzbijanja štetnog i suvišnog bilja na kanalima (Skender, 1970, 1972, 1976) uvedena je 1971. godine u široku praksu primjena herbicida na kanale u kombinaciji s košnjom otpornijeg i regeneriranog bilja na slivnom području "Vuka-Drava-Dunav" u istočnoj Slavoniji.

2. EKOLOŠKI UVJETI RAZVOJA FLORE I VEGETACIJE U SLAVONIJI I BARANJI

Koncem tercijara vladala je na području Panonije umjereno topla klima pa je flora i vegetacija bila slična današnjoj. U pleistocenu zahvatilo je srednju i sjevernu Evropu ledeno doba, kada je flora bila gotovo potpuno uništena. Područje naše zemlje do 1600 m n.m. visine bilo je uglavom izuzeto od glacijacije, gdje je bila sačuvana tercijarna flora i obogaćena vrstama alpske, arktičke, stepske, atlantske i drugih flora, koje su migrirale pod utjecajem ledenjaka, zbog čega Jugoslavija danas ima najveći broj biljnih vrsta (5000-6000) između ostalih zemalja u Evropi (Soć, 1940, Horvatić, 1967). U fitogeografskom pogledu flora naše

zemlje pripada holarktičkoj biljnoj oblasti, a flora istočne Slavonije i zapadnog dijela Baranje pripada eurosibirsko- sjevernoameričkoj biljnoj podoblasti (regiji) i to u ilirskoj provinciji (Horvatić, 1967).

Vegetacija nižeg šumskog pojasa istočne Slavonije pripada redu šuma bukve (Fagetalia Pawl.1928), svezi mezofilnih šuma običnog graba (Carpinion betuli illyricum, Horv.1958) i klimatogenoj šumskoj asocijaciji običnog graba i kitnjaka (Querco-Carpinetum croaticum Horv.1938). U ovom području na plavljenim površinama imaju veliko rasprostranjenje i značenje zajednice poplavnih i močvarnih staništa kao paraklimaks vegetacije reda poplavnih šuma bijele topole (Populetalia albae, Br.-Bl.1931., sveza bijele vrbe (Salicion albae, Soó 1940) i lužnjaka i crne johe (Alno-Quercion roboris; Horvat (1937, 1938) s asocijacijom poplavne šume lužnjaka s velikom žutilovkom (Genisto-Quercetum roboris, Horvat 1938). Ova šuma je u proteklih stotinu godina melioracija potpuno iskrčena, a umjesto nje razvile su se poplavne i močvarne livade redova obične busike (Deschampsietalia, Horvatić (1956,1958) i obične beskoljenke (Molinietalia W., Koch 1926), a manjim dijelom redova obične trske (Phragmitetalia W., Koch 1926) i trepavičaste pahovke (Arrhenatheretalia Pawl., 1926), koje se održavaju antropogenim utjecajem, košnjom i pašom. Kada su ove livade odvođene melioracijskim objektima, razvila se je na suhozemnim ocjeditim dijelovima profila (bankine i pokosi) glavnih, dubljih i plitkih detaljnih kanala, kao i u dnima plitkih detaljnih kanala pod utjecajem pretežno jednog ljetnog košenja i gnojenja s oranica, vegetacija sveze Arrhenatherion elatioris (Br.-Bl.1924) i to pretežno ruderalna varijanta subasocijacije trepavičaste pahovke s poljskim zečjim trnom (Arrhenatheretum elatioris hircinetosum ruderale, Ilijanić 1959) i tipična asocijacija trepevičaste pahovke (Arrhenatheretum elatioris, Br.-Bl.1959) na površinama, koje su redovito dva puta godišnje košene (obrambeni zemijani nasipi) u vegetacijskoj sezoni. U inundaciji nizinskog toka rijeke Vuke, gdje je samo kineta dva do tri puta košena u vegetacijskoj sezoni i u dnima glavnih i dubljih detaljnih kanala, uprkos redovitoj košnji, razvila se je vegetacija vodenjara sveze obične trske (Phragmition communis W.Koch 1926 (Sl. 1, 2, 3 i 4).

Prema Janekoviću (1970)., melioracijski i obrambeni objekti građeni su na različitim tipovima tala (livadsko, humidna crnica, humidno smeđe tlo, hidrogene crnice, lesivirano smeđe tlo, smeđe tlo), a kod izgradnje se na bankine kanala izbaci geološko- petrografski supstrat (horizont "C"), koji obiluje kalcijevim karbonatom.

Klimatske prilike područja u razdoblju istraživanja (1970-1973) prikazane su na klimadijagramu po H.Walteru (sl.5) za kišomjerne područne stanice Bobota, Antin, Tordinci, Osijek, Bračevci i Semelji s temperaturama hidrometeorološke stanice Osijek.

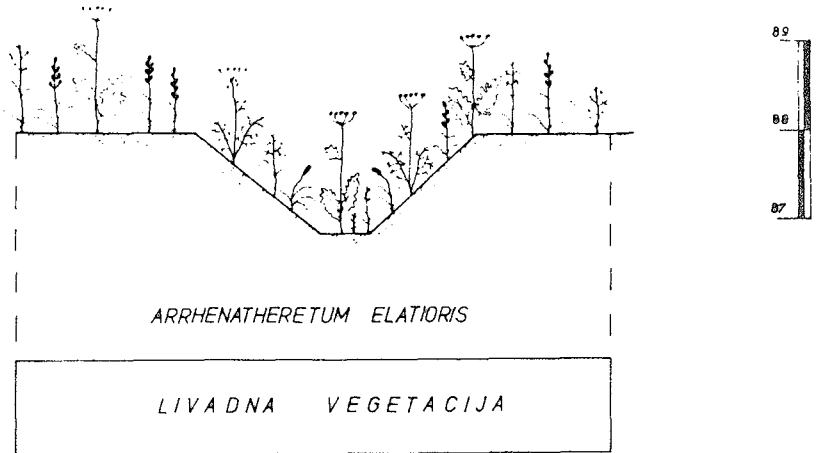
Kolebanje nivoa podzemne vode praćeno je u bunarima na području Bobote i Brođanaca u razdoblju od 1971-1973. godine (sl. 6), a srednji vodostaji rijeke Vuke kod Markušice od 1969-1971. godine (sl.7).

Od biotičkih ekoloških činilaca za razvoj samonikle vegetacije na melioracijskim i obrambenim objektima značajni su: gradnja objekta (dubina profila, nagib

SL. 1. RASPORED VEGETACIJE
NA PLITKOM DETALJNOM KANALU „BOŽIĆ“

KM 0+050 M = 1 : 50

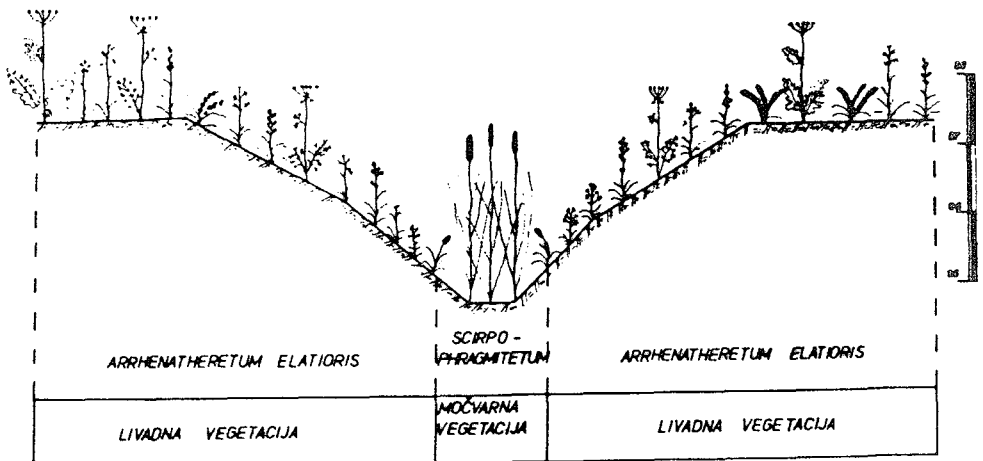
SKENDER A., 1976.



SL. 2. RASPORED VEGETACIJE NA DUBLJEM DETALJNOM KANALU „RODOVAC“

KM 1+000 M = 1 : 50

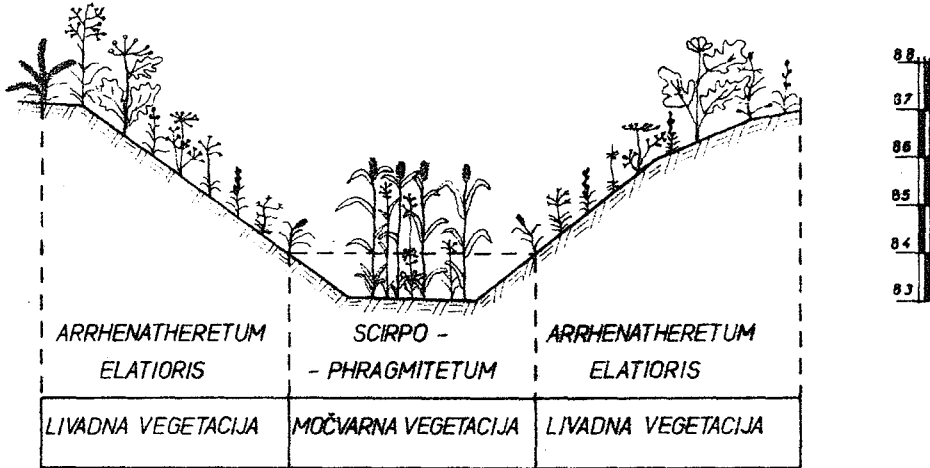
SKENDER A., 1976.



SL. 3. RASPORED VEGETACIJE NA KANALU „GLAVNI TENJSKI“

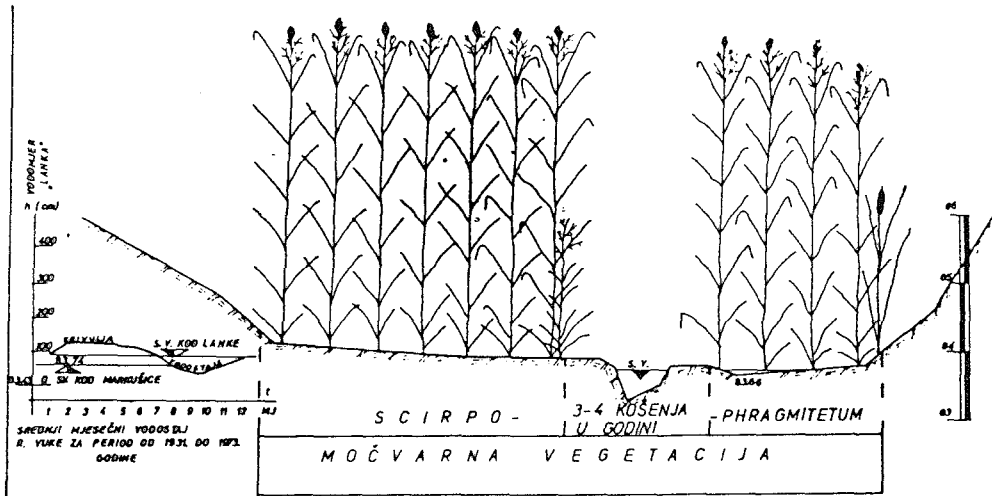
KM 3 + 600 M = 1:100

SKENDER A., 1976.

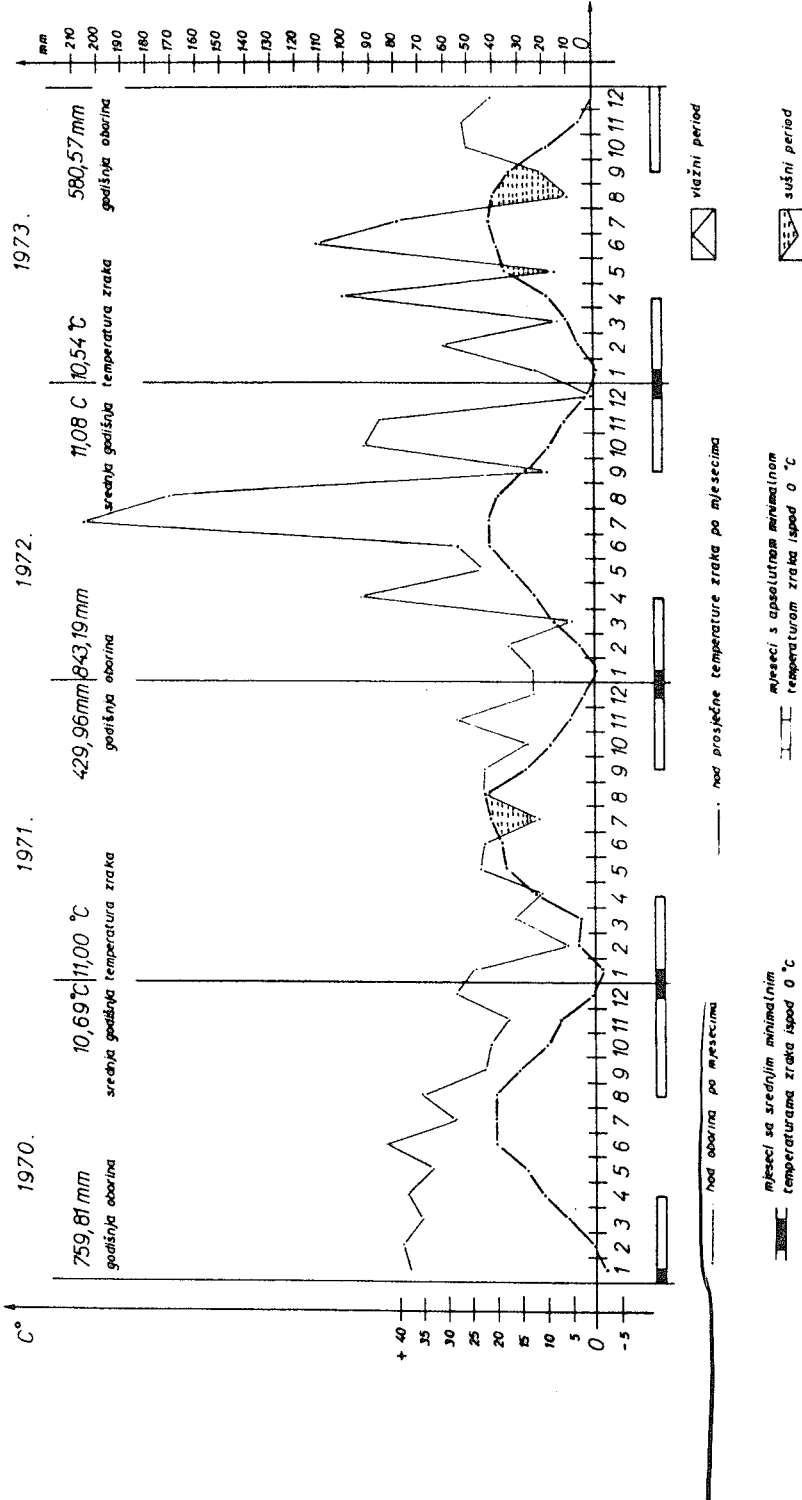


SL. 4. RASPORED VEGETACIJE U KORITU RIJEKE VUKE KOD MARKUŠICE

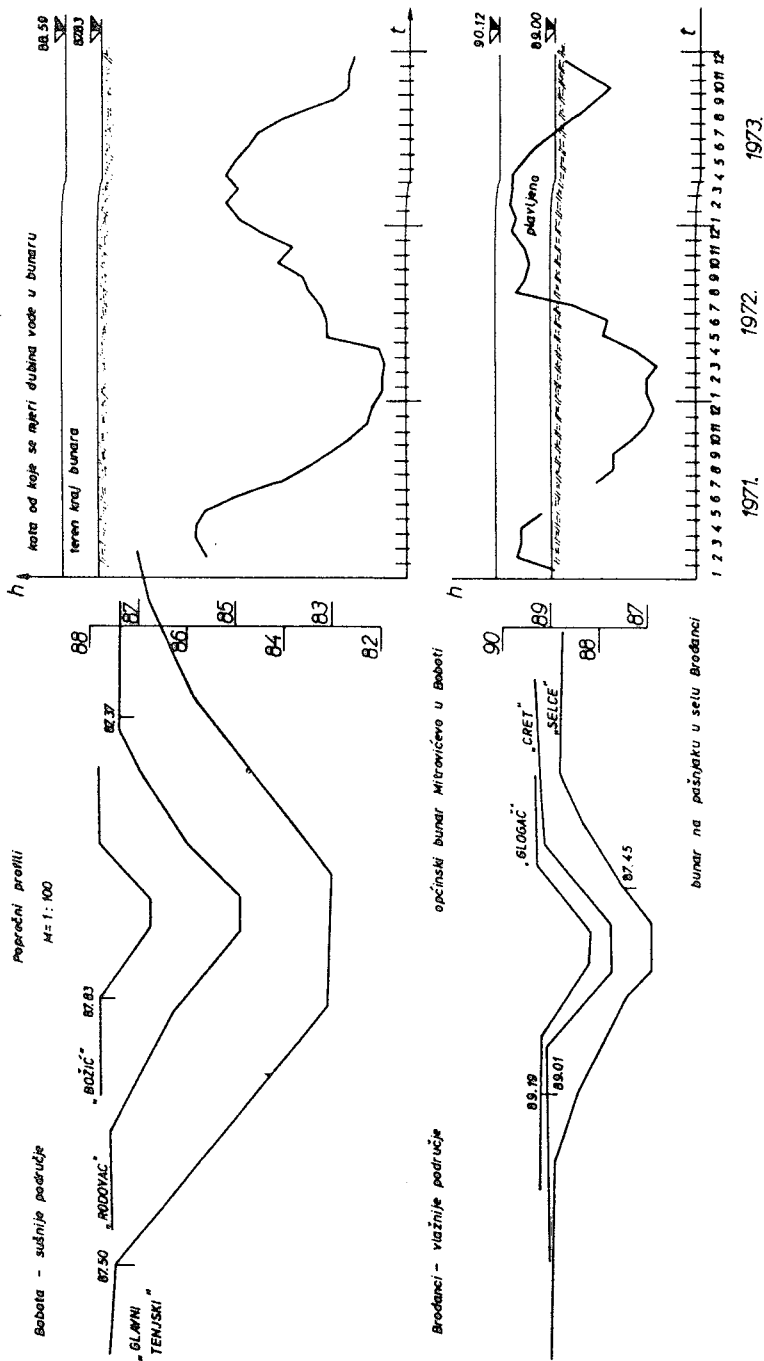
POPREČNI PROFIL U KM 43 + 550 M = 1: $\frac{500}{50}$ (SKENDER A., 1976.)



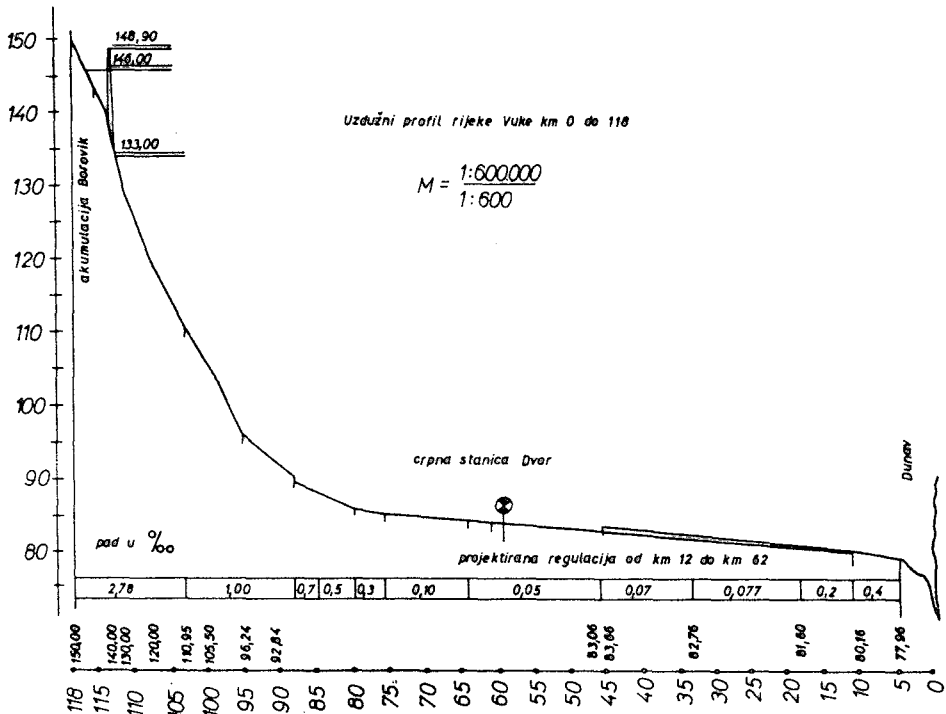
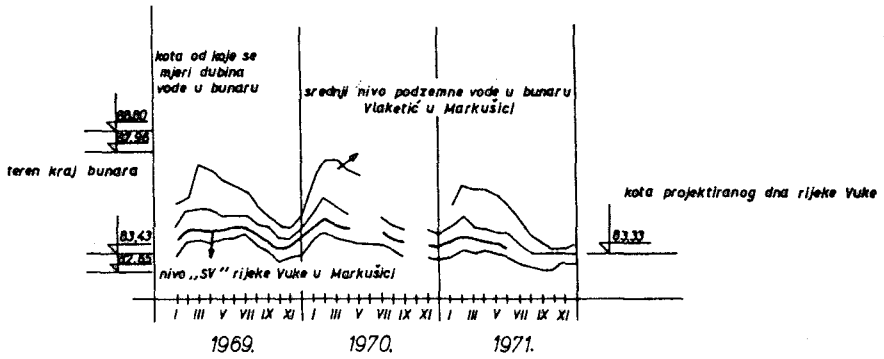
SL.5. Klimatski dijagram po H. Walteru za kišomjerne stanice: Bobata (89 m), Antin (88 m), Tordinci (87 m), Osijek (89 m), Bračevci (131 m) i Semečji (103 m) s temperaturama hidrometeorološke stanice Osijek



Sl. 6. Prikaz odnosa terena kod tri karakteristična kanala i kolebanja nivoa podzemne vode u bunarima na području Bobote i Brodnaca za period od 1971. - 1973. godine



Sl. 7. Grafikon srednjeg vodostaja rijeke kod Markušice za period od tri godine - 1969, 1970, 1971.



pokosa), gospodarsko održavanje (ručno i strojno košenje, sječa žbunja, kemijsko-mehaničko uništavanje samoniklog bilja, biološko uništavanje fitofagnim ribama i ovcama, izmuljivanje i rekonstrukcija).

3. METODA RADA

Istraživanje flore i vegetacije na vodoprivrednim objektima obavljene su sistemom kombinirane ocjene broja individua (abundancije) i pokrovnosti po Braun-Blanquetu (1964) na osnovi koje je izračunata pokrovna vrijednost za svaku biljnu vrstu (zbir prosječnih pokrovnih postotaka podijeljen s brojem fitocenoloških snimaka x 100). Stupanj nazočnosti je izračunat na osnovi frekvencije pojave biljne vrste u kartiranom broju fitocenoloških snimaka u razdoblju od 1970-1981. godine na području istočne Slavonije i zapadnog dijela Baranje.

Determinacija znanstvenih naziva biljnih vrsta utvrđena je po stručnim determinatorima (Domac, 1984, Flora SR Srbije, 1970- 1977), nomenklatura biljnih vrsta usklađena po Ehrendorferu (1973), a opći životni oblici po Garckeu (1972)). Utvrđena flora je objavljena u znanstvenim glasilima i na skupovima (Skender, 1978, Skender i sur., 1982).

Sintaksonomske jedinice vegetacije i promjene pod utjecajem košnje i herbicida utvrđene su prema Tüxenu (1950), Slavniću (1956), Rajni Jovanović (1958), Horvatiću (1963), Ljerki Marković-Gospodarić (1965), Ilijaniću i sur.(1978), Raušu i sur. (1985) i Ani Skender (1976).

Narodni nazivi biljnih vrsta utvrđeni su po Kovačeviću (1979), Kojiću i sur. (1975), Imeniku korova (1982) i Simonoviću (1959), a vegetacijskih jedinica (razred, red, sveza, asocijacija, subasocijacija, varijanta) po Raušu (1987), Lakušiću (1980) i Ani Skender (1990).

Košnja suhozemnih dijelova profila kanala obavljena je ručno čeličnim kosama, vodeno bilje ručnim lančanim čeličnim kosama i motornim kosilicama. Herbicidi su primjenjivani lednom CP 3 prskalicom sa crvenom "Polijet" sapnicom uz potrošnju 200-500 l vode/ha i helikopterom sa 40 l/ha tečnosti u makropokusu u inundaciji rijeke Vuka.

U vegetacijskim tabelama (tab. 1, 2, 3, 4 i 5) dati su datumi kartiranja, datum košnje i primjene herbicida, broj i površine snimaka, kao i herbicidni preparati i dozacije. Primjenjivani herbicidni preparati izrađeni su na osnovi otrovnih aktivnih tvari (herbicidi), koje spadaju u II (2,4,5-T), III (2,4-D) i IV (dalapon, atrazin, glifosat) grupu otrova, prema prosječnoj srednjoj letalnoj (LD 50) otrovnosti za štakore u mg na kg tjelesne mase, što uvjetuje zaštitu radnika kod tretiranja (HTZ oprema).

4. PIONIRSKA KOROVSKA VEGETACIJA NA NOVIM KANALIMA

Rekonstrukcija odvodne kanalske mreže završena je u lokalitetu Vera 1971. godine. Na novim detaljnim kanalima Franulović i Patković na bankinama, pokosima i u dnima

istraživano je naseljavanje flore i formiranje vegetacije u 1972. i 1973. godini.

U obje godine istraživanja na obadva kanala naselilo se ukupno 100 biljnih vrsta, pretežno s oraničkih površina. Na bankinama je utvrđeno najviše 62-66, na pokosima 41-43 i u dnima 12-19 vrsta (tab. 1).

U sintaksonomskom pogledu razvili su se (bankina, pokos, dno) različiti stadiji korovske asocijacije običnog koštana i muhara = obične konice i korovskog prosa (*Setario-Echinochloetum crus-galli* Tx 1950 emend. Kovačević 1958 = *Panico-Galinsogetum parviflorae* Tx. et Becker 1942) u kojoj se ističu s najvećim pokrovnim vrijednostima slijedeće karakteristične vrste: obični koštan (*Echinochloa crus-galli*), hrapavi šćir (*Amaranthus retroflexus*) i poljska gorušica (*Sinapis arvensis*). Uslijed stagniranja vode u dnima kanala u izuzetno vlažnoj 1972. godini, pojavila se je u dnu kanala u 1973. godini s dominantnom pokrovnom vrijednosti 4927 vodena makrofita grmoljasta iglica (*Bolboschoenus maritimus* = *Scirpus maritimus*) u gustom populaciji, koja je karakteristična vrsta istoimene asocijacije *Scirpetum maritimi*, (Br. Bl. 1931.). Ova biljna vrsta dolazi u mediteranu na niskim obalama kanala u bočatim vodama (Kovačević i sur., 1976), tj. pogoduju joj zaslanjena staništa.

Redovitim višegodišnjom košnjom kanala i gnojdbom s oranica potisne se korovska zajednica na suhozemnim dijelovima profila kanala travnjačkom asocijacijom u kojoj u proljetnom razdoblju dominiraju proljetne trave. Brzina zalivačivanja je različita u pojedinim lokalitetima slivnog područja.

U ukupnom spektru životnih oblika utvrđene korovske asocijacije (*Setario-Echinochloetum crus-galli*) dominiraju jednogodišnje biljne vrste terofiti (50%), subdominantne su višegodišnje vrste hemikriptofiti (41%), koje inače karakteriziraju travnjake. Vodene makrofite hidrofiti (HH) prisutne su u ukupnom spektru s 5%, ali obračunate samo na dno kanala u 1973. godini bile su dominantne (60%). Geofiti (G) i fanerofiti (MM) bili su beznačajno zastupljeni (1%).

5. TRAVNJAČKA VEGETACIJA KANALA I NASIPA I PROMJENE UVJETOVANE KOŠNJOM I HERBICIDIMA

Pod utjecajem pretežno jednog kasnog ljetnog košenja u vegetacijskoj sezoni kroz 70 godina razvila se je na pokosu Glavnog Tenjskog kanala ruderalna varijanta subasocijacije trepavičaste pahovke s poljskim zečjim trnom (*Arrhenatheretum elatioris hircinetosum* ruderalis, Ilijanić 1959) u kojoj dominiraju s pokrovnim vrijednostima dvosupnice s učešćem 74,70% u proljetnom razdoblju, tj. potiskuju proljetne trave, koje su učestvovala samo s 25,30% od kojih je naročito bila sprječena u pojavi najkvalitetnija krmna proljetna trava trepavičasta pahovka (*Arrhenatherum elatius*).

Suprotno, na Dunavskom nasipu Zmajevac-Kopačevo u Baranji, koji se u vegetacijskoj sezoni redovito dvaput kosi (lipanj, kolovoz) dominira trepavičasta pahovka sterilnim izdancima i poslije prve košnje s pokrovnom vrijednosti 6250, uprkos i znatnoj zastupljenosti

pokrovne vrijednosti dvosupnica (7268), zbog kojih se mora obavljati ljetno, odnosno jesensko košenje nasipa.

Jednokratnom primjenom selektivnog herbicidnog preparata 5-6 l/ha Deherbana A (=Monosan, amino sol 2,4-D 50%), kao i u novijim istraživanjima s 3 l/ha ovih preparata postižu se zadovoljavajući koeficijenti efikasnosti za dvosupnice prije (97,06%) i poslije (91,87%) prve košnje, kojom se reducira jedna košnja (tab. 2). Suzbijanjem dvosupnica prelazi vegetacija ovih dolinskih livada u regresivne stadije, gdje su pokrovne vrijednosti proljetnih trava znatno povećane. Ovo je povoljno jer proljetne trave sistemom žiličastog i rizomskog korijena povećavaju stabilnost nasipa, suprotno snažnom vretenastom i rizomskom korijenju mnogih dvosupnica (*Pastinaca sativa* - obični pastirnjak, *Daucus carota*- divlja mrkva, *Cirsium arvense* - poljski osjak i druge).

U ukupnom životnom spektru ovih travnjačkih zajednica dominiraju hemikriptofiti (69,37%), a terofiti (13,51%), geofiti (7,21 %), hamefiti (5,41%) i fanerofiti (1,80%) učestvuju ukupno s 27,93%.

6. ŠUMSKE I TRAVNJAČKE VEGETACIJE NA ZAPUŠTENIM KANALIMA I PROMJENE UVJETOVANE HERBICIDIMA

Neredovita košnja uvjetuje formiranje mješovitog progresivnog stadija šumske (šikara šume lužnjaka s velikom žutilovkom - *Genisto-Quercetum roboris*, Horvat 1938) i regresivnog stadija travnjačke vegetacije (*Arrhenatheretum elatioris*, Br.-Bl. 1919) na bankini i pokosu profila odvodnog detaljnog kanala 21 u lokalitetu Branjevina, gdje su u pokrovnoj vrijednosti učestvovala drvenaste dvosupnice sa 65,54% zeljaste dvosupnice s 13,72%, a trave i travolike vrste s 20,74% (tab. 3).

Jednokratna primjena arboricidnog preparata Tormona 80 (amilni ester 2,4,5-T 85%) u 1971. godini smanjila je u pokrovnoj vrijednosti učešće drvenastih dvosupnica na 5,67%, zeljastih dvosupnica na 6,05%, a kod trava i travolikih vrsta je povećano na 88,28%. Ponovno je primijenjena ista količina Tormona 80 u 1972. godini, a u 1973. godini kombinacija herbicidnih preparata (4,2 l Deherbana A + 2,9 kg Radazina/ha), kojom se tretiraju bankine i pokosi svih detaljnih kanala u proljetnom razdoblju u širokoj praksi. Ova kombinacija herbicidnih preparata je gotovo potpuno suzbila pojavu proljetnih trava, zeljastih (1,65% i drvenastih (3,13%) dvosupnica, te omogućila pojavu dominantne pokrovne vrijednosti (6050) niske ljetne trave obične zubače (*Cynodon dactylon*), tj. formiranje antropogenog facijesa (*Arrhenatheretum elatioris cynodontosum*), koji je 15 godina dominirao na suhozemnim dijelovima profila kanala uvjetovan primjenom opisane kombinacije herbicida, tj. kemijsko-mehaničkom tehnologijom gospodarskog održavanja. Povećanim uzgojem šećerne repe i općenito primjenom povećane količine herbicida na otporne korove u okopavinskim kulturama od 1985. godine, uslijed okretanja ratarskih prskalica na profilima kanala i preoravanja bankina, naglo dolazi do uništavanja obične subače, tj. do ogoljavanja bankina i pokosa na koje se šire opasni poljoprivredni korovi (*Sorghum halepense* - divlji

sirak, *Ambrosia artemisiifolia* - pelinolisni limundžik, *Galium aparine* - priljepača broćika, *Conium maculatum* - velika kukuta, *Apera spica-venti* - obična slakoperka, *Echinochloa crusgalli* - obični koštan, *Amaranthus retroflexus* - hrapavi šćir, *Chenopodium album* - obična loboda). Mada su društvena poljoprivredna dobra i privatni posjednici upozoreni, nastavlja se daljnje ogoljavanje profila kanala bez ikakve odgovornosti i razumijevanja neophodnosti postojanja travnog pokrivača na bankinama i pokosima kanala. Suzbijanje pojedinih opasnih korova (*Sorghum halepense*) zahtijeva primjenu skupih specifičnih herbicida, što se u sadašnjim financijskim uvjetima nije moglo sprovoditi na svim površinama, a to je omogućilo rasprostranjivanje navedenog agresivnog kompleksa korovskih vrsta oranica na kanalima uz ponovno širenje sjemena na oranice brojnim ekološkim činiocima (ptice, miševi humkaši i druge životinje, čovjek, poljoprivrednim i vodoprivrednim strojevima, klimatski činioci). Na ogoljenim presjecima kanala ne preporučuje se primjena kombinacije preparata Radazina (Atrazin 50%) i Deherbana A, već samo selektivni herbicidni preparati za trave (Deherban A 3 l/ha i drugi), ali gdje dominira divlji sirak preporučuje se primijenjivati malu količinu 2 l/ha preparata Cidokora (glifosat 48%) uz prethodno ili naknadno košenje, da bi se spriječilo potpuno plodonošenje u vegetacijskoj sezoni i postupno suzbijanje rizoma (Skender, 1987).

U ukupnom spektru životnih oblika ovih stadija šumske i travnjačke vegetacije na zapuštenim kanalima dominiraju hemikriptofiti (60,00%) subdominantni su fanerofiti (18,18%), a ostali životni oblici učestvuju ukupno s 21,82% (Th = 9,09%, G = 7,27%, Ch = 3,64%, HH = 1,82%).

7. MOČVARNA VEGETACIJA U INUNDACIJI RIJEKE VUKE I PROMJENE UVJETOVANE HERBICIDIMA

U nizinskom dijelu vodotoka rijeke Vuke (0-60 km) razlije se voda iz kinete u inundaciju kod visokih vodostaja u zimskom i proljetnom razdoblju, gdje se dugo zadržuje, što pogoduje razvoju močvarne vegetacije (tab. 4) asocijacije obične trske i čoporkastog oblića (*Scirpo-Phragmitetum communis* W.Koch 1926) i asocijacije bijelog šaša (*Glycerietum maximae* Graebn. et Hoeck 1931). Osebujan izgled ovim zajednicama daju karakteristične vrste uskolisni rogoz (*Typha angustifolia*), obična trska (*Phragmites australis* = *P. communis*) i bijeli šaš (*Glyceria maxima*), koje su uzrasta od 2 do 5 metara i tvore vrlo guste populacije. Ogromnom produkcijom nadzemne i podzemne (rizomi) organske mase ove vrste naglo zamulje vodotok, tj. stvaraju tlo.

Usljed neprohodnosti za strojeve ispitivana je u inundaciji rijeke Vuke mogućnost suzbijanja ovih gustih močvarnih sastojina s folijarnim herbicidnim preparatom Basfaponom (dalapon 85%), koji je primjenjen u fenofazi metličanja trske putem helikoptera "Bell-47-G4" pomoću specijalnog "Pintagram" uređaja za orošavanje biljaka po LV (low volume) postupku uz potrošnju 40 l/ha tečnosti, što je obavljeno u 1970. godini u lokalitetu Markušica i Antin. Rad helikoptera je rentabilan zbog velike produktivnosti orošavanja (22,20 ha/ sat) i mogućnost potpunog spriječavanja zanošenja herbicida u kinetu vodotoka i na

poljoprivredne površine. U godini primjene postignuta je vrlo dobra efikasnost Basfapona s 20,80 kg/ha (94,00%), što se je ispoljilo potpunim sušenjem nadzemne biomase većine biljnih vrsta asocijacije Scirpo-Phragmitetum, umjesto koje se je kod niskog vodostaja razvila vegetacija flotantnih biljaka asocijacije plavuna i bijelog žabogriza (Hydrocharidi-Nymphoidetum peltatae, Slavnić 1956). Bijeli žabogriz (Hydrocharis morsus-ranae) bio je prisutan s najvećom pokrovnom vrijednosti (5865), a subdominantni su bili mesoždera vrsta obična mješinka - Utricularia vulgaris (106) i vodena paprat plivajuća nepačka (Salvinia natans) s pokrovnom vrijednosti 102.

Koeficijent efikasnosti Basfapona (12,73%) u 1971. godini više nije bio zadovoljavajući, jer se je rasprostranila asocijacija bijelog šaša (Glycerietum maximae) u kojoj je u gustoj populaciji dominirao bijeli šaš s pokrovnom vrijednosti 4284, a subdominantne vrste su bile obična trbulja (Oenanthe aquatica), trodjelni dvozub (Bidens tripartita) i uspravni ježinac (Sparganium erectum).

U ukupnom spektru životnih oblika u asocijacijama ove močvarne vegetacije dominiraju hidrofiti (61,22%), subdominantni su hemikriptofiti (16,33%) i terofiti (16,33%), a ostali životni oblici učestvuju ukupno s 6,12% (G = 2,04%, Ch = 2,04%, MM,M = 2,04%).

Velika snaga regeneracije vodenih emerznih makrofita zahtijeva višegodišnju primjenu sve većih količina herbicida, što bi znatno poremetilo biološku ravnotežu živih bića u ekosistemu vodenjara. Ovo je bio glavni uzrok prestanka daljnjih istraživanja kemijskog suzbijanja biljaka u vodi.

8. RUDERALNA VEGETACIJA NA BETONSKIM OBALOUTVRDAMA RIJEKA I PROMJENE UVJETOVANE HERBICIDIMA

Istraživanja ruderalne flore i vegetacije, te promjena pod utjecajem herbicida započeta su u 1970. godini u fugama između betonskih blokova na obaloutvrdama rijeke Dunava u Vukovaru.

Promjene flore i vegetacije pod utjecajem pretežno jednokratne primjene herbicidnih preparata i kombinacija u vegetacijskoj sezoni sustavno su istraživane fitocenološkim kartiranjem po opisanoj metodi Braun-Blanqueta. Rezultati istraživanja su povremeno objavljivani (Skender i sur., 1972, 1978, Skender, 1983), što je u ovom radu prikazano u zbirnoj fitocenološkoj tabeli (tab. 5).

Na obaloutvrđi Dunava u Vukovaru u 1970. godini utvrđena je ruderalna asocijacija divljeg ječma (Hordeetum murini, Libert 1932) u kojoj su pokrovnim vrijednostima dominirale svojstvene (karakteristične) vrste dvocjetni ovsik (Bromus sterilis), kanadska hudoljetnica (Coryza canadensis) i divlji ječam (Hordeum murinum), a od pratilica prava kamilica (Matricaria chamomilla) i subdominantna proljetna trava višegodišnji ljuj (Lolium perenne), koja je otporna na primjenjivanu količinu radazina (atrazin 50%). Zbog toga se je pokrovnost ova otporna proljetna trave, gotovo trostruko povećala kroz četverogodišnju

primjenu (1970-1974) samog Radazina u proljetnom razdoblju, što je bilo naročito izraženo na obaloutvrdama Drave u Osijeku, te je uvjetovalo primjenu kombinacije 15 kg/ha Radazina + 15 kg/ha Basfapona od 1975-1981. godine.

Na obaloutvrđi Dunava u Borovu javlja se je divlji sirak mjestimično u vrlo gustoj populaciji, a kod dravskog mosta u Osijeku druge ljetne trave (*Digitaria sanguinalis* - crvena svračica, *Setaria glauca* - sivi muhar, *S. verticillata* - pršljenasti muhar, *Cynodon dactylon* - obična zubača) zbog kojih je lokalno obavljena i ljetna primjena samog Basfapona 15-20 kg/ha.

U lokalitetima Luka i Dvorac na obaloutvrđi Dunava u Vukovaru razvile su se mahovine do dominantne pokrovnosti u fugama i na površini blokova. One su gotovo potpuno suzbile pojavu dvosupnica, naročito vrstu kanadsku hudoljetnicu (*Conyza canadensis*).

U 1982. i 1983. godini primjenjivane su znatne količine neselektivnog preparata Roundupa (glifosat 48%) na gotovo osjemenjene korove u punom uzrastu, što nije fitocenološki istraživano, jer je rađeno po uputama proizvođača ovog preparata. Vrijeme primjene ovog preparata povoljno je utjecalo na rasprostranjivanje običnog maslačka (*Taraxacum officinale*), koji je u podmaklom stadiju razvoja otporan i na primjenjivanu količinu Radazina. U kasnom zimskom razdoblju 1984. godine najprije su obaloutvrde s velikim naporom očišćene od snažnih busena običnog maslačka i nakon toga su tretirane s 15 kg/ha Radazina. Obični maslaček je masovno nikao iz sjemena, ali su mlade biljke brzo požutile i uginule pod utjecajem primijenjenog Radazina. Nakon potpune djelotvornosti Radazina, nikle su u ljetnom razdoblju ljetne trave i *Conyza canadensis*, koje su kombinacijom 5 l/ha Cidokora (Roundupa) + 2 kg/ha Radazina potpuno suzbijene i spriječeno je bilo daljnje nicanje korova do kraja vegetacijskog razdoblja. Dakle, mehaničko-kemijsko održavanje dalo je najpotpunije rezultate suzbijanja korova u proljetnom i ljetnom razdoblju na obaloutvrdama rijeke Drave i Dunava. Stalno spriječavanje sazrijevanja plodova korova na obaloutvrdama omogućilo je samo lokalnu dvokratnu primjenu herbicidnih preparata (Radazin 10-15 kg + Cidokor 5 l/ha u proljetnom razdoblju nakon busanja proljetnih trava, a Cidokor 5 l + Radazin 2 kg/ha u ljetnom razdoblju nakon busanja ljetnih trava) uz ručno čupanje izuzetno otpornih lokalno pojavljenih korova (*Equisetum hyemale* - mnogozubasta preslica, *E. arvense* - poljska preslica). Lokalnom primjenom herbicida troši se samo jedna trećina od inače godišnje primjenjivanih količina po cijelim površinama obaloutvrda, što je znatno ekonomičnije i ekološki povoljnije. Sve promjene flore od 1984-1989. su fito cenološki utvrđene i u obliku izvještaja su rezultati istraživanja dostavljeni VRO za vodno područje "Drava-Dunav", ali dosad nisu i objavljeni.

Tabela 1. Pionirska korovske vegetacija na novim kanalima u lokalitetu Vera

Vegetacija		Inicijalni stadiji as. Setario-Echinochloetum crus-galli						Scirpetum maritimi					
Datum kartiranja		11.07.1972.			26.06.1973.								
Ime kanala		Franulović i Patković			Franulović i Patković								
Dio profila kanala		Bankina	Pokos	Dno	Bankina	Pokos	Dno						
Površina snimke u m ²		32 - 50	40 - 50	45	32 - 50	40 - 50	45						
Broj snimki		10	10	10	10	10	10						
Pokrovnost u %		73,50	17,70	3,00	76,50	52,00	75,00						
Zivotni oblik	Fitocenološke karakteristike	St	Pokrov. vrijed.	St	Pokrov. vrijed.	St	Pokrov. vrijed.	St	Pokrov. vrijed.	St	Pokrov. vrijed.	St	Pokrov. vrijed.
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
	Setario-Echinochloetum:												
Th	Echinochloa crus-galli /L./PB.	V	1601	V	107	V	157	V	1151	III	103	-	-
Th	Amaranthus lividus L.	IV	203	II	53	-	-	-	-	-	-	-	-
Th	Polygonum lapathifolium L.	III	103	III	53	I	2	II	3	IV	1550	-	-
	Polygono-Chenopodion:												
Th	Amaranthus retroflexus L.	V	1650	IV	203	III	5	III	55	I	51	-	-
Th	Setaria glauca /L./PB.	V	58	III	55	-	-	II	102	I	1	-	-
Th	Setaria viridis /L./PB.	II	4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Chenopodietaalia albi:												
Th	Chenopodium album L.	V	58	V	9	-	-	II	52	III	55	-	-
H, Th	Capsella bursa-pastoris /L./Med.	I	1	-	-	-	-	II	3	-	-	-	-
Th	Atriplex patula L.	I	1	I	1	I	1	-	-	-	-	-	-
Th	Colasium nigrum L.	-	-	IV	8	-	-	-	-	-	-	-	-
	Stellarietea mediae:												
Th	Polygonum aviculare L.	IV	204	III	153	I	1	IV	155	I	1	-	-
Th	Sinapis arvensis L.	IV	1179	V	679	I	2	II	4	V	1253	-	-
Th	Anagallis arvensis L.	IV	7	III	5	-	-	II	52	II	4	-	-
Th	Fallopia convolvulus /L./A.Löve	III	6	III	6	-	-	I	1	I	2	-	-
Th	Kickxia elatine /L./Dum.	II	3	III	5	-	-	-	-	-	-	-	-
Th, H	Viola tricolor L.	II	2	-	-	-	-	II	3	II	3	-	-
H	Sonchus arvensis L.	I	1	-	-	-	-	I	2	-	-	-	-
Th, H	Tripleurospermum inodorum /L./C. H. Schultz	-	-	-	-	-	-	I	2	-	-	-	-
	Scirpetum maritici:												
HH-G	Bolboschoenus maritimus /L./Palla	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	V	4927
	Phragmition, Phragmitetalia, Phragmitetea:												
HH	Veronica anagallis-aquatica L.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	V	2077
HH	Cypha angustifolia L.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	V	379
HH, G	Schoenoplectus lacustris /L./Palla	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	I	2
HP	Alisma plantago-aquatica L.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	I	2
H	Eleocharis palustris Roem. et Schult.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	I	1
	Fratilice:												
Th, H	Triticum aestivum L.	V	1650	II	4	-	-	III	104	II	3	-	-
Th, H	Conyza canadensis /L./Cronq.	V	58	I	2	-	-	V	1850	V	527	-	-
H	Convolvulus arvensis L.	V	107	IV	56	-	-	V	1053	III	104	-	-
H, Th	Lactuca scariola L.	IV	57	I	1	-	-	IV	378	V	353	-	-
Th	Sonchus oleraceus L.	IV	252	IV	7	I	1	II	101	IV	155	-	-
Th, H	Consolida regalis S.F. Gray	IV	105	II	4	-	-	V	1127	III	55	-	-
Th	Panicum capillare L.	III	6	III	6	I	2	-	-	-	-	-	-
Th, H	Plantago major L.	III	6	II	4	-	-	II	52	IV	7	-	-
Th	Hibiscus trionum L.	III	6	II	4	-	-	I	1	-	-	-	-
Th	Ambrosia artemisiifolia L.	III	5	-	-	-	-	I	51	II	53	-	-
Th	Stachys annua /L./L.	III	5	IV	7	-	-	-	-	I	1	-	-
Th	Euphorbia falcata L.	III	5	-	-	-	-	I	2	I	2	-	-
H, Th	Daucus carota L.	II	4	I	1	-	-	III	179	II	3	-	-
Th	Atriplex latifolia Wahlenb.	II	4	-	-	-	-	II	53	III	55	-	-
Th, H	Medicago lupulina L.	II	3	II	3	-	-	III	5	IV	7	-	-
H	Papaver rhoeas L.	II	102	I	2	-	-	IV	105	IV	503	-	-
Th, H	Galvestria sepium /L./R.Br.	II	52	I	50	I	1	I	675	I	51	-	-
Th, HH	Bidens tripartita L.	II	3	I	1	I	1	I	1	II	102	-	-
H	Carduus arvensis L.	II	3	II	3	-	-	I	50	I	2	-	-
H	Lotus corniculatus L.	II	3	II	3	-	-	II	151	II	150	-	-
Th	Chenopodium hybridum L.	II	3	I	1	-	-	-	-	-	-	-	-
Th, H	Ajuga chamaepitys /L./Schreb.	II	3	I	1	-	-	-	-	-	-	-	-
Th	Heliotropium europaeum L.	II	3	III	3	-	-	-	-	-	-	-	-
H	Arctium lappa L.	I	2	-	-	-	-	I	2	-	-	-	-

Nastavak tabele 1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Th	Solanum nigrum L.	I		2	-	-	-	-	-	-	-	-	-
H	Alopecurus geniculatus L.	II		2	-	-	I	1	-	-	-	-	-
Th	Crepis rhoeadifolia HB.	II		2	I	1	-	-	I	1	II	3	-
Th,H	Verbena officinalis L.	II		2	II	3	-	-	II	3	II	3	-
H	Cirsium vulgare /Savi/Ten.	II		2	-	-	-	-	I	-	-	-	-
Th	Euphorbia platyphyllos L.	II		2	I	2	I	2	-	-	-	-	-
H	Sorghum halepense /L./Pers.	I		2	-	-	-	-	-	-	-	-	-
H,HE	Polygonum amphibium L. var. terrestre	I		1	-	-	-	-	I	1	-	-	-
H	Agrostis stolonifera L.	II		1	-	-	III	5	I	2	V	500	V
G	Cirsium arvense /L./Scop.	II		1	I	1	-	-	I	2	-	-	530
Th,H	Lathyrus hirsutus L.	II		1	-	-	-	-	I	1	-	-	-
Th	Xanthium strumarium L.	II		50	I	1	-	-	-	I	1	1	-
H	Ranunculus repens L.	II		1	-	-	-	-	I	51	I	1	-
H	Erigeron annuus /L./Pers.	II		1	-	-	-	-	I	2	-	-	-
H	Rumex crispus L.	II		1	-	-	-	-	I	1	-	I	1
Th	Lythrum hyssopifolia L.	II		1	-	-	I	1	-	-	-	-	-
H	Althaea officinalis L.	II		1	-	-	-	-	I	2	-	-	-
H	Lathyrus tuberosus L.	II		1	-	-	-	-	II	3	I	1	-
Th,/H/	Lamium amplexicaule L.	II		1	-	-	-	-	-	-	-	-	-
H	Cichorium intybus L.	II		1	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Th,H	Arenaria serpyllifolia L.	II		1	-	-	-	-	-	-	-	-	-
H	Reseda lutea L.	II		1	I	1	-	-	I	1	I	2	-
H	Salvia nemorosa L.	II		1	-	-	-	-	II	3	-	-	-
Th	Helianthus annuus L.	II		1	-	-	-	-	I	1	-	-	-
H,/Ch/	Artemisia vulgaris L.	II		1	-	-	-	-	I	1	-	-	-
Th,H	Bromus sterilis L.	II		1	-	-	-	-	-	-	-	-	-
H	Taraxacum officinale Web.	-		-	I	2	-	-	IV	8	II	4	-
Th	Cuscuta sp.	-		-	I	1	-	-	-	-	-	-	-
H	Lolium perenne L.	-		-	-	-	I	1	II	3	-	-	-
Th	Juncus bufonius L.	-		-	-	-	I	1	-	-	-	-	-
MM,/M/	Populus nigra L.	-		-	-	-	I	1	-	II	3	-	-
H,/G/	Glechoma hederacea L.	-		-	-	-	I	1	-	-	-	-	-
H	Alopecurus pratensis L.	-		-	-	-	I	1	-	-	-	-	-
H	Dactylis glomerata L.	-		-	-	-	-	II	-	3	-	-	-
Th	Euphorbia helioscopia L.	-		-	-	-	-	I	51	II	4	-	-
H	Trifolium repens L.	-		-	-	-	-	I	2	-	-	-	-
H	Crepis biennis L.	-		-	-	-	-	I	51	2	-	-	-
Th,F	Bromus arvensis L.	-		-	-	-	-	I	1	I	1	-	-
Th	Torilis arvensis /Huds./Lk.	-		-	-	-	-	I	1	-	-	-	-
H,/Th/	Melilotus officinalis /L./Fall.	-		-	-	-	-	I	1	-	-	-	-
H	Verbaacum blattaria L.	-		-	-	-	-	I	1	I	1	-	-
Th	Sonchus asper /L./Hill	-		-	-	-	-	I	50	III	5	-	-
Th,/H/	Ranunculus sardous Cr.	-		-	-	-	-	I	1	-	-	-	-
H,G	Foa pratensis L.	-		-	-	-	-	I	1	-	-	-	-
H	Coronilla varia L.	-		-	-	-	-	I	1	-	-	-	-
H	Festuca pratensis Huds.	-		-	-	-	-	I	1	-	-	-	-
H	Mentha longifolia /L./Huds.	-		-	-	-	-	-	I	1	1	-	-
H	Pulicaria dysenterica/L./Bernh.	-		-	-	-	-	-	I	1	1	-	-
-	Mougeotia sp.	-		-	-	-	-	-	-	-	-	I	100
H	Festuca arundinacea Schreb.	-		-	-	-	-	-	-	-	-	I	1
H	Foa palustris L.	-		-	-	-	-	-	-	-	-	I	175
H,/HH/	Mentha aquatica L.	-		-	-	-	-	-	-	-	-	I	1
Ukupno			7611	1516	187		7778	5687	607	8196			
Jednosupnice/trave i travolike/			3325	172	168		1369	607	6015				
Učešće u %			43,69	11,35	89,84		17,60	10,67	73,39				
Dvosupnice/zeljaste i drvenaste/			4286	1344	19		6409	5080	2181				
Učešće u %			56,31	88,65	10,16		82,40	89,33	26,61				
Ukupan broj biljnih vrsta			66	41	19		62	43	12				
Ukupni spektar životnih oblika: Th = 50,00%, H = 41,00%, HH = 5,00%, G = 1,00%, MM = 1,00%													
Sveukupan broj biljnih vrsta 100													

Tabela 2. Travnjačka vegetacija diferencirana višegodišnjom košnjom i promijenjena pod utjecajem herbicida

Vegetacija	Arrhenatherum s. h. ruderales	Regressivni stadij A.e. h. ruderales	Regressivni stadij A.e. h. ruderales	Arrhenatherum elatioris	Regressivni stadij A. elatioris						
Datum kartiranja	29.06.1972.		9.08.1973.		31.08.1971.						
Lokalitet	Tenja			Kopačevo							
Varijanta pokusa	Kontrola /nekošena/	Deherban A 6 l/ha	Košnja 30.05.1973	Košnja 10.06.1971.	Košnja 10.06.1971. Monosan 5 l/ha						
Ime kanala i dio profila	Glavni Tenjski pokos			Dunavski nasip - Zmajevac-Kopačevo							
Površina sniske u m ²	50	50	50	180	180						
Broj snimki	10	10	10	10	10						
Fokrovnost u %	100,00	95,70	100,00	100,00	98,00						
Životni oblik	St	Pokrov. vrijed.	St	Pokrov. vrijed.	St	Pokrov. vrijed.	St	Pokrov. vrijed.	St	Pokrov. vrijed.	
Fitocenološke karakteristike		3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
H	Arrhenatherum elatioris	V	380	I	2	I	1	V	1750	IV	8
H	Pastinaca sativa L.	IV	56	I	2	-	-	-	-	-	-
H	Ononis arvensis L.	I	51	V	254	V	1825	V	6250	V	8750
H	Arrhenatherum elatius /L./J.et K. Presl										
Arrhenatherion, Arrhenatheretalia:											
H	Centaurea jacea L.	V	2150	-	-	I	1	V	255	II	3
H, /Th/	Daucus carota L.	V	108	-	-	II	3	IV	8	I	2
H	Pimpinella maior /L./Huds.	V	206	III	6	I	1	-	-	-	-
H	Trifolium repens L.	II	3	-	-	-	-	-	-	-	-
H	Lolium perenne L.	I	1	V	701	V	255	-	-	-	-
Molinio-Arrhenatheretea:											
H, G	Poa pratensis L.	V	1000	V	1500	V	1250	V	10	V	10
H	Festuca pratensis Huds.	V	304	V	157	V	10	V	10	V	10
Ch	Lysimachia nummularia L.	V	10	-	-	-	-	-	-	-	-
G, /H/	Carex hirta L.	IV	155	I	2	III	2	-	-	-	-
H	Potentilla reptans L.	III	6	-	-	-	-	II	4	-	-
H	Trifolium pratense L.	III	3	-	-	-	-	IV	203	-	-
Ch, /Th/	Cerastium holosteoides Fries smend. Hyl.	I	2	-	-	-	-	-	-	-	-
H	Alopecurus pratensis L.	I	1	IV	952	III	251	-	-	-	-
H	Leontodon hispidus L.	I	1	-	-	-	-	-	-	-	-
H, /Th/	Prunella vulgaris L.	-	-	-	-	-	-	III	6	I	2
E	Vicia cracca L.	-	-	-	-	II	4	III	5	-	-
H	Cirsium canus /L./All.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Frutillice:											
H	Coronilla varia L.	V	2175	-	-	III	5	-	-	-	-
H	Dactylis glomerata L.	V	355	IV	1225	-	-	-	-	-	-
H, H	Phalaris arundinacea /L./Moench	V	429	V	1401	V	625	-	-	-	-
H, /G/	Cynodon dactylon /L./Pers.	V	380	V	776	V	1500	-	-	-	-
G, /H/	Agropyron repens /L./EB.	V	255	V	727	V	2350	-	-	-	-
H	Galium verum L.	V	1102	-	-	-	-	-	-	-	-
H	Achillea millefolium L.	V	576	III	6	III	3	V	303	IV	7
H	Carduus acanthoides L.	V	108	-	-	III	3	I	2	-	-
H	Picris hieracioides L.	V	157	-	-	II	2	V	1125	V	9
H	Cichorium intybus	V	10	-	-	II	2	V	353	II	4
H, Th	Silene alba /Mill./E.H.L. Krause	V	108	-	-	II	1	V	10	IV	8
H	Plantago lanceolata L.	V	10	-	-	-	-	III	6	-	-
H	Scutellaria baifolia L.	V	10	-	-	-	-	V	206	II	3
H	Ranunculus repens L.	V	10	-	-	-	-	-	-	-	-
H	Euphorbia esula L.	V	59	-	-	I	1	V	304	II	3
H	Convolvulus arvensis L.	V	10	I	1	IV	7	-	1	-	-
H, /RH/	Mentha aquatica L.	V	10	-	-	-	-	I	9	II	4
H	Calystegia sepium /L./R.Br.	V	10	-	-	-	-	V	9	-	-
H	Salvia nemorosa L.	V	254	-	-	-	-	-	-	-	-
H	Astragalus cicer L.	V	553	-	-	-	-	-	-	-	-
H, /RH/	Lycopus europaeus L.	V	9	-	-	-	-	-	9	-	-
Th, H	Verbena officinalis	V	9	-	-	-	-	V	9	-	-
H, /H/	Rubus caesius L.	IV	405	II	227	II	102	V	107	V	10
H	Scutellaria galericulata L.	IV	8	-	-	-	-	-	-	-	-
G	Stachys palustris L.	IV	7	-	-	-	1	-	-	-	-
Th	Polygonum amphibium L. var. terrestris	IV	56	III	5	V	156	-	-	II	4
H, RH	Lysimachia vulgaris L.	IV	7	-	-	I	1	I	1	-	-
H, /Ch/	Artemisia vulgaris L.	III	6	I	1	II	1	IV	105	-	-
Th	Anagallis arvensis L.	III	6	-	-	-	-	-	-	-	-
H, /Th/	Myosotis arvensis /L./Hill	III	5	-	-	-	-	-	-	-	-
H, /G/	Glechoma hederacea L.	III	5	-	-	-	-	V	777	IV	7
H	Ajuga genevensis L.	II	4	-	-	-	-	V	9	-	-
H	Inula britannica L.	II	3	-	-	-	-	-	-	-	-

Estavak tabele 2

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
H	Lathyrus tuberosus L.	II	3	-	-	-	-	-	-	III	5
Th	Crepis rhaeadifolia MB.	II	3	-	-	-	-	-	-	-	-
H, Th	Lactuca scariola L.	II	3	-	-	-	-	II	4	-	-
H, HH	Lythrum salicaria L.	II	3	-	-	IV	7	I	1	-	-
H	Wentha longifolia /L./Huds. emend. Harley	I	2	-	-	I	1	IV	105	-	-
G	Linaria vulgaris Mill.	I	2	I	1	-	-	V	206	IV	8
H	Dipsacus laciniatus L.	I	2	-	-	-	-	III	5	-	-
MM, H	Ulmus minor Mill.	I	2	-	-	-	-	-	-	-	-
H	Carex echinata Murray	I	1	III	452	-	-	-	-	-	-
H, M	Cornus sanguinea L.	-	-	I	1	II	3	-	-	-	-
Ch, H	Ononis spinosa L.	-	-	-	-	II	3	-	-	-	-
Ch, N, R	Solanum dulcamara L.	I	1	-	-	I	51	-	-	I	2
H	Festuca arundinacea Schreb.	-	-	-	-	-	-	V	10	V	10
H	Galium palustre L.	-	-	-	-	-	-	V	304	V	402
H	Symphytum officinale L.	-	-	-	-	-	-	V	206	V	9
H	Eupatorium cannabinum L.	-	-	-	-	-	-	V	9	II	4
G	Cirsium arvense /L./Scop.	-	-	-	-	-	-	IV	506	II	4
H	Lactuca coniculus L.	-	-	-	-	-	-	III	6	-	-
H	Hypericum tetrapterum Fries	-	-	-	-	-	-	III	5	-	-
Th, E	Stellaria media /L./Vill.	-	-	-	-	-	-	II	4	I	1
H	Urtica dioica L.	-	-	-	-	-	-	II	151	II	4
Ch	Veronica chamaedrys L.	-	-	-	-	-	-	II	151	III	55
Th, H	Plantago major L.	-	-	-	-	-	-	II	4	I	1
H	Arctium lappa L.	-	-	-	-	-	-	II	3	-	-
Th, H	Medicago lupulina L.	I	1	-	-	-	-	II	4	-	-
G	Equisetum arvense L.	-	-	-	-	-	-	II	3	-	-
H	Erigeron annuus /L./Pers.	-	-	-	-	I	1	II	3	-	-
H	Althaea officinalis L.	-	-	-	-	-	-	I	2	-	-
Th	Chenopodium album L.	-	-	-	-	-	-	II	3	-	-
H	Cevadilium scordium L.	-	-	-	-	-	-	II	3	-	-
H	Cirsium vulgare /Savi/Ten.	-	-	-	-	-	-	I	1	-	-
H	Valeriana officinalis L.	-	-	-	-	-	-	I	1	-	-
H	Sonchus arvensis L.	-	-	-	-	-	-	I	1	-	-
H	Rumex crispus L.	I	1	-	-	I	1	I	1	-	-
Th	Odontites vulgaris Moench	-	-	-	-	-	-	I	1	-	-
H	Fulicaria dysenterica /L./Bernh.	I	1	-	-	-	-	I	1	-	-
H	Anchusa officinalis L.	-	-	-	-	-	-	I	1	-	-
H	Malva sylvestris L.	-	-	-	-	-	-	I	1	-	-
G, H	Tussilago farfara L.	-	-	-	-	-	-	I	1	-	-
H, Th	Melilotus alba Med.	-	-	-	-	-	-	I	1	-	-
Th	Atriplex patula L.	-	-	-	-	-	-	I	1	-	-
Th	Tripleurospermum inodorum /L./C.H. Schultz	-	-	I	1	I	1	I	1	-	-
Ch	Musci	-	-	-	-	-	-	-	-	III	5
H	Clinopodium vulgare L.	-	-	-	-	-	-	-	-	III	5
H	Verbascum nigrum L.	-	-	-	-	-	-	-	-	I	2
H	Thalictrum lucidum L.	I	1	-	-	-	-	-	-	-	-
H	Agriemon eupatoria L.	I	1	-	-	-	-	-	-	-	-
Th	Sinapis arvensis L.	I	1	-	-	-	-	-	-	-	-
M, MM	Pyrus communis ssp. pyraaster /L./Wallr.	I	1	-	-	-	-	-	-	-	-
G	Allium vineale L.	I	1	-	-	-	-	-	-	-	-
H	Lactuca saligna L.	I	1	-	-	-	-	-	-	-	-
H	Verbascum blattaria L.	I	1	-	-	-	-	-	-	-	-
H	Glycyrrhiza echinata L.	I	1	-	-	-	-	-	-	-	-
HH, G	Phragmites australis /Cav./Trin. ex Steud.	-	-	I	1	-	-	-	-	-	-
E	Senecio erucifolius L.	-	-	I	1	-	-	-	-	-	-
Th, H	Conyza canadensis L.	-	-	-	-	I	1	-	-	-	-
Th, HH	Bidens tripartita L.	-	-	-	-	I	1	-	-	-	-
Th	Helianthus annuus L.	-	-	-	-	I	1	-	-	-	-
Ukupno			11579	8402	8434	13538	9361				
Jednosupnice /trave i travolike/			2930	8148	8068	6270	8770				
Učešće u %			25,30	96,98	95,66	46,31	93,69				
Dvosupnice /zeljaste i drvenaste/			8649	254	366	7268	591				
Učešće u %			74,70	3,02	4,34	53,69	6,31				
Koeficijent efikasnosti za dvosupnice			-	97,06	95,77	15,97	91,87				
Ukupan broj biljnih vrsta			71	24	38	61	32				
Koeficijent efikasnosti za biljne vrste			-	66,20	46,48	14,08	47,54				
Sveukupno biljnih vrsta			111								

Ukupni spektar životnih oblika: H = 69,37%, Th = 13,51%, G = 7,21%, Ch = 5,41% i MM, M = 1,80%

Tabela 3. Progressivni stadij šumske i regresivni travnjačke vegetacije na zapuštenim kanalima i promjene uvjetovane herbicidima u lokalitetu Branjevina

Vegetacija	Progressivni stadij Genisto-Quercetum roboris i regresivni stadij Arrhenatheretum elatioris	Regresivni stadij Genisto-Quercetum roboris i regresivni stadij Arrhenatheretum elatioris	Regresivni stadij šumske i travnjačke vegetacije i fe-cijes A. e. cynodontosum				
Datum kartiranja	8.07.1971.	19.08.1971.	19.07.1973.				
Varijanta pokusa	Kontrola	Toriona 80 5 l/ha	Toriona 80 5 l/ha u 1981. i 1982. god. 1 Deh.A + Radazin 4,2 l + 2,9 kg/hr u 1973. godini				
Kanal i dio profila		Kanal 21					
		bankina	i pokos				
Površina snimke u m ²	88	88	88				
Broj snimki	10	10	10				
Pokrovnost u %	100,00	86,80	92,70				
Životni oblik	Pitocenološke karakteristike	St	Pokrovnost	St	Pokrovnost	St	Pokrovnost
			vrijed.		vrijed.		vrijed.
	Ailno-Quercion roboris, Genisto-Quercetum roboris:						
N,HR/	Lycopus europaeus L.	III	6	I	1	-	-
MM,M	Quercus robur L.	III	54	-	-	-	-
MM,M	Ulmus minor Mill.	III	54	II	3	II	52
	Arrhenatheretum elatioris:						
H	Pastinaca sativa L.	III	5	-	-	-	-
H	Knautia arvensis L.	I	2	-	-	-	-
	Arrhenatherion, Arrhenatheretalia:						
H	Dactylis glomerata L.	V	303	IV	427	II	178
H	Galium mollugo L.	IV	155	V	205	-	-
H	Centaurea jacea L.	IV	8	-	-	-	-
H, Th/	Daucus carota L.	II	3	-	-	I	1
	Molinio-Arrhenatheretea:						
H,G	Poa pratensis L.	V	206	V	951	-	-
H	Alopecurus pratensis L.	V	304	V	1000	-	-
G, H/	Carex hirta L.	III	5	III	104	V	130?
H	Festuca pratensis Huds.	III	5	III	5	-	-
Ch	Lysimachia nummularia L.	-	-	II	3	-	-
H, Th/	Franella vulgaris L.	-	-	I	1	-	-
	Pratilice:						
N,M	Prunus spinosa L.	V	2875	III	6	-	-
N,M	Cornus sanguinea L.	V	1578	II	4	-	-
G, H/	Agropyron repens L./PB.	V	402	V	1600	III	54
H,G	Cynodon dactylon L./Pers.	V	255	V	1226	V	6050
H	Carduus acanthoides L.	V	59	II	4	I	1
H	Achillea millefolium L.	V	9	-	-	-	-
H, N/	Rubus caesius L.	V	602	III	6	III	55
G	Allium vineale L.	V	9	V	10	II	3
G	Linaria vulgaris Mill.	IV	8	III	6	-	-
H	Picris hieracioides L.	IV	7	-	-	-	-
M	Euonymus europaea L.	III	6	V	10	V	156
H	Galium verum L.	III	6	III	6	I	2
H, Th	Silene alba Mill./E.H.L. Krausa	III	6	-	-	-	-
H	Mentha longifolia L./Huds. emend. Harley	III	55	-	-	-	-
H	Fragaria vesca L.	III	6	I	2	-	-
M, MM/	Acer campestre L.	III	103	II	53	I	50
Th, H	Conyza canadensis L.	III	5	-	-	-	-
H, HR/	Mentha aquatica L.	III	5	I	1	-	-
H	Convolvulus arvensis L.	II	4	-	-	I	1
H	Lathyrus tuberosus L.	II	4	I	1	-	-
M	Crataegus monogyna Jacq.	III	3	IV	270	II	3
MM	Fraxinus angustifolia Vahl.	III	3	I	2	-	-
H	Euphorbia cyparissias L.	II	3	-	-	-	-
Th	Setaria glauca L./PB.	II	3	I	1	III	104
Th	Bonchus oleraceus L.	II	3	-	-	-	-
H	Puccinellium carvifolia Vill.	II	3	-	-	-	-
H, HH	Lysimachia vulgaris L.	II	2	III	54	-	-
H	Symphytum officinale L.	II	1	-	-	-	-
H	Cucubalus baccifer L.	II	1	-	-	-	-

Nastavak tabele 3

1	2	3	4	5	6	7	8
Th	Fallopia convolvulus /L./Á. Löve	-	-	IV	8	-	-
HH, H	Carex riparia Curt.	-	-	II	102	I	225
H	Euphorbia palustris L.	-	-	II	4	-	-
H	Ranunculus repens L.	-	-	II	3	-	-
H	Teucrium scordium L.	-	-	I	51	-	-
H	Verbascum blattaria L.	-	-	I	1	-	-
H	Sonchus arvensis L.	-	-	I	1	-	-
Ch	Veronica chamaedrys L.	-	-	I	1	-	-
H, HH	Lythrum salicaria L.	-	-	I	1	-	-
Th, H	Triticum aestivum L.	-	-	-	-	I	50
H	Festuca ovina L.	-	-	-	-	I	50
Ukupno			7135		6134		8337
Jednosupnice /trave i travolike/			1480		5415		7939
Učešće u %			20,74		88,28		95,23
Dvosupnice - drvenaste			4676		348		261
Učešće u %			65,54		5,67		3,13
Dvosupnice - zeljaste			979		371		137
Učešće u %			13,72		6,05		1,64
Koeficijent efikasnosti za dvosupnice u %			-		87,29		92,96
Ukupan broj biljnih vrsta			42		37		18
Sveukupan broj biljnih vrsta					55		
Koeficijent efikasnosti za biljne vrste			-		11,90		57,14

Ukupni spektar životnih oblika: H = 60,00%, Ph /MM, M, N/ = 18,18%, Th = 9,09%,
G = 7,27%, Ch = 3,64% i HH = 1,82%

Tabela 4. Močvarna vegetacija u inundaciji rijeke Vuke i promjene uvjetovane herbicidima

Vegetacija		Scirpo-Phragmitetum	Hydrocharidi-Nymphoidetum peltatae	Glycerietum maxinae			
Datum kartiranja		17.08.1970.	17.08.1970.	24.08.1971			
Lokalitet		Markušica i Antin					
Varijanta makropkusa		Kontrola	Basfapon 20,8 kg/ha	Basfapon u 1970. 20,8 kg/ha			
Površina snimke u m ²		100	100	100			
Broj snimki		15	15	15			
Pokrovnost u %		100,00	78,67	100,00			
Životni oblik	Fitocenološke karakteristike	St Pokrovnost vrijednost	St Pokrovnost vrijednost	St Pokrovnost vrijednost			
1	2	3	4	5			
	Scirpo-Phragmitetum:						
HH	<i>Typha angustifolia</i> L.	IV	1835	I	1	II	36
HH	<i>Typha latifolia</i> L.	I	2	-	-	-	-
HH,/G/	<i>Schoenoplectus lacustris</i> /L./Pall.	I	1	I	1	-	-
H,HH	<i>Rumex hydrolapathum</i> Huds.	I	1	-	-	II	3
HH	<i>Sparganium erectum</i>	-	-	III	271	V	884
HH	<i>Rorippa amphibia</i> /L./Bess.	-	-	-	-	IV	49
	Glycerietum maxinae:						
HE	<i>Glyceria maxima</i> /Hartman/Holmberg	III	3867	III	467	-	4284
	Phragmition, Phragmitetalia, Phragmitetea:						
HE	<i>Oenanthe aquatica</i> /L./Poir.	-	-	I	1	III	1920
HH	<i>Eichornia umbellatus</i> L.	-	-	II	3	-	100
G	<i>Stachys palustris</i> L.	-	-	-	-	IV	8
H,/HH/	<i>Lycopus europaeus</i> L.	-	-	-	-	II	3
H	<i>Galium palustre</i> L.	III	103	-	-	IV	71
HH,/G/	<i>Phragmites australis</i> /Cav./Trin.	II	1932	-	-	II	3
HH	<i>Alisma plantago-aquatica</i> L.	II	100	-	-	I	1
HH	<i>Sium latifolium</i> L.	II	35	-	-	IV	7
HH,H	<i>Iris pseudacorus</i> L.	I	2	-	-	-	-
H,/HH/	<i>Myosotis scorpioides</i> L.	I	151	-	-	III	5
H,/HH/	<i>Lythrum salicaria</i> L.	I	2	-	-	II	3
HH	<i>Sagittaria sagittifolia</i> L.	I	1	-	-	-	-
	Hydrocharidi-Nymphoidetum peltatae:						
HE	<i>Hydrocharis morsus-ranae</i> L.	II	684	V	5865	-	-
HE	<i>Utricularia vulgaris</i> L.	II	68	V	106	-	-
	Potamion, Potametalia, Potametea:						
HH	<i>Nymphaea alba</i> L.	-	-	I	-	-	-
Th,/HH/	<i>Salvinia natans</i> /L./All.	II	68	III	102	-	-
HH	<i>Lemna minor</i> L.	-	-	II	3	-	-
HE	<i>Lemna trisulca</i> L.	-	-	II	3	-	-
	Pratilice:						
H,/HH/	<i>Mentha aquatica</i> L.	II	185	I	2	IV	241
H,/HH/	<i>Carex elata</i> All.	II	152	-	-	-	-
H	<i>Calystegia sepium</i> /L./R.Br.	I	267	-	-	I	34
Ch,/N,H	<i>Solanum dulcamara</i> L.	I	1	-	-	-	-
H,HH	<i>Lythrum salicaria</i> L.	I	1	-	-	-	-
Th,H	<i>Rumex palustris</i> Sm.	-	-	-	-	III	5
HH	<i>Estragolus aloides</i> L.	-	-	II	36	-	-
Th,/HH/	<i>Bidens tripartita</i> L.	-	-	-	-	V	2104
H,HH	<i>Berula erecta</i> /Huds./Coville	-	-	I	1	I	1
H	<i>Urtica dioica</i> L.	-	-	-	-	III	252
Th	<i>Polygonum lapathifolium</i> L.	-	-	-	-	III	102
Th	<i>Atriplex latifolia</i> Wahlenb.	-	-	-	-	II	4
H	<i>Ranunculus repens</i> L.	-	-	-	-	II	3
Th	<i>Polygonum amphibium</i> L. var. terrestre	-	-	-	-	II	3
H,/Ch,G	<i>Myosoton aquaticum</i> /L./Woench	-	-	-	-	I	2
H	<i>Epilobium tetragonum</i> L. subsp. tetragonum	-	-	-	-	I	1
H	<i>Agrostis stolonifera</i> L.	-	-	-	-	I	33
Th	<i>Solanum nigrum</i> L.	-	-	-	-	I	1

Nastavak tabele 4

1	2	3	4	5	6	7	8
Th	Sonchus asper /L./Hill	-	-	-	-	I	1
H	Cyperus glomeratus L.	-	-	-	-	I	1
/-Th/H	Plantago major L.	-	-	-	-	I	1
Th	Echinochloa crus-galli /L./PB.	-	-	-	-	I	1
MM	Salix sp.	-	-	-	-	I	1
Ukupno			9458	6863	10158		
Koeficijent efikasnosti u %			-	28,44	- 7,40		
Ukupno dominantni emerzni hidrofiti			7786	467	6795		
Koeficijent efikasnosti u %			-	94,00	12,73		
Ukupni broj biljnih vrsta			21	15	34		
Koeficijent efikasnosti za biljne vrste			-	28,57	- 61,90		
Sveukupan broj biljnih vrsta				49			

Ukupni spektar životnih oblika: HH = 61,22%, H = 16,33%, Th = 16,33%, G = 2,04%,
Ch = 2,04% i MM,M = 2,04%

Fastavak tabele 5

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
H	<i>Lythrum salicaria</i> L.		II	1					I	1										
Th	<i>Fusci /anovine/</i>	36	II				IV		IV	253 V	352 V			353 V		380 V	V	3225 V		8010
Th	<i>Medicago lupulina</i> L.		II																	
Th	<i>Pharbitax patula</i> L.		I																	
H	<i>Urtica dioica</i> L.		I																	
H	<i>Urtica dioica</i> L.		I																	
H	<i>Crepis setosa</i> Hall.		I																	
H	<i>Achillea millefolium</i> L.		I																	
Th, H/	<i>Descurainia scopia</i> /L./Webb		I						I	51										5
Th, H/	<i>Convolvulus arvensis</i> L.		I						I											
HM	<i>Acer negundo</i> L.		I						III	6 III	103									
H, CH/	<i>Artemisia vulgaris</i> L.		I																	
HM	<i>Carex</i> sp.		I																	
HM	<i>Galix</i> sp.		I																	
H, G	<i>Foa pratensis</i> L.		IV						IV	362 IV	56									
H, CH, G/	<i>Alysson aquaticum</i> /L./Moench		III						III	192 IV	52									
Th, H	<i>Tripleurosperm inodorum</i> /L./C.H. Schultz		III						III	6 I	1									
Th, H	<i>Bromus mollis</i> L.		II						II	102 III	152									
H	<i>Eriogon annuus</i> /L./Pers.		II						II	3										
Th, H	<i>Veronica arvensis</i> L.		II						II	52 V	500									
H, Th/	<i>Daucus carota</i> L.		II						II	1	1									
Ch, Th/	<i>Cerastium holosteoides</i> Fries		II						II	102 IV	400									
Th	swend. Fyi.																			
H	<i>Galium aparine</i> L.		I						I	2										
H	<i>Patris hieracioides</i> L.		I						I	1										
H	<i>Dactylis glomerata</i> L.		I						I	1										
H	<i>Senecio jacobaeae</i> L.		I						I	2										
Th, H/	<i>Senecio jacobaeae</i> L.		I						I	1										
H	<i>Pastinaca sativa</i> L.		I						I	1										
H	<i>Trifolium repens</i> L.		I						I	1										
Th	<i>Polygonum leptophyllum</i> L.		I						I	1										
H, CH, G/	<i>Equisetum hyemale</i> L.		I						I	1										
H, G/	<i>Gynodon dactylon</i> /L./Pers.		I						I	100 II										
Th, H	<i>Setaria glauca</i> /L./P.B.		I						I	51 II										
Th, H	<i>Veronica polita</i> Fries		I						I	1										
H, HM/	<i>Acer campestre</i> L.		I						I	1										
Th	<i>Ambrosia artemisiifolia</i> L.		I						I	1										
Th	<i>Torilis arvensis</i> /Rud./Hk.		I						I	1										
H	<i>Ranunculus repens</i> L.		I						I	1										
H	<i>Lichenes /ilijaevi/</i>		I						I	1										
Th	<i>Digitaria sanguinalis</i> /L./Scop.		I						I	1										
Th	<i>Setaria verticillata</i> /L./P.B.		I						I	1										
Th	<i>Bostrychia ischaemum</i> /L./Keng		I						I	1										
H, G	<i>Borghum patense</i> /L./Pers.		I						I	1										
H, N/	<i>Rubus caesius</i> L.		I						I	1										
G	<i>Equisetum arvense</i> L.		I						I	1										
Ukupno		2976		0,00		26		3008		2783	11056			6378	4733					8031
Icoeficijent efikasnosti u %				100,00		99,13														
Ukupno trave i travoljike		1663		0,00		30,78		327		323	6779			2416	1024					6
Učefe u %		5188		0,00		30,78		4373		1176	6143			3788	2154					0,07
Ukupno ostale vrste		1313		0,00		59,23		2460		2460	4257			1962	3705					8025
Učefe u %		44,12		0,00		59,23		35,88		66,30	38,57			62,12	78,36					99,93
Ukupni broj biljnih vrsta		39		0,00		4		45		26	8			12	10					5
Srekupno biljnih vrsta																				

9. ZAKLJUČAK

Na osnovi rezultata znanstvenih istraživanja flore i vegetacije, te promjena pod utjecajem košnje i herbicida na melioracijskim i obrambenim sustavima istočne Slavonije i zapadne Baranje donose se slijedeći zaključci:

1. Utvrđeno je bogatstvo flore i izuzetna produktivnost nadzemne biomase, koja se uništava, a mogla bi se iskorištavati u izradi dragocjenog komposta i vraćati oranici, naravno uz prethodna detaljna istraživanja.
2. Utvrđena je povezanost sintaksonomskog diferenciranja vegetacije s tipom vodoprivrednog objekta i načinima gospodarskog održavanja (mehaničko, kemijsko-mehaničko).
3. Sustavno redovito sprovođenje gospodarskog održavanja na vodoprivrednim objektima osigurava povećani učinak radova, ekonomičnost i rentabilnost poslovanja.
4. Cilj gospodarskog održavanja vodoprivrednih zemljanih objekata morao bi biti formiranje takvog biljnog pokrivača u kojemu dominiraju proljetne trave ili u krajnjem slučaju samo ljetna niska trava obična zubača (*Cynodon dactylon*). Načine održavanja, koji ne dovode do ovog, već do suprotnog cilja (ogoljavanje zemljanog objekta, dominacija dvosupnica koje postignu fenofazu plodonošenja) i omogućavaju migraciju opasnih korovskih vrsta, štetnika i bolesti na vodoprivrednim objektima i s njih na oranice, treba prestati primjenjivati.
5. Primjena herbicida na vodoprivrednim zemljanim objektima je samo privremeni način održavanja u nepovoljnim financijskim mogućnostima, zbog remećenja biološke ravnoteže među živim bićima u ruderalnom ekosistemu vodoprivrednih objekata i zbog mogućnosti povećanja kemijskog zagađenja podzemnih voda.
6. Izuzetno, razumna primjena herbicida može se sprovesti na obrambenim objektima betonskih obaloutvrda uz rijeke, koje je s ručnim čupanjem korova nemoguće rentabilno održavati u čistom stanju.

LITERATURA

- Braun-Blanquet, J.: Pflanzensoziozoologie. Wien - New York, 1964.
- Domac, R.: Mala flora Hrvatske i susjednih područja. 3. izdanje. Školska knjiga, Zagreb, 1984.
- Ehrendorfer, F.: Liste der Gefässpflanzen Mitteleuropas. Gustav Fischer, Stuttgart, 1973.
- Garcke, A.: Illustrierte Flora. Paul Parey, Berlin und Hamburg, 1972.
- Horvatić, S.: Vegetacijska karta otoka Paga s općim pregledom vegetacijskih jedinica hrvatskog primorja, JAZU, Zagreb, 1963.
- Horvatić, S.: Fitogeografske značajke i raščlanjenje Jugoslavije. Analitička flora Jugoslavije, I, 1, 23-61, 1967.
- Ilijanić, Lj., Šegulja, N.: Prilog fitocenološkom raščlanjenju livada pahovke sjeveroistočne Hrvatske. Acta Bot. Croatica, 37, 95-105, 1978.
- Janeković, Gj.: Pedološke karakteristike Slavonije i Baranje. Zbornik radova Prvog znanstvenog sabora Slavonije i Baranje, Osijek, 155-176, 1970.
- Jovanović, E.: Tipovi močvarne vegetacije u Jasenici. Zbornik radova Biološkog instituta N.R. Srbije, Knjiga 2, No 1, 1-36, 1958.
- Kovačević, J., Kišpatić, J., Seiwerth, V.: Korovi u poljoprivredi i herbicidi. Nakladni zavod znanje, Zagreb, 1976.
- Kovačević, J.: Botanički riječnik hrvatskih ili srpskih i latinskih naziva korovskih vrsta. Fragmenta herbologica Jugoslavica. Editio peculiaris. Institut za zaštitu bilja - Fakultet poljoprivrednih znanosti, Zagreb, 1979.
- Kojić, N., Parabučki, S., Čanak, M.: Pregled korovskih vrsta Jugoslavije sa pregledom jedinstvenih srpsko-hrvatskih naziva. Matica srpska, 49, Novi Sad, 1975.
- Lakušić, R.: Ekologija biljaka. IGKRO "Svjetlost" Zavod za udžbenike, Sarajevo, 1980.
- Marković-Gospodarić, Lj.: Prilog poznavanju ruderalne vegetacije kontinentalnih dijelova Hrvatske. Acta Botanica Croatica, 24, 91-136, 1965.
- Marušić, J.: Problemi, zadaci izvedbe i održavanja hidromelioracijskih sustava. Priručnik za hidrotehničke melioracije. Društvo za odvodnjavanje i navodnjavanje Hrvatske - Zagreb, 117-149, 1983.
- Rauš, Dj., Šegulja, N., Topić, J.: Vegetacija sjeveroistočne Hrvatske. Annales pro experimentis foresticis, Vol. XXIII, 223- 355, 1985.
- Rauš, Dj.: Šumarska fitocenologija. SNL, Zagreb, 1987.
- Simonović, D.: Botanički rečnik. Srpska akademija nauka, Beograd, 1959.
- Skender, A.: Proučavanje efikasnosti mješavine translokacijskih herbicida u zajednici us-

- kolisnih i širokolisnih zeljastih i drvenastih korova. *Fragmenta herbologica Croatica*, XVII, 1-10, 1970.
- Skender, A., Moguš, S.: Participation of plant protection in the chemical maintenance of regulation structures - embankments. *Frag. herb. Croatica*, VIII, 1-19, 1972.
- Skender, A.: Utjecaj primjene herbicida na promjene flore i vegetacije korova hidromelioracionih sistema sjeveroistočne Slavonije. Izvod iz doktorske radnje. Zbornik radova Poljoprivrednog fakulteta u Osijeku, Sv. 2, 133-145, 1976.
- Skender, A.: Promjene u flori i vegetaciji livade *Arrhenatheretum elatioris* Br._Bl. 1919 pod utjecajem amino soli 2,4-D s posebnim osvrtom na zaštitu čovjekove okoline. *Frag. herb. Jugoslavica*, II, 63-73, 1977.
- Skender, A.: Flora hidromelioracijskih sustava sjeveroistočne Slavonije. I. i II. dio. *Poljoprivredna znanstvena smotra*, 46 (56), 55-68, 1978.
- Skender, A.: Promjene u flori u vegetaciji zajednice *Scirpo-Phragmitetum* W.Koch 1926 kod primjene Basfapona helikopterom. *Jugoslavensko savjetovanje o suzbijanju korova avionima i helikopterima*, Osijek, 88-108, 1978.
- Skender, A., Đuđar, A.: Promjena flore i vegetacije na obaloutvrdama Drave i Dunava pod uticajem višegodišnje primjene herbicida. *Frag. herb. Jugoslavica*, VI, 106-155, 37-46, 1978.
- Skender, A.: Ekološki uvjeti razvoja vegetacije hidromelioracijskih sistema sjeveroistočne Slavonije. Drugi kongres ekologa Jugoslavije, Zagreb, 1053-1070, 1979.
- Skender, A., Stević I., Radovanović, A., Tabački, M., Ljubičić, Ž., Hristov, I., Milošević, S.: Akvatična flora hidromelioracijskih sistema Banata, Baranje, Istočne Slavonije i Istre. Šesti internacionalni simpozij o akvatičnim korovima, Novi Sad, 1-9, 1982
- Skender, A.: Uticaj herbicida i mahovina u suzbijanju cvjetnica na regulacijskim objektima - obaloutvrdama. *Frag. herb. Jug.*, 12, 1, 105-110, 1983.
- Skender, A.: Usmjerenja primjena glifosata u postupnom suzbijanju divljeg sirka na kanalima. *Prag. herb. Jugoslavica*, Vol. 16, (no 1-2), 1987.
- Skender, A.: Fitocenologija u spontanim i antropogenim ekosistemima. Sveučilište u Osijeku, Poljoprivredni fakultet, Osijek, 1990).
- Slavnić, Ž.: Vodena i barska vegetacija Vojvodine. Zbornik Matice srpske, Serija prirodnih nauka, 10, 1-72, 1956.
- Soó, R.: Vergangenheit und Gegenwart der pannonischen Flora und Vegetation. *Nova Acta Leopoldina*, 9, 56, 1-49, 1940.
- Torjanac, Z.: Hidromelioraciono uređenje sliva rijeke Vuke. Simpozij - Uređenje zemljišta - osnov za intenzivnu proizvodnju kukuruza, Osijek, 87-98, 1976.
- Tuxen, R.: Grundriss einer Systematic der nitrophilen Unkrautgesellschaften in der

Eurosibirischen Region Europas. Mitteilungen der Floristisch - soziologischen Arbeitsgemeinschaft, 2, Stolzenau, 1950.

+++ : Flora SR Srbije. Knjiga I-IX, Srpska akademija nauka i umetnosti, Beograd, 1970-1977.

+++ : Imenik korova na obradivim zemljištima i travnjacima Jugoslavije. Jugoslavensko društvo za proučavanje i suzbijanje korova. Frag. herb. Jugoslavica, 11, 1, 1-38, 1982.

EKSPLOATACIJA SISTEMA ZA ODVODNJAVANJE I KONTROLA SISTEMA U POGONU

1. UVOD

Sistem za odvodnjavanje je efikasan regulator bioenergetskih procesa u tlu u proizvodnji poljoprivrednih kultura. Sistem omogućuje odvođenje suvišnih voda s područja, iz tla i s tla, čime se stvaraju povoljni uvjeti za aktivnosti u poljoprivredi tokom cijele godine. Odstranjivanje suvišne vode s površine terena i iz tla ovisi o adekvatnoj površinskoj i podzemnoj drenaži. Cilj melioracijskih radova treba usmjeriti na precizni nadzor nivoa podzemne vode kako bi se osigurao stabilan nivo koji odgovara potrebama tla, kultura i drenažnog sistema. Postoji povezanost između biljne proizvodnje, tla i sistema za odvodnjavanje.

U današnje vrijeme je rješavanje - planiranje, projektiranje i realizacija sistema za odvodnjavanje na visokoj znanstveno- tehničkoj razini, dok njihova eksploatacija i kontrola rada nešto zaostaje. Eksploatacija sistema je zbir aktivnosti planiranja i operativnih akcija, kojima se postiže visoki stupanj iskorištenja sistema za odvodnjavanje, kao sredine za regulaciju vodnih komponenti u hidrološkom ciklusu. U radu se analizira eksploataciona praksa u sistemu za odvodnjavanje. Teorija eksploatacije sistema za odvodnjavanje počiva na znanstvenoj prognozi i tehničkom znanju o dijelovima sistema i njihovoj pouzdanosti. Razlikuje se regulacija režima vlažnosti u tlu, kulturno-tehnički postupci u poljoprivrednom sistemu i eksploataciona kontrola odvodnjavanog tla.

Nastojanje da se poboljša vodni režim tla na poljoprivrednom sistemu zahtijeva razmatranje većeg broja faktora unutar i izvan područja. Za analizu i razmatranje pitanja odvodnjavanja obično se koristi sistemski pristup. Tom metodologijom dobiju se rješenja pojedinih dijelova koji su međusobno zavisni. Sistematski prilaz daje rješenja za optimalne dimenzije objekata i uređaja u sistemu za odvodnjavanje, stupanj razvoja sistema i pravila optimalne eksploatacije sistema.

U poglavlju o ciljevima odvodnjavanja zemljišta razmatrat će se eksploatacioni faktori u sistemu za odvodnjavanje, uloga odvodnjavanog tla i utjecaj sistema na vodnu bilancu. Pri intenzivnom odvodnjavanju potrebno je održavati vodni, zračni i toplinski režim u tlu koji odgovara kulturama. Za održavanje povoljnog režima potrebno je poznavati faze razvoja biljke i utjecaj vodnog režima tla na biljke. O veličini zahvata čovjeka u vodoprivredi pri odvodnjavanju tla ovisi promjena hidroloških fenomena.

Razmatrat će se dalje promjene hidroloških fenomena u sistemu za odvodnjavanje, koji se mogu mjeriti. To su podpovršinsko ili drenažno otjecanje, površinsko otjecanje, isparavanje i utjecaj sistema na hidrološke parametre.

U poglavlju o prognozi režima podzemnih voda pokazuje se, da se problematika eksploatacije sistema ne može riješiti samo na području poljoprivrednog sistema, nego se mora pratiti u cijelom slivu. Utvrđuje se, da rad sistema za odvodnjavanje možemo pratiti kao funkciju vodnog režima cijelog površinskog i podzemnog sliva.

Odvođenje viška vode putem sistema za odvodnjavanje mora biti planirano i kontrolirano. Odvodnjavanje stvara uvjete za povišenje bioenergetskog potencijalnog tla, pa je potrebno da nivo podzemne vode bude optimalan, i u vezi s tim i vodni režim u rizosferi. Regulaciju vodnog režima u rizosferi čine mjere kojima se regulira vlažnost u određenom vremenskom intervalu.

Za sisteme sa crpnom stanicom rade se planovi crpljenja vode, koji počiva na analizi rada sistema, karakteristikama crpnih agregata i retencionoj sposobnosti kanalske mreže.

Sistem za odvodnjavanje predstavlja značajnu investiciju, i besprijekoran rad sistema je uvjet za postizanje planirane proizvodnje. Zato se mora sistematski pratiti rad sistema, moraju biti vrednovani svi parametri sistema i prati se odstupanje od normalnog rada. Kontrolom sistema se prate promjene u toku eksploatacije, utvrđuju se uzroci negativnih promjena i daju mjere za njihovo odstranjivanje.

2. CILJEVI ODVODNJAVANJA ZEMLJIŠTA

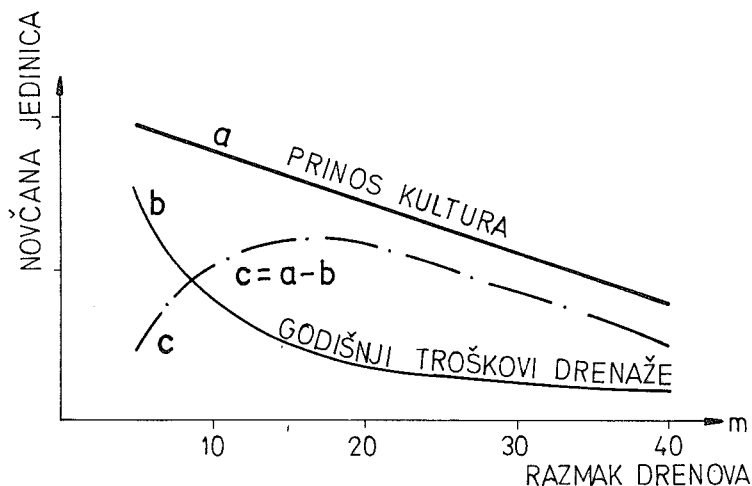
U ovom poglavlju razmatrat će se eksploatacioni faktori u sistemu za odvodnjavanje, uloga odvodnjavanog tla i utjecaj sistema na vodnu bilancu. Pri intenzivnom odvodnjavanju potrebno je održavati vodni, zračni i toplinski režim u tlu koji odgovara kulturama. Za održavanje povoljnog režima potrebno je poznavati faze razvoja biljke i utjecaj vodnog režima tla na biljke. O veličini zahvata čovjeka u vodoprivredi pri odvodnjavanju tla ovisi promjena hidroloških fenomena.

2.1. Pregled eksploatacionih faktora na sistemu za odvodnjavanje

U tehničkom smislu sistem za odvodnjavanje čine melioracijski kanali, cijevna drenaža, hidrotehnički objekti i druge građevine. U sastav sistema ulazi i sliv ili odvodnjavano područje, recipijent voda, lateralni kanali, zaštitni objekti od velikih voda, hidrotehnički uređaji i objekti za upravljanje vodom na području, eksploatacioni objekti za hidrometrijska mjerenja, objekti na kanalima kao mostovi, akvadukti i sl., eksploatacioni pribor kao instrumenti, vodomjeri, instrumenti za mjerenje kvalitete vode i mehanizacija i oruđa za održavanje sistema.

Hidrotehničke melioracije općenito rješavaju problem odvođenja vode, uklanjanja

suvišne vode na tlu i u tlu. Odvođenje suvišne vode iz tla se svodi na sniženje podzemnih nivoa vode. Ekonomsko vrednovanje drenažnih zahvata se nalazi u ovisnosti promjena vodnih nivoa i njihovog odnosa s poljoprivrednim kulturama. Slika 1 ilustrira odnos proizvodnje kultura i razmaka drenova.



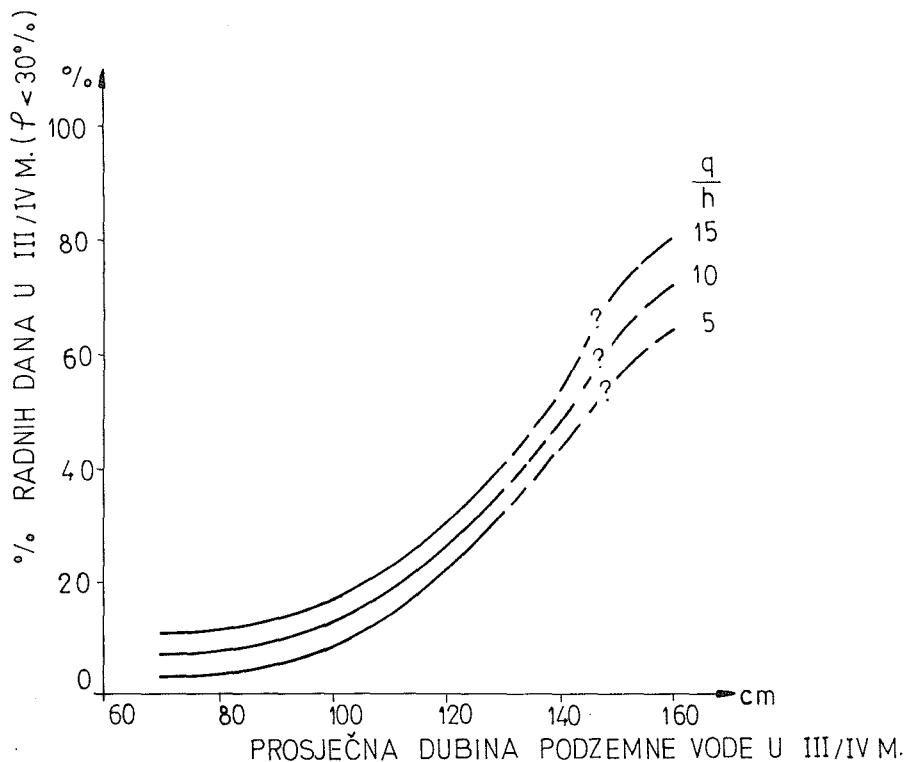
Slika br. 1. Vrijednost proizvodnje kao funkcija razmaka drenova (adaptirano prema Marušiću, 1986)

Odvodnjavanje tla se može podijeliti na površinski i podzemni aspekt. Problemi odvodnje se međusobno isprepliću. Napr. potreba površinske odvodnje nastaje u slučaju kada je intenzitet oborina veći od intenziteta upijanja tla ili kada tlo postigne maksimalni vodni kapacitet, ili kada je površinsko otjecanje onemogućeno reljefom tla.

Odvodnjavanje, kao dio hidrotehničkih melioracija, rješava slijedeće probleme:

1. odvodi suvišnu vodu sa melioriranog područja;
2. osigurava optimalni vodno-zračni režim u tlu, u ovisnosti o potrebama biljaka;
3. stvara pogodne hidrološke uvjete za obradivost tla.

Na slici 2 je prikazan utjecaj dubine podzemne vode na obradu tla.



Slika br. 2 Utjecaj dubine podzemne vode na obradu tla (prema Oosterbaanu, 1980)

Eksploataciju sistema za odvodnjavanje čine radnje u koje ulaze slijedeće aktivnosti:

- regulacija vodnog režima tla
- kulturno-tehnički radovi u poljoprivrednom sistemu
- eksploataciona kontrola odvodnjavanog tla, tj. područja.

Sistemi za odvodnjavanje razlikuju se po načinu odvođenja suvišnih voda s područja, po konstrukciji odvodne mreže i po mogućnosti reguliranja vodnog režima tla.

Po načinu odvođenja voda postoje gravitacioni sistemi, sistemi s mehaničkim odvodom i mješoviti sistemi.

Po mogućnosti reguliranja vodnog režima u tlu sistemi se dijele na sisteme s jednostrukim i sisteme s dvostrukim djelovanjem. Sistemi s jednostrukim djelovanjem osušuju područje dok sistemi s dvostrukim djelovanjem imaju uređaje i objekte koji omogućuju odvođenje i dovođenje vode u tlo. U proljeće osušuju tlo a ljeti održavaju optimalnu vlažnost u oraničnom sloju. Na takvim sistemima može se regulirati biološki proces u tlu. Ovi sistemi imaju sve elemente sistema za odvodnjavanje uz dodatak uređaja za dovođenje vode.

Eksploataciona kontrola uključuje slijedeće radnje:

- prognoza režima podzemne vode na području, prije i poslije izgradnje sistema za odvodnjavanje;
- sistematsko vrednovanje vodne bilance pod utjecajem sistema;

- stalno praćenje površinskog i podzemnog istjecanja vode iz sistema;
- mjerenje kvalitete drenažnih voda;
- praćenje ostalih efekata melioracija tla;
- uspoređivanje rezultata eksploatacione kontrole s rezultatima proizvodnje.

2.2. Ciljevi odvodnje tla

Sistem za odvodnjavanje je definiran kao derivacijski dio melioracijskog sistema, tj. kao dio sistema koji regulira vodnozračni režim u tlu i odvodi vodu do recipijenta. Za ostvarenje tog cilja sistem za odvodnju ne može raditi sam, nego u zajednici s ostalim dijelovima regulacijskog sistema.

Pravilno planiran i osnovan sistem za odvodnjavanje je osnovni faktor stvaranja poželjnog vodno-zračnog režima u zoni korjena biljke. U rizosferi se pojavljuje politropija s karakteristikama adijabatskog procesa. Suprotan slučaj je kod stanja navodnjavanja, kada proces politropije ide u pravcu izotermije.

Ova stanja mogu se prikazati:

- stanje odvodnjavanja: $\partial Q = 0$ $\partial A = dU$ $Q = \text{konst.}$
 - stanje navodnjavanja: $\partial T = 0$ $T = \text{konst.}$ $dU = 0$ $\partial Q = \partial A$ (1)
- gdje je:

∂Q = promjena količine vode, tj. ulaza u sistem u jedinici vremena.

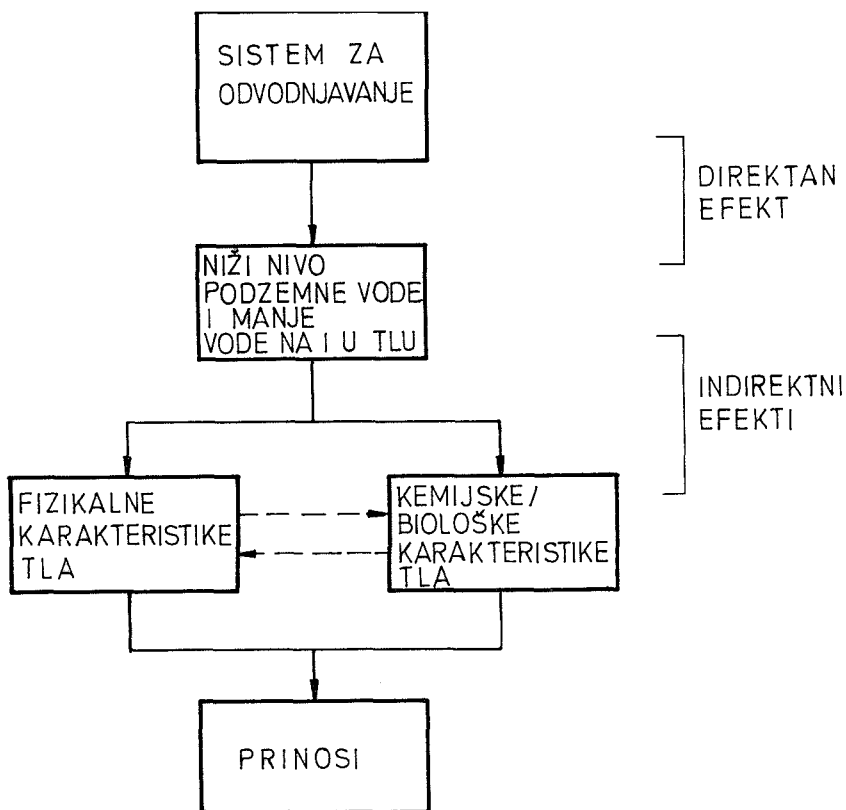
∂A = promjena količine rada u jed. vremena

dU = promjena unutarnje energije u jed. vremena

∂T = promjena toplote u jed. vremena

Regulacija vodnog režima mora se ostvariti u zoni korjena biljke, jer većina biljaka zahtijeva da tlo u toj zoni ostane nesaturirano. Ako bi se dozvolilo prevlaživanje, direktno ili indirektno, pojavili bi se nepovoljni efekti na rast biljke i naravno na ekonomičnost proizvodnje. Kontrola nivoa podzemne vode je vrlo efikasna putem podzemne drenaže.

Na slici 3 prikazano je djelovanje sistema za odvodnjavanje na rast kultura.



Slika br. 3. Efekti sistema za odvodnjavanje na rast kultura

Za stacionarne uvjete dotoka u drenažu može se napisati odnos u općem obliku:

$$L^2 = 8 KD \quad (2)$$

gdje :

KD predstavlja parametre tla, hidrauličku provodljivost i debljinu sloja

h/q predstavlja odnos nivoa podzemne vode i istjecanja, potrebna da spriječi suvišnu vodu u zoni korijena biljke

L = razmak drenova u met.

Za nestacionarno stanje ne može se izraziti odnos fiksiranog vodnog lica s odgovarajućim fiksiranim istjecanjem iz drena. Drenažni kriteriji ovise o hidrološkim i agronomskim uvjetima, o tlu i ekonomskim uvjetima.

Praktično, moraju se ispuniti slijedeći zahtjevi:

1. da se odvedu suvišne vode iz tla i da se omogući obradivost tla;
2. da se snizi visok nivo podzemne vode i stabilizira na povoljnom nivou, da se omogući potrebna visina kapilarnog dizanja vode i optimalni stupanj izotermije;
3. da se osigura potrebna brzina mineralizacije, stvaranja humusnog materijala i razvoj režima mikroba u rizosferi.

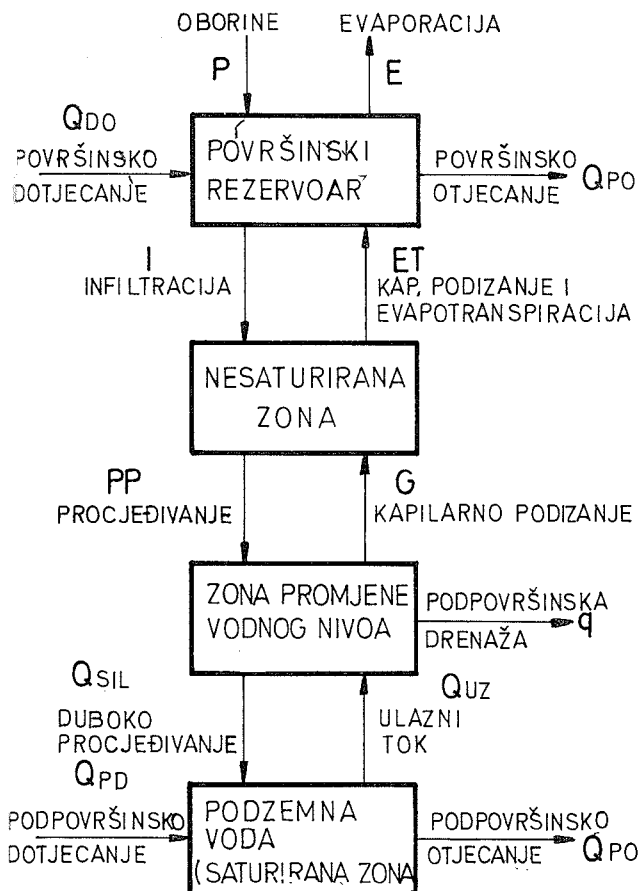
Povoljno rješenje ovih zadataka omogućuje regulacijska drenaža. Eksploatacija sistema za odvodnjavanje se, dakle, usmjerava na dosljednu kontrolu vodnog režima u tlu i na sistematsko praćenje i usporedbu projektiranih sa stvarnim, mjerenim veličinama. Nedostatak vode za razvoj biljke mora se nadoknaditi navodnjavanjem.

2.3. Sistem za odvodnjavanje i vodni bilans

Kao posljedica rada sistema za odvodnjavanje mijenjaju se elementi vodnog bilansa. Zakon kontinuiteta mase zahtijeva bilans između ukupnih količina vode koja ulazi u bazen (melioracijski sistem) i ukupnih količina vode koja napušta bazen. Najopćenitiji oblik jednadžbe hidrološke ravnoteže glasi:

ulaz s površine + potpovršinski ulaz
+ oborine + strane vode + smanjenje
površinske akumulacije + smanjenje
akumulacije podzemne vode

površinsko otjecanje + potpovršinsko ot-
jecanje + evapotranspiracija + ekspor-
tirana voda + porast površinske akumulacije
vode + porast akumulacije podzemne
vode



Slika broj 4. Elementi vodnog bilansa u i na tlu

Jednadžba hidrološke ravnoteže za nesaturiranu zonu u tlu može se izraziti odnosom:

$$(P + Q_n - Q_{po}) - ET - W = \Delta V_{nz} \quad (4)$$

gdje je :

P = oborine

Q_n = voda za navodnjavanje

Q_{po} = površinsko otjecanje

ET = evapotranspiracija

W = (infiltracija - kapilarno podizanje vode), strujanje kroz donju granicu nesaturirane zone. W može biti pozitivno ili negativno

V_{nz} = promjena zapremnine vode (akumulacije) u nesaturiranoj zoni

Jednadžba hidrološke ravnoteže za saturiranu zonu glasi:

$$(P_{ef} + I_{ef} + Q_{uz} + Q_{l1}) - (ET + Q_{dr} + Q_{sil} + Q_{lo}) = \Delta V_{pv} \quad (5)$$

gdje je:

P_{ef} = efektivna oborina

I_{ef} = efektivna infiltracija

Q_{uz} = vertikalno strujanje prema gore, tj. ulaz u akvifer

Q_{l1} = lateralni dotok izvan granica bazena

ET = evapotranspiracija

Q_{dr} = otjecanje podzemne vode (drenažno otjecanje)

Q_{sil} = vertikalno strujanje prema dolje, tj. izlaz iz akvifera

Q_{lo} = lateralno strujanje - otjecanje izvan granica bazena

ΔV_{pv} = promjene zapremnine podzemne vode

Za slučaj odvodnjavanja jednadžba bilansa glasi:

$$P - (ET + Q) = \Delta V \quad (6)$$

gdje je: $Q = Q_{po} + Q_{dr}$

$$\Delta V = \Delta V_{nz} + \Delta V_{pv}$$

Promjena akumulacije vode u tlu može se izračunati iz:

$$\Delta V = \mu \Delta h \quad (7)$$

gdje je μ = efektivna poroznost tla

Δh = promjena nivoa podzemne vode (dubina propusne sredine)

Pri određivanju (mjeranju) veličine elemenata vodnog bilansa pojavljuje se greška. Relativna greška može preći i 20%. U apsolutnom iznosu, napr. za vegetacioni period može doseći i 25% od iznosa oborina. U nastavku rada pokušava se razjasniti pitanje mjerenja elemenata bilansa jer je određivanje drenažnog otjecanja "ključ" eksploatacije sistema.

3. PROMJENE HIDROLOŠKIH FENOMENA KOD ODVODNJAVANJA TLA

U ovom poglavlju razmatrati će se promjene hidroloških fenomena u sistemima za odvodnjavanje koje se mogu mjeriti. To su potpovršinsko ili drenažno otjecanje, površinsko otjecanje, isparavanje i utjecaj sistema za odvodnjavanje na hidrološke parametre.

3.1. Podpovršinsko otjecanje

Drenažno otjecanje je onaj dio gravitacione vode koji dolazi do drenažnih cijevi ili dubokih kanala, kojima zatim otječe do recipijenta. Drenažni otjecaj ovisi o:

1. fizikalnim svojstvima tla
2. razmaku i dubini drenaže
3. nagibu površine terena

Za stacionarno stanje, tj. da za vrijeme dužeg trajanja oborina ostane nepromijenjen nivo podzemne vode snižen djelovanjem drenaže, a na osnovu zakona filtracije prema Darcy-u, može se izraziti količina oborinske vode koja se procjeđuje s jedinice površine tla:

$$q = Ky \frac{dh}{dx} \quad (8)$$

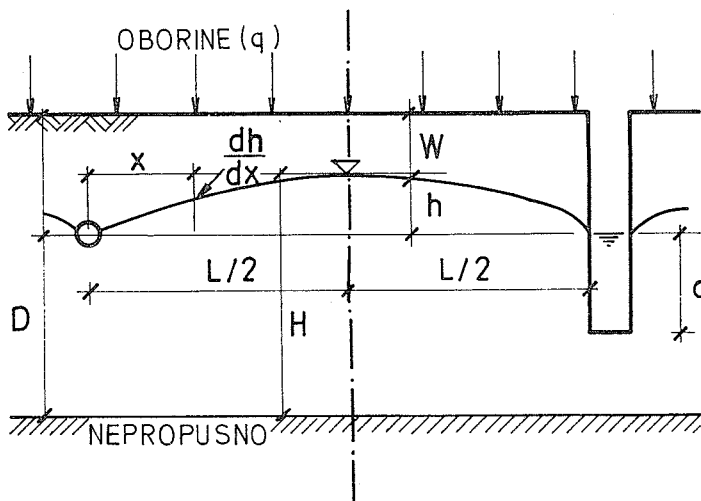
gdje je:

q = količina oborinske vode koja se procjeđuje s jedinice površine tla = otjecanje drenažom (zakon kontinuiteta)

y = površina profila

dh/dx = hidraulički gradijent

K = koeficijent filtracije



Slika 5. Oznake kod dreniranja tla

Jednadžbom (2) prikazana je drenažna formula u općem obliku: $L^2 = 8 KD h / q$

Odnos h / q se naziva drenažni kriterij i ima dimenziju u danu kao jedinici vremena. Neki autori koriste odnos q/h i nazivaju ga drenažni intenzitet (dan^{-1}). Veličina drenažnog kriterija određuje se na osnovu;

1. hidroloških uvjeta: određuju količinu suvišne vode za dreniranje u određenom vremenu
2. agronomskih uvjeta: ovisno o kulturi određuju dozvoljenu granicu vlažnosti zone korjena i trajanje vlažnosti
3. svojstava tla: određuju odnose između aeracije i sadržaja vode, nivo vodnog lica i sadržaj vlage u tlu, kapilarno dizanje vode itd.
4. ekonomskih uvjeta: određuju odnos između troškova izgradnje sistema i koristi (dobit) od prinosa.

Drenažni kriterij h/q je baziran na empirijskom znanju i teoretskim razlozima. Izražava ciljeve drenažnog sistema jednostavnim brojem, pogodnim za matematske operacije.

U tabeli 1 prikazuju se opće prihvaćene empirijske vrijednosti dubine vodnog lica podzemne vode za vrijeme vegetacione sezone.

Tabela 1: Preporučene dubine nivoa podzemne vode

Tekstura tla	Dubina nivoa podzemne vode, koja može biti prekoračena samo za kratko vrijeme (m)	
gruba	livade, travnjaci	ostale kulture
srednja	0,4 - 0,6	0,6 - 0,9
fina	0,6 - 0,9	0,9 - 1,2
	0,6 - 0,9	1,2 - 1,5

Tabela 2: Drenažni kriteriji koji se koriste u Holandiji

Korištenje zemljišta	Drenažno istjecanje q m/dan	Dubina vodnog lica W m	h m (dubina drena 1 met)	Odnos h / q dani
livade	0,007	0,30-0,40	0,70-0,60	100-85
obradivo tlo	0,007	0,40-0,50	0, 60-0,50	85-70
novouređeni polderi	0,007-0,010	0,30	0,70	100-70
voćnjaci	0,007	0,50-0,70	0, 50-0,30	70-40
povrće	0,007	0,60-0,70	0, 40-0,30	60-40
staklenici	0,020-0,030	0,40	0,60	30-20

U Velikoj Britaniji se koristi drenažni kriterij na bazi godišnje oborine i prikazan je u tabeli 3.

Tabela 3: Podaci o drenažnom kriteriju u Velikoj Britaniji

Srednja god. oborina mm	Drenažno istjecanje (q) mm / dan	h/q u danima h = 0,8 m
1.000	13	60
875	10	80
<875	7,5	105

Slučaj nestacionarnog stanja primjenjuje se obavezno, kada se podizanje vodnog lica i drenažno istjecanje mora procijeniti iz podataka mjerenja. Za situaciju horizontalnih slojeva tla i ravnih, paralelnih drenova linearizirana 2-D Dupuit-Forchheimer- ova jednađba daje zadovoljavajuće približno rješenje:

$$q = -KD \frac{\partial h}{\partial x}$$

$$R = \mu \frac{\partial h}{\partial t} + \frac{\partial q}{\partial x}$$

$$\mu \frac{\partial h}{\partial t} = R + KD \frac{\partial^2 h}{\partial x^2} \quad (9)$$

gdje je:

h = nivo slobodnog vodnog lica

μ = efektivna poroznost

R = ponovo punjenje podzemne vode po jedinici površine

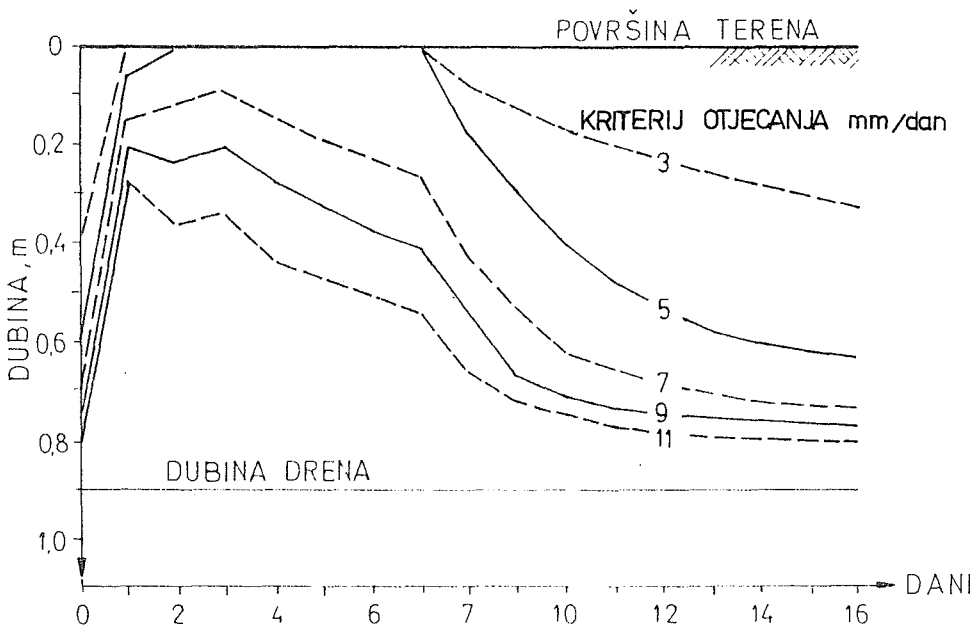
KD = transmisivost

Razvojem formula za nestacionarno stanje strujanja postalo je moguće računati nivo vodnog lica i hidrograme istjecanja za statistički određene oborine ili za dugogodišnje opažene nizove oborina.

Koristeći izraz za nestacionirno stanje izračunato je podizanje vodnog lica za 7-dnevnu oborinu, frekvencije pojave jedanput u 1, 2, 5 i 10 godina, drenažna ili efektivna poroznost = 0,035 za glinovito tlo, srednja dubina drenova 0,90 m i prikazano u tabeli 4 i slici 6.

Tabela 4: Nivoi podzemne vode za slučaj 7-dnevne oborine

Istjecanje mm/dan	Frekvencija pojave 7-dnevnih oborina			
	1x u godini	1x u 2 god.	1x u 5 god.	1x u 10 god.
2-3	0 cm	0 cm	0 cm	0 cm
5	20	10	0	0
7	32	22	8	0
9	40	32	20	0
11	48	40	22	10



Slika br. 6 Nivogram vodnog lica podzemne vode za razne kriterije otjecanja za 7 - dnevne oborine (Kessler, 1983)

Uvođenjem "koeficijenta rezervoara" (Kraijenhof):

$$j = \frac{\mu L^2}{\pi^2 KD} \quad (10)$$

u izraz za nestacionarno stanje i obradom rezultata analize frekvencija podizanja nivoa vodnog lica dobiveni su rezultati prikazani u tabeli 5. Drenažni kriterij koji daje otjecanje od 7 mm/dan s nivoom vode 50 cm dao je različite dubine vodnog nivoa, razne vjerojatnosti pojave, ovisno o veličini drenažne poroznosti.

Tabela 5: Vjerojatnost pojave dubine vodnog nivoa (dubina drena 1 mm)

Drenažna poroznost μ	Dubina vodnog nivoa		
	50 cm	25 cm	0 cm
0,02	10xgod.	5xgod.	2xgod.
0,05	5xgod.	1xgod.	1x5god.
0,10	2xgod.	1x6 god.	1x20 god.

Ako je potrebno, vrijednost koeficijenta rezervoara j se može izraziti odnosom h/q zamjenom vrijednosti μ u jednadžbi $\pi^2 j / 8 \mu = h / q$. Odnos h/q se može tada uvesti kao drenažni kriterij u jednadžbe stacionarnog stanja.

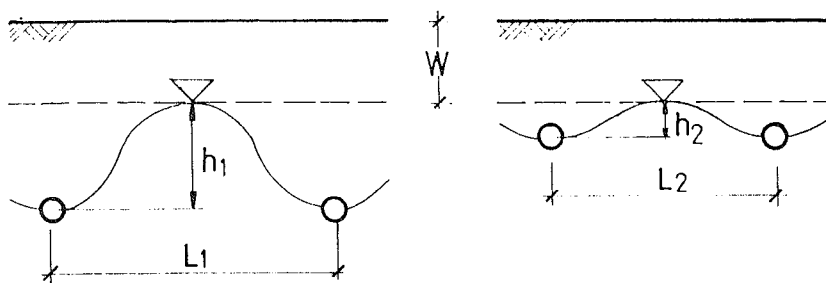
Bitna podjela otjecanja na površinsko i podzemno nastaje pri odvodnjavanju mineralnih i tresetnih tala.

Na tresetnim tlima nema površinskog otjecanja, oborinska voda se procjeđuje do drenaže. Tresetna tla više drže vodu, i zato je maksimalni drenažni otjecaj od pljuskova, kao i specifični otjecaj, mnogo manji. Voda se postupno oslobađa iz tla i dolazi do drenaže, pa je u periodu bez oborina drenažni otjecaj veći nego kod mineralnih tala.

Na lakim tlima je obim drenažnog otjecanja veći nego na teškim tlima. U literaturi se mogu naći podaci da se povećanjem koeficijenta filtracije povećava obim drenažnog otjecanja od 15 do 20%.

Dubina položene drenaže ima veliki utjecaj na veličinu otjecanja, koje se povećava s dubinom drenaže. Ipak utjecaj dubine drenaže na veličinu otjecanja nije jednoznačan. Ako analiziramo dubinu odvodnjavanog profila i drenažno otjecanje tada će se, s povećanjem hidrološki aktivnih površina u profilu (tj. dubinom), zadržavati veća količina vode a otjecanje će kasniti. S malom dubinom, odnosno s malom veličinom hidrološki aktivne površine, drenažno otjecanje će biti veće. Ako se dulje vrijeme promatra otjecanje, to će pri jednakim fizikalnim svojstvima profila tla, pri plitkoj drenaži otjecanje na početku biti veća a kasnije znatno smanjeno, dok će pri dubokoj drenaži biti ravnomjernije.

Na slici 7 prikazani su elementi drenaže, razmak i dubina, koji daju jednako sniženje nivoa podzemne vode.



Slika br. 7 Razmak i dubina drenaže uz jednake efekte (Prema Tehničkoj enciklopediji JLZ, VIII svezak)

Pri nagibu površine od 2% drenažno otjecanje je za iste uvjete 1,5 puta veće nego pri nagibu od 5%. Značajan utjecaj na drenažno otjecanje ima razmak drenaže. Specifično drenažno otjecanje je 1,7 puta veće pri razmaku $L = 14$ m nego pri razmaku $L = 14$ m nego pri razmaku $L = 30$ m uz iste ostale uvjete.

3.2. Površinsko otjecanje

Promjenu površinskog otjecanja na odvodnjavanom tlu moguće je ustanoviti samo na velikim površinama. Obično je za normalne uvjete zapremina površinskog otjecanja manja nego drenažno otjecanje i čini oko 10% ukupnog otjecanja. Maksimalni nivo otjecanja nastaje u proljeće kao i u doba jakih kiša.

S porastom slivne površine smanjuje se specifično površinsko otjecanje. Maksimalno površinsko otjecanje počinje ranije nego drenažno otjecanje. Uobičajena veličina površinskog otjecanja za određene uvjete na neodvodnjavanom zemljištu je oko 40% ukupnog volumena otjecanja. Površinsko otjecanje izrazito se smanjuje s dubokom drenažom. U ravnim područjima gotovo izostaje a voda se procjeđuje prema drenaži. Smanjenje površinskog otjecanja ovisno o dubini i razmaku drenaže moguće je u određenim uvjetima uspješno iskoristiti kao protuerozionu mjeru.

Znatne promjene u vodnom režimu odvodnjavanog zemljišta u odnosu na neodvodnjavano vide se zimi i pri proljetnom topljenju snijega. Ako se u toku zime povremeno topi snijeg u odvodnjavanom zemljištu nastaje drenažni otjecaj, a na neodvodnjavanom zemljištu voda ostaje na površini. Kod nagiba terena voda otječe po površini. Na ravnom terenu provode se posebne mjere za pospješivanje površinskog otjecanja. Ta razlika u vodnom režimu uvjetuje manje smrzavanje odvodnjavanog nego neodvodnjavanog tla.

Utvrđivanje površinskog otjecanja na odvodnjavanom tlu, uz veliki broj poznatih metoda, moguće je praktički provesti metodom koja je naročito povoljna za službu eksploatacije.

Predpostavljena ovisnost tzv. normativnog specifičnog otjecanja sa sliva može se odrediti pomoću izraza:

$$Q = \alpha q_p S \quad (11)$$

gdje je:

q_p = normativni otjecajni modul

α = koeficijent površinskog otjecanja

S = površina sliva

Q = ukupno otjecanje

Normativno specifično otjecanje q_p određuje se prema intenzitetu dotoka vode od topljenja snijega i korištenjem tzv. reduciranog grafikona otjecanja. To proizlazi iz pretpostavke da je grafikon otjecanja vode moguće izraziti kao trokut s dovoljnom točnošću. Površina trokuta izražava količinu vode, osnova trokuta vrijeme trajanja - T otjecanja, h_{maks} je maksimalni intenzitet vode.

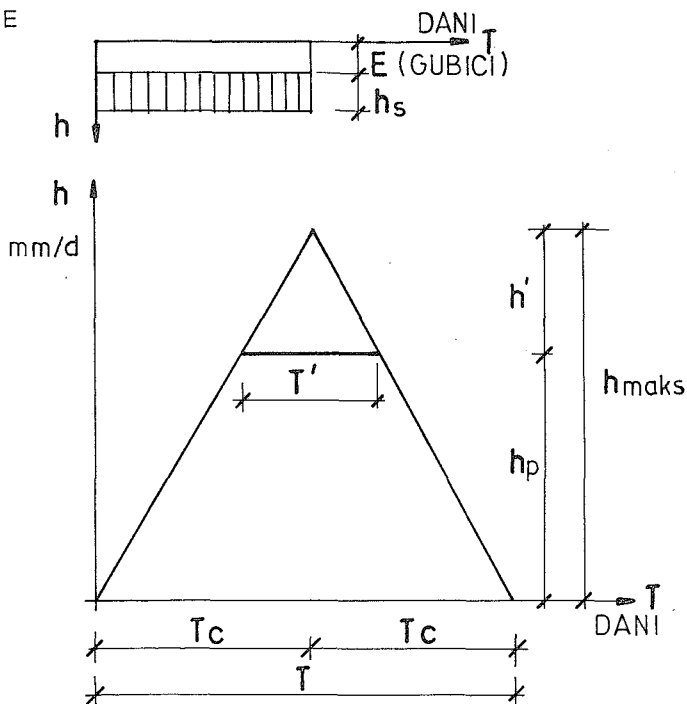
Na trokutu se odredi određeni intenzitet odvedene vode h_p pri kojem je tlo plavljeno u dopustivim vremenskim granicama. Specifično otjecanje će biti:

$$q_p = h_p + h_s - E \quad (12)$$

gdje je:

h_s = oborina

E = evaporacija



Slika broj 8. Definiranje reduciranog hidrograma otjecanja prema racionalnoj metodi

3.3. Isparavanje

Isparavanje utječe na odvodni sistem u tom smislu da se mijenjaju termodinamički parametri cijelog profila tla. Ukupno isparavanje s odvodnjavanog mineralnog tla je u principu manje nego s neodvodnjavanog tla. Na neodvodnjavanim tlima je viši nivo podzemne vode i kao posljedica toga isparavanje je veće.

Isparavanje podzemne vode ovisi o isparavanju sa slobodne vodne površine i mijenja se s dubinom nivoa podzemne vode.

$$E_{pv} = E_o e^{-n(H-0,5)} \quad (13)$$

gdje je:

E_{pv} = isparavanje podzemne vode

E_o = isparavanje sa slobodne vodne površine

n = koeficijent: za livade 1,4

za okopavine 2,0

za visoke kulture 3,0

H = dubina vodnog lica podzemne vode

Maksimalna greška u određivanju isparavanja prema podacima iz literature iznosi do 11%. Dio isparavanja podzemnih voda u ukupnom isparavanju pri dubini drenaže od 0,9 do 1,5 m iznosi 25-37%, prema podacima iz literature. Efikasnost iskoristavanja vlage tla na odvodnjavanim tlima je pri tom mnogo veća nego na neodvodnjavanim tlima: kod visokih kultura je oko 24% a kod livada oko 40%.

Isparavanje na odvodnjavanim tlima moguće je odrediti mjerenjima i indirektnim metodama. Za eksploatacionu praksu može se približno odrediti pomoću izraza:

$$E = a t T_d^o \quad (14)$$

gdje je:

a = specifično isparavanje = 0,2 mm na 1°C (za naše klimatske prilike)

t = broj dana obračunskog perioda

T_d^o = srednja dnevna temperatura zraka u računskom periodu.

3.4. Utjecaj sistema za odvodnjavanje na hidrološke parametre

Pri odvodnji tla nastaju promjene u veličini infiltracije i ukupnom isparavanju. Za nestacionarno stanje strujanja jednačba ima oblik:

$$k(x, t) = P \alpha \frac{\Delta h(x, t)}{\Delta t} + \frac{\Delta Q_p(x, t)}{\Delta x} \quad (15)$$

gdje je:

$k(x, t)$ = infiltracija

x = prostorna ordinata

t = vrijeme

P_α = koeficijent vodne izdašnosti

ΔQ_p = otjecanje podzemnih voda

Ako se pretpostavi linearna promjena tlaka:

$\Delta h = 0, \quad \Delta Q_p = \text{konst.}$

$$\text{tada je : } k(x, t) = \frac{\Delta Q_p(x, t)}{\Delta x} \quad (16)$$

a otjecanje je moguće opisati kao stacionarno strujanje:

$$\frac{\Delta Q_p}{\Delta h} = \alpha + bh \quad (17)$$

Potpuna jednačba bilansa glasi:

$$k(x, t) = P_\alpha \frac{\Delta h(x, t)}{\Delta t} + \frac{\Delta Q_p(x, t)}{\Delta x} + \frac{\Delta A(h)}{\Delta t} \quad (18)$$

$$A(h) = ET + \Delta Q_m$$

gdje je:

ET = evapotranspiracija u intervalu Δt

Q_m = sadržaj vode u nesaturiranoj zoni

Ako se označi:

$$\frac{\Delta Q_p}{\Delta x} + \frac{\Delta A}{\Delta t} = \Delta f$$

dobiva se:

$$k(x, t) = P_\alpha \frac{\Delta h}{\Delta t} + \Delta f \quad (19)$$

pri $\Delta h = 0$

$$k(x, t) = \Delta f$$

$$\Delta f = f(h)$$

iz čega izlazi:

$$\frac{\Delta A(h)}{\Delta t} = \Delta f - \frac{\Delta Q_p}{\Delta x} = f(h) - Q(h) \quad (20)$$

Prednost ovog načina rada je u tome što se grafičkim rješenjem može ustanoviti količina infiltrirane vode u nesaturiranoj zoni, te količina vode koja se procjenjuje u akvifer. Pri sniženju nivoa podzemne vode povećava se $\Delta A(h)$ a smanjuje se ΔQ_p (povećava se nesaturirana zona) i suprotno, pri povišenju nivoa podzemne vode smanjuje se $\Delta A(h)$ a povećava se ΔQ_p (smanjuje se nesaturirana zona).

Površinsko otjecanje će biti:

$$Q_{po} = k(x) \cdot [\Delta Q_p + \Delta A(h)] \quad (21)$$

Rješenje ovih izraza omogućuje bilansiranje podzemnih voda i određivanje površinskog otjecanja.

4. PROGNOZA REŽIMA PODZEMNIH VODA

Neke opisane mogućnosti drenažnih sistema ukazuju da se problematika eksploatacije sistema za odvodnjavanje ne može riješiti samo na području sistema, nego se mora pratiti u cijelom sistemu "dotjecanje-otjecanje" (tj. ulaz-izlaz) podzemnih i površinskih voda, sa svim njihovim transformacijama, dakle u cijelom slivu. U definiciji, da su sistemi za odvodnjavanje derivacijski uređaji izražena je stvarnost, i zato se na određeni način koncipira njihova eksploatacija. Utvrdilo se da se rad sistema za odvodnjavanje može pratiti kao funkcija vodnog režima cijelog površinskog i podzemnog sliva.

U stalnom povišenju nivoa podzemne vode pri nedostatku podzemnog otjecanja sistem za odvodnju je element koji omogućuje brže otjecanje voda. Pri stalnom dotjecanju podzemne vode odvodni sistem je regulator podzemnih nivoa. Iz toga slijedi da se aktivnosti na regulaciji odvodni sistemi provode u uskoj vezi s prognozom promjena režima podzemnih voda na slivu.

Eksploataciona praksa pokazala je da dinamika režima podzemne vode znatno djeluje na bioenergetski potencijal tla i napr. maksimalni i minimalni prihod od prinosa pokazuje korelaciju s promjenama hidroloških odnosa na području.

Pri izradi prognoza razlikuje se:

1. sezonska prognoza režima podzemnih voda;
2. lokalna prognoza podzemnih voda - dinamika u priobalju rijeka;
3. prognozu promjena i nastanka naglih i trajnih narušavanja vodnog režima podzemnih voda.

4.1. Metode prognoziranja dinamike podzemnih voda

Osnove prognoze dinamike podzemnih voda čine:

1. Geomorfološke i hidrogeološke karakteristike i njihova analiza;
2. Meteorološke i hidrogeološke karakteristike (oborine, otjecanje, isparavanje, itd.)
3. Vodoprivredne i melioracijske karakteristike i njihova analiza (objekti, stanje tla, regulacija otjecanja itd.)
4. Režim navodnjavanja i bilans podzemne vode u cilju prognoze nivoa podzemnih voda i njihova veza s prirodnim i umjetnim faktorima, elementi bilansa podzemnih voda.
5. Izbor metode prognoze nivoa podzemne vode.

Praksa u eksploataciji odvodnih sistema pokazuje da je svrsishodnije regulirati podzemne vode na mjestu prevlaživanja a uklanjanje uzroka prevlaživanja na mjestu nastanka. Analiza poljoprivrednih sistema pokazuje da je racionalna regulacija podzemnih voda na cijelom području kako bi se postigao ravnomjerni vodni režim. Rješenje takvog problema moguće je metodama sistemskog pristupa, jer se pomoću analiza uzajamnog odnosa orografskog i podzemnog sliva određuje regulacija podzemnih i površinskih voda. Na principu izravnavanja vodnog bilansa većih slivova može se postići ravnomjerna raspodjela vodnih komponenti i njihovo optimalno iskorištavanje.

4.2. Prognoza režima podzemnih voda

Eksploataciona praksa na odvodnim sistemima počine već prije izgradnje sistema u okviru hidroloških istražnih radova na sistemu. U detaljnom pregledu sliva u pogledu smjera toka i brzine podzemne vode moramo ustanoviti režim podzemne vode u vrijeme vegetacije i za vrijeme hidrološke godine, a po mogućnosti i utjecaj parametara građenja i eksploatacije sistema obzirom za strukturu i promjene u radu poljoprivrednog sistema (specijalizirani rajoni, koncentracija proizvodnje).

Pri računu promjena režima podzemnih voda na teritoriju uspoređujemo stanje prije odvodnjavanja sa stanjem poslije odvodnjavanja. Za proračun je potrebna karta izohijeta a za početni dan proračuna pretpostavimo nivo podzemne vode. Promjena položaja vodnog lica podzemne vode može se računati pomoću jednadžbe bilanca:

$$\Delta h = \frac{h_s - Z_s - (q_2 - q_1)}{V_{\text{maks}} - V_{\text{pk}}} \quad (22)$$

gdje je:

Δh - promjena nivoa podzemne vode

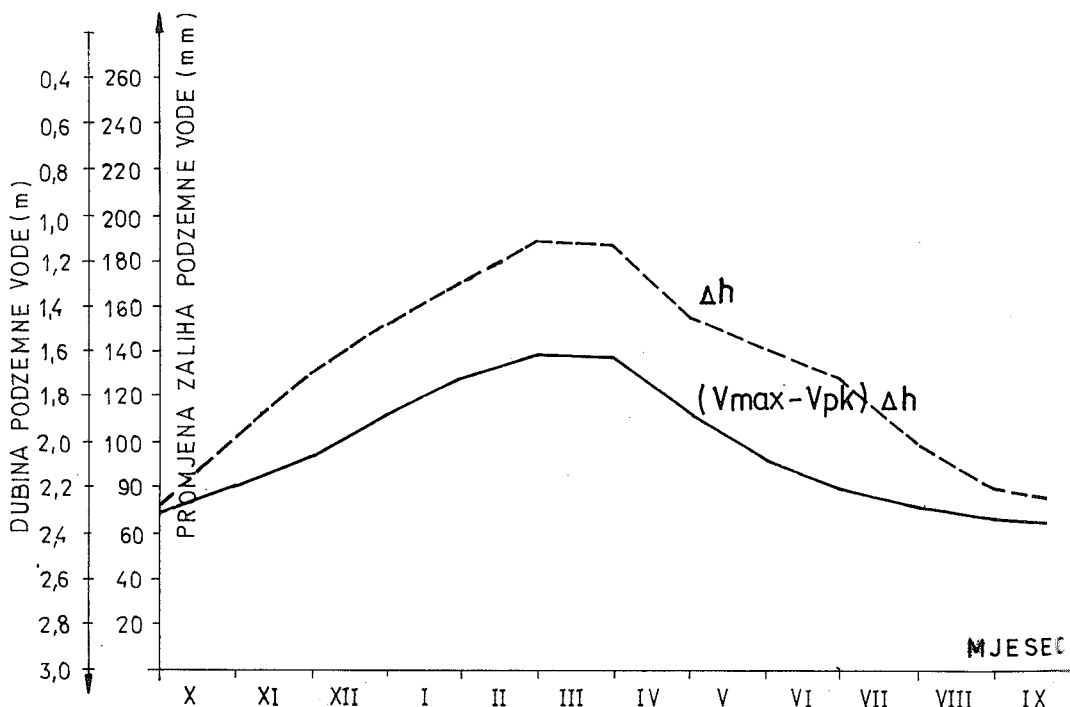
$V_{\text{maks}} - V_{\text{pk}}$ = razlika maksimalnog i poljskog vodnog kapaciteta

$q_2 - q_1$ = prirodno podzemno otjecanje (razlika ulaz - izlaz)

h_s = efektivne oborine

Z_s = količina vode koja se infiltrira

Prema gornjoj jednadžbi odredi se u prvom mesecu hidrološke godine razlika $V_{maks} - V_{po}$ kojoj odgovara promjena nivoa podzemne vode. Zatim se prelazi na početak narednog mjeseca i radi ravnoteža novog polaznog nivoa podzemne vode. Postupak je prikazan na slici 9.



Slika broj 9. Prognoza bilansa i nivoa podzemne vode

Izraz $(V_{maks} - V_{po}) \Delta h$ i Δh za prva dva mjeseca daju dvije točke za naredne mjesece. Dobije se krivulja koja karakterizira promjene volumena podzemne vode na sistemu i odgovarajuća dubina vodnog lica podzemne vode.

Ukoliko ne postoji podzemno otjecanje ($q_2 - q_1 = 0$) obračun bilansa se može izvršiti tabelarno, izračunava se infiltracija vode i količina vode koja se procijedi do akvifera i evapotranspiracija iz podzemne vode. Razlika te dvije veličine po mjesecima i godišnje daje količinu vode koja se treba odvesti iz podzemlja.

Ukoliko postoji podzemno otjecanje jednačba biansa se riješava po $q_2 - q_1$:

$$q_2 - q_1 = h_s Z_s - (V_{maks} - V_{po}) \Delta h \quad (23)$$

Izraz (23) vrijedi za odvodnjavano tlo u kojem se pojavljuje pojačano podzemno otjecanje. Ukoliko postoji navodnjavanje, u gornji izraz se dodaje dio vode koji se filtrira do akvifera.

4.3. Prognoza dinamike podzemnih voda i priobalju rijeke

Sistem za odvodnjavanje može se nalaziti u oblasti inundacije vodnih tokova, u kojoj se podiže nivo podzemnih voda pod utjecajem nivoa vode u vodotoku. u tim područjima potrebno je utvrditi promjene nivoa podzemne vode Δh pomoću kontrolnih sondi-pijezometara:

$$\Delta h = f(l) \text{ i } v = f(H) \quad (24)$$

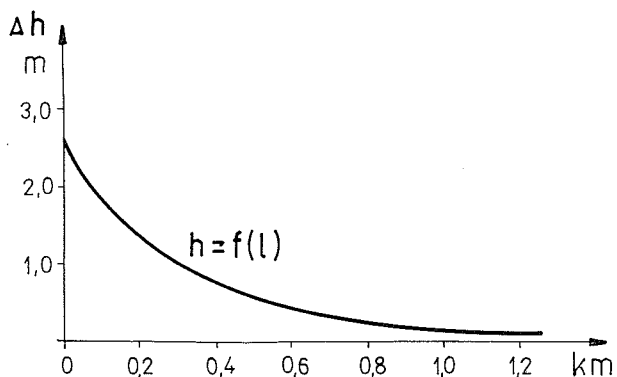
gdje je:

l = udaljenost pijezometra od vodotoka

v = brzina širenja poplavnog vala

H = visina poplavnog vala

Da bi se mogla prognozirati promjena Δh najprije se izradi ovisnost maksimalnog nivoa podzemne vode u pijezometru i visine vodnog vala H u vodotoku. Crta se krivulja $h = f(l)$ prikazana na slici 10.



Slika broj 10. Utjecaj visine vodostaja u rijeci na sistem za odvodnjavanje

Prognozu promjena nivoa podzemne vode moguće je računati brojnim metodama. Najpovoljnije rezultate daju računске metode za nestacionarno strujanje podzemne vode. Diferencijalna jednačba Boussinesq-a glasi:

$$\frac{\partial h}{\partial t} = \frac{K}{\mu} \frac{\partial}{\partial x} \left(h \frac{\partial h}{\partial x} \right) + \frac{W}{\mu} \quad (25)$$

gdje je:

μ = drenažna poroznost

h = dubina nivoa podzemne vode iznad nepropusnog sloja $h = f(t, x)$

t = vrijeme

x = udaljenost

w = filtracija

Izraz (25) se mora linearizirati da bi se riješio, te linearizirani oblik jednačbe glasi:

$$\frac{\partial h}{\partial t} = a \frac{\partial^2 h}{\partial x^2} + \frac{W}{\mu} \quad (26)$$

Rješenje izraza (26) daje:

$$\Delta H = H_{\max} \exp\left(-X \sqrt{\frac{\pi \mu}{2 K h T}}\right) \quad (27)$$

Dotok infiltrirane vode iz vodotoka je:

$$Q = \Delta H \sqrt{\frac{2 \mu K h T}{\pi}} \quad (28)$$

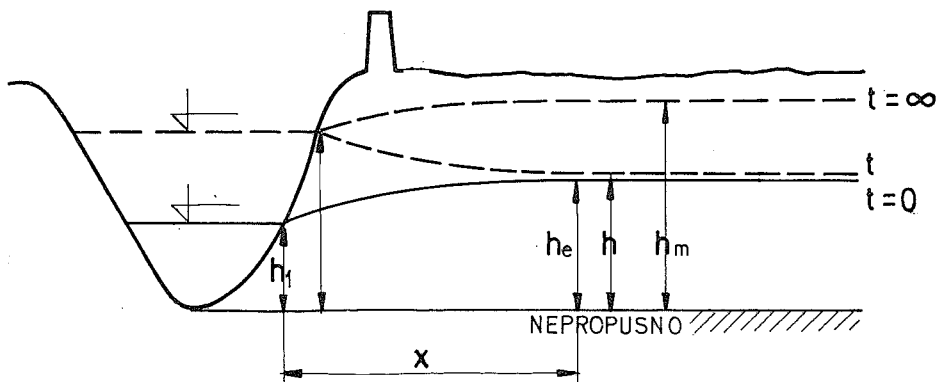
gdje je:

ΔH = povišenje nivoa podzemne vode

H_{\max} = maksimalni nivo vode u vodotoku (visina poplavnog vala)

T = trajanje vodnog vala

Slika 11. pokazuje situaciju utjecaja nivoa vode u vodotoku na visinu podzemne vode u priobalju.



Slika broj 11. Odnosi vodostaja u rijeci i nivoa podzemne vode

Nakon izgradnje HE "Đerdap" velike površine sistema za odvodnjavanje se nalaze pod utjecajem uspora vode u Dunavu i pritokama, tako da je ovaj problem dobro obrađen u našoj praksi i literaturi.

4.4. Sniženje nivoa podzemne vode u doba suše

Ovaj problem riješila je Polubarinova -Kočina (1951). Utvrđena je kvantitativna ovisnost isparavanja i dubine podzemne vode. Ovisnost se može utvrditi eksperimentalnim putem ili metodom konačnih razlika.

$$E = \beta - \alpha y \quad (29)$$

gdje je:

E = isparavanje

α, β = parametri

y = dubina podzemne vode, mjereno od terena

Diferencijalna jednačba za sniženje nivoa podzemne vode glasi:

$$\frac{\partial H}{\partial t} = a \frac{\partial^2 H}{\partial x^2} - b^2 (H + H') + \frac{C}{\mu} \quad (30)$$

Za rješenje ove jednačbe čitatelj se upućuje na literaturu 26.

5. PLAN REGULACIJE VODNOG REŽIMA RIZOSFERE

Odvođenje viška vode iz tla putem sistema za odvodnjavanje mora biti planirano i kontrolirano. Kako je pokazano u prethodnim poglavljima, odvodnjavanje tla stvara uvjete za povišenje bioenergetskog potencijala tla, pa je za ocjenu ispunjavanja tih pretpostavki potrebno da nivo podzemne vode bude optimalan a s tim u vezi i vodni režim u rizosferi (zona korijena biljke).

Regulaciju vodnog režima rizosfere čine mjere kojima se regulira vlažnost u rizosferi u određenom vremenskom intervalu. Plan regulacije vodnog režima u rizosferi sadrži:

1. Izradu odvodnih jaraka za vodu od topljenja snijega;
2. Pravovremenu odvodnju suvišnih površinskih i podzemnih voda, kako bi se omogućili poljski radovi u optimalnom vremenu;
3. Osiguranje optimalne vlažnosti tla u rizosferi;
4. Pripremu odvodnog sistema za odvođenje vode od jakih kiša;
5. Pripremu sistema za osiguranje zimskog režima.

Sve navedene mjere moraju se usaglasiti s potrebnim agrotehničkim mjerama u svim fazama radova na polju: predsjetvenom pripremom, sjetvom, kultivacijom tla, ubiranjem ljetine, predzimskom pripremom tla, itd.

5.1. Postupak regulacije vodnog režima u rizosferi

Vodni režim rizosfere definira se kao promjena vlažnosti u određenom vremenskom intervalu. Međutim, nije dovoljno samo odrediti vlažnost tla, nego se mora odrediti i uzrok njezine promjene, veličine elemenata koje formiraju vlažnost, dakle svi elementi jednadžbe hidrološke ravnoteže. Ulaz vode u sistem određen je oborinama, infiltracijom, ulazom sa "strane" (s drugog sliva), podzemnom vodom i kapilarnim podizanjem vode, kondenzacijom vode u rizosferi. Izlaz vode iz sistema određen je isparavanjem s površine tla i vodnih ploha i transpiracijom. Kroz praksu je poznato da su presudni elementi za jednadžbu ravnoteže vlažnosti u rizosferi, oborine, dubina podzemne vode i evapotranspiracija. Definiranjem tih elemenata praktično je dovoljno da se s određenom točnošću utvrdi vodni režim u rizosferi.

Podaci za obračun bilance vode u rizosferi dobiju se iz meteoroloških i hidroloških podataka kao i iz rezultata hidropedoloških istražnih radova. Hidrološka obrada podataka, uključujući metode obrade, je već prikazana u ranijim knjigama ovog Priručnika, pa se sada ne ponavlja.

Promjena količine vode u rizosferi može se računati pomoću jednadžbe hidrološke ravnoteže:

$$Q_z + Q_k + \Delta Q_{po} = Q_{ob} + Q_{sn} + Q_r + Q_{inf} + Q_{kap} + Q_n - Q_{tr} - Q_e - Q_{pot} - Q_{pr} - Q_{ul} - Q_{iz} \quad (31)$$

gdje je:

Q_z = početna zaliha podzemnih voda

Q_k = kondenzirana voda u rizosferi

ΔQ_{po} = promjena količine površinskih voda

Q_{ob} = količina vode od oborina

Q_{sn} = količina vode od snijega

Q_r = količina vode iz vodotoka, koja djeluje na sistem

Q_{inf} = količina infiltrirane vode

Q_{kap} = količina vode koja se kapilarno podiže

Q_n = količina vode koja ulazi pod tlakom

Q_{tr} = količina vode potrebna za transpiraciju

Q_e = količina vode koja se utroši za evaporaciju

Q_{pot} = količina vode koja otječe površinom tla

Q_{pr} = količina vode koja se procjeđuje do podzemne vode

Q_{ul} = količina vode koja ulazi u sistem sa strane

Q_{iz} = količina vode izlazi iz sistema

6. EKSPLOATACIJA SISTEMA ZA ODVODNJAVANJE SA CRPNOM STANICOM

Za sisteme za odvodnjavanje sa crpnim stanicama rade se planovi crpljenja vode. Ovisno o tipu sistema, crpljenje vode može biti stalno ili povremeno. Plan crpljenja vode radi se za jednake periode i jednako trajanje crpljenja s podjelom na pojedine agregate, potrebnu energiju po 1 m^3 crpljenje vode. Plan se sastavlja za jednu ili više godina.

6.1. Podaci za plan crpljenja vode

Osnovni podaci za sastavljanje plana su:

1. Maksimalni i minimalni nivoi vode u odvodnom kanalu, koji odgovaraju maksimalnoj i minimalnoj vlažnosti rizosfere tla, naročito u kritičnim periodima za biljke;
2. Režim dotjecanja vode iz sistema za odvodnjavanje u toku godine;
3. Regulacioni kapacitet kanala, tj. retencioni kapacitet, koji se koristi za regulaciju dotoka do crpke;
4. Karakteristike crpnih agregata.

Maksimalni i minimalni nivo vode u recipijentu utvrđuje se ovisno o režimu podzemne vode u sistemu i to neposrednim mjerenjem. Eksploatacioni nivo vode u recipijentu utvrđuje se iz uvjeta da u vegetacionom periodu ne dođe do prevlaživanja tla. Zato je važno da nivo vode u recipijentu bude 0,4 do 0,6 m niži od najniže kote terena za slučaj odvodnjavanja bez cijevne drenaže. Minimalni eksploatacioni nivo u recipijentu uvjetovan je minimalnim protokom.

Režim dotoka vode do crpne stanice može se ustanoviti pomoću koeficijenta crpljenja K_c . To je omjer količine crpljene vode za određeni period i ukupne količine pale oborine za taj period. Potrebno je da se koeficijent ustanovi za hidrološku godinu (X- IX), zimski period (XII-III), proljetni period (IV-V) i ljetni period (VI-IX).

Značajna veličina za količinu crpljene vode je regulacioni kapacitet recipijenta. Crpni agregati dimenzioniraju se na protoku manju od mjerodavne protoke za hidrauličko dimenzioniranje kanala. Stupanj redukcije iznosi:

$$R = \frac{Q_c}{Q_{maks}} \quad (32)$$

gdje je:

Q_c = kapacitet crpke

Q_{maks} = maksimalna protoka u kanala

Iz slike 12 vidljive su ostale veličine.

$$Q = Q_{maks} - Q_c = Q_{maks} (1-R) \quad (33)$$

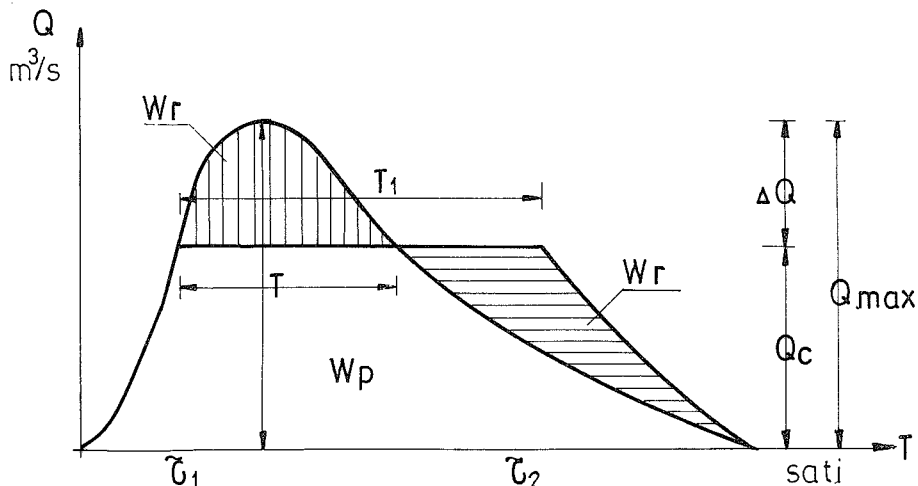
gdje je:

T = vrijeme intervencije na sniženju voda

T_1 = tolerantno vrijeme plavljenja retencionih površina

W_r = volumen retencije

τ = trajanje vodnog vala (hidrograma) bez redukcije ($\tau = \tau_1 + \tau_2$)



Slika broj 12. Hidrogram za crpnu stanicu

Posebno se ističe relativno niska pouzdanost crpnih agregata, koji su u periodu dužeg rada opterećeni i tehnička eksploatacija je otežana. Zato se nastoji u planu crpljenja da agregati ne rade cijeli dan, već se pravi naizmjenična pauza od 4 do 6 sati. Za vrijeme te pauze provodi se tehničko održavanje agregata. Tehnička eksploatacija crpnih stanica podrazumijeva da se moraju održavati u slijedeća načela:

- a) Crpne stanice moraju raditi u skladu s planom crpljenja;
- b) Svi crpni agregati moraju biti održavani u besprijeckornom stanju;
- c) Plan crpljenja sastavlja se za sve periode, naročito za periode kada se prognozira ekstremni meteorološki ili hidrološki događaj, koji može imati utjecaj na količinu vode za crpljenje.

7. KONTROLA U EKSPLOATACIJI SISTEMA ZA ODVODNJAVANJE

Sistem za odvodnjavanje predstavlja značajnu investiciju i besprijeckoran rad sistema je uvjet planirane poljoprivredne proizvodnje. Zato mora sistematski biti praćen rad svakog sistema, vrednovani svi parametri, a također treba pratiti i odstupanja od normalnog rada. Kontrolnim sistemom prate se promjene u toku eksploatacije, utvrđuju se uzroci negativnih promjena i daju mjere za njihovo uklanjanje.

Hidropedološke karakteristike tla, kao što su hidraulička vodljivost, drenažna poroznost, promjena transimisivnosti, infiltracije u toku rada, osobito pri velikim deformacijama tla pod strojevima, ovise prije svega o unutarnjoj strukturi poljoprivrednog sistema. Eksploataciona kontrola prati promjene u hidrologiji i u tlu izravna režim podzemnih voda u skladu s potrebama proizvodnje, kako bi se postigao optimalni režim regulacije vodnog režima u rizosferi.

Eksploataciona kontrola, u okviru koncepcije agrohidrološke kontrole, neophodna je jer informira o stanju i aktivnostima sistema za odvodnjavanje i znatno smanjuje utjecaj slučajnih faktora koji djeluju na sistem.

7.1. Osnovne analize tla i hidrološke analize

U postupku eksploatacione kontrole na sistemu za odvodnjavanje potrebno je osim redovnih analiza utvrditi i karakteristike pedoloških konstanti, koji služe za procjenu rada i regulaciju sistema.

Raspoloživa voda u tlu određuje se pomoću izraza:

$$Q = 100 h S_{tv} V_t (u m^3)$$

gdje je:

h = dubina tla (m)

$$S_{tv} = \text{volumna specifična težina (g/cm}^3\text{)} \quad (34)$$

V_t = sadržaj vlage tla u težinskim %

Saturacija tla (volumna vlažnost), količina vode po 1 ha površine bit će:

$$Q = 100 p h V_v \text{ (u m}^3\text{)} \quad (35)$$

gdje je:

P = poroznost tla (%)

V_v = volumna vlažnost tla (%)

Iz izraza (34) i (35) izlazi:

$100 h S_{tv} V_t = 100 h p V_v$; odavde je

$S_{tv} V_t = p V_v$; odnosno

$$V_t = \frac{p}{S_{tv}} V_v \quad (36)$$

Lento kapilarna vlažnost, sadržaj vode u tlu V_l (%) u lento kapilarnoj točki može se prikazati pomoću izraza u kojem su zastupljeni koeficijenti na osnovu broja kationa ili na osnovu volumena pora:

$$V_p = V \frac{S_{tv}}{p} \quad (37)$$

Utjecaj poroznosti se računa po izrazu:

$$p_a = p - V_l$$

$$p_a = p - 4,5 V_h \quad (38)$$

gdje je:

V_l = sadržaj vlage u tlu i lento kapilarnoj točki (%)

V_h = vrijednost hidroskopnosti

Vrijednost hidroskopnosti ima i značaj pri određivanju veličine i aktivnosti površina čvrstih čestica tla:

$$S = 4 V_h \text{ (u m}^2\text{)} \quad (39)$$

gdje je:

S = aktivna površina tla.

Na istom principu je moguće ocijeniti i veličinu bioenergetskog potencijala tla:

$$E_t = E_p - E_k \quad (40)$$

gdje je:

E_t = bioenergetski potencijal tla

E_p = bioenergetski potencijal aktivnih površina tla

E_k = bioenergetski potencijal aktivne površine korjenovog sistema

Vrijednost higroskopnosti je vrlo dobar indikator za sve potrebne pedofizičke parametre na odvodnjavanom tlu. Točka venuća je ona vlažnost tla koja odgovara 1,5 do 2 V_h . Točka početka venuća je približno $2V_h$, točka trajnog venuća odgovara 1,6 do 1,7 V_h .

Optimalna vlažnost tla se može odrediti iz izraza:

$$V_{din} = 0,75 (P_{kv} - V_h) \text{ (u \%)} \quad (41)$$

gdje je

V_{din} = pristupačna voda

P_{kv} = poljski kapacitet za vodu

V_h = vrijednost higroskopnosti

Minimalna količina pristupačne vode određuje se iz:

$$V_{min} = 0,25 P_{kv} + 0,75 V_h \quad (42)$$

Maksimalna količina vode u tlu (V_{maks}) ograničena je potrebnom količinom zraka u tlu. Približno iznosi:

$$V_{maks} = 3/2 V_{min} \quad (43)$$

Sadržaj vode (Q) na površini od 1 ha tla, dubine tla h, utvrđuje se pomoću izraza:

$$Q = 10\,000 h S_{tv} V \% / 100 = 10 h S_{tv} V \% \quad (44)$$

gdje je:

V = volumen vode u tlu

Kapilarno dizanje vode u tlu može se utvrditi pomoću jednadžbe:

$$h_k = \frac{0,45}{r_p d_o} \quad (45)$$

gdje je:

d_o = efektivni promjer čestica tla (u mm)

$r_p = p / 1-p$, = koeficijent pora

Kapilarno dizanje vode može se izračunati po izrazu

$$h_k = \frac{75}{d_c} \quad (46)$$

gdje je:

d_c = srednja vrijednost promjera čestica tla (u mm)

7.2. Kontrola drenažnog otjecanja i rad sistema za odvodnjavanje

Količina drenažne vode i efikasno iskorištenje vode u sistemu prikladni su kriteriji za procjenu rada sistema za odvodnjavanje. Kod eksploatacione kontrole rada odvodnog sistema polazi se od pretpostavke da je drenažno otjecanje sastavljeno iz hidroloških parametara i podzemnog dotjecanja. Zato se u eksploatacionoju kontroli koristi jednadžba hidrološke ravnoteže, tj. promatra se dotok, iskorištenje vode i otjecanje vode na teritoriji sliva. Dotok i otjecanje vode moraju biti regulirani tako da se voda maksimalno iskoristi.

U eksploataciji se prate te tri veličine, pa se i mjerni uređaji tako postavljaju da zadovolje gornje zahtjeve.

Ukupna količina vode koja otječe s odvodnog sistema iznosi:

$$Q_o = Q_k - \sum Q_m \quad (47)$$

gdje je:

Q_o = ukupno otjecanje na izlazu iz sistema

$\sum Q_m$ = ukupan dotok vode u sistem

Q_k = količina vode koja se iskoristi u slivu

Godišnje specifični otjecanje (q_o) se može odrediti iz izraza:

$$q_o = \frac{Q_o}{P_o} \quad (48)$$

gdje je:

P_o = površina za odvodnjavanje (u ha)

Vlastite, produktivno iskorištene vode su one količine vode koje dolaze do biološkog opticanja, mogu biti izražene količinom vode koja dolazi na 1°C prosječne dnevne temperature. U normalnim uvjetima našeg podneblja ta količina ne smije biti manja od 2 m³/ha na 1°C. Pri visokim nivoima doseže 2,7 m³/ha i više. Ta veličina može se utvrditi iz jednadžbe vodnog bilansa na slijedeći način:

1. Dotok vode na 1 ha tla

a) godišnja oborina $a = h_o \cdot 10$ (u m³) (49)

b) dotok podzemne vode $b = 10 k_z \mu$ (50)

gdje je:

k_z = specifični volumen podzemne vode, koja se nalazi u prostoru između godišnjih amplituda nivoa (na 1 ha)

μ = drenažna poroznost

Ukupni dotok vode jednak je veličinama $a + b$

2. Godišnje otjecanje vode sa 1 ha

$$a) \text{ evapotranspiracija} \quad x = y \alpha \sum t \text{ (u m}^3 \text{ / ha)} \quad (51)$$

gdje je:

α = pokazatelj poljoprivrednog iskorištenja površina

t = ukupna prosječna dnevna temperatura u bezmraznom periodu

y = specifična količina iskorištene vode u sistemu

b) godišnje specifično otjecanje sa sistema: d

Ukupno otjecanje jednako je veličinama x + d.

3. Količina vode, koja je ostala na odvodnjavanoj površini (c) određuje se na osnovu sta nivoa podzemne vode i koeficijenta drenažne poroznosti profila:

$$c = \frac{\sum z \mu P'_o}{P_o} \quad (52)$$

gdje je:

z = godišnja amplituda nivoa podzemne vode (u mm)

μ = drenažna poroznost (%)

P'_o = površina sistema na kojem se javlja amplituda z (u ha)

P_o = ukupna odvodnjavana površina (u ha)

Na temelju gornjih veličina može se postaviti:

$$(a + b) - (x + d) = c$$

$$x = (a + b) - (d + c) = y \alpha \sum t$$

iz čega izlazi:

$$y = \frac{(a + b) - (c + d)}{\alpha \sum t} \quad (53)$$

Ako se usporedi izračunata veličina s normalnom ($2 \text{ m}^3/\text{ha}$ na 1°C) mogu se javiti tri učaja:

a) $y = 2$ do $2,5 \text{ m}^3/\text{ha}$, 1°C : efikasnost sistema je optimalna

b) $y < 2 \text{ m}^3/\text{ha}$, 1°C : sistem odvodi suviše vode i tlo presušuje

c) $y > 2,5$ do $2,7 \text{ m}^3/\text{ha}$, 1°C : sistem radi nesavršeno, prevlaživanje tla se nastavlja pa je užna rekonstrukcija sistema.

Brojčani primjer:

Površina koja se odvodnjava $P = 2000$ ha, $Q_o = 3,900.000 \text{ m}^3$, $\alpha = 0,75$, $Z = 0,6$ m

$\Sigma t = 1600^\circ\text{C}$, godišnja oborina $h_o = 600$ mm, amplituda $0,3$ m, $\mu = 25\%$.

1. Dotok vode godišnje / 1 ha

a) oborine $600 \times 10 = 6000 \text{ m}^3$

b) dotok podzemne vode $10 \times 300 \times 25 / 100 = 750 \text{ m}^3$

Ukupni dotok: $6000 + 750 = 6750 \text{ m}^3$

2. Godišnje otjecanje na 1 ha

a) evapotranspiracija $x = y \times 1600 \times 0,75 \text{ m}^3 / \text{ha}$

b) godišnje specifično otjecanje $d = 3,900.000/2000 = 1950 \text{ m}^3 / \text{ha}$

Ukupno otjecanje $x + d$

3. Količina vode koja je ostala na površini, c:

$600 \times 10 \times 25/100 = 1500 \text{ m}^3 / \text{ha}$

Pokazatelj iskorištenja voda:

$$y = \frac{6750 - (1950 + 1500)}{0,75 \times 1600} = 2,75 \text{ m}^3 / \text{ha na } 1^\circ\text{C}$$

Rad sistema nije efikasan, potrebna je rekonstrukcija, vjerojatno dopuna podzemnom cijevnom drenažom. U primjeru je prikazano da je podizanje podzemne vode ravnomjerno ($P'o$) po cijeloj površini sistema.

Na velikim površinama taj se slučaj ne događa, pa je potrebno računati detaljne omjere.

LITERATURA

1. Bakel, Van, P. J., T.: Operational aspects of surface water management in relation to the hydrology of agricultural areas and nature reserves. *Agricultural water management*, 14, 377-388. Amsterdam, 1988.
2. Benedini, M: Developments and possibilities of optimization models. *Agricultural water management*, 13, 329-358. Amsterdam, 1988.
3. Bonacci, O.: Meteorološke i hidrološke podloge. Priručnik za hidrotehničke melioracije 2, 39-130, Zagreb, 1984.
4. Bonacci, O.: Hidrološki proračun osnovne kanalske mreže za površinsku odvodnju. Priručnik za hidrotehničke melioracije 3, 63-88, Zagreb, 1985.
5. Chow, V. T.: *Handbook of applied hydrology*. McGraw-Hill Book Co. New York, 1964.
6. Feddes, R. A., Kowalik, P., J. and Zaradny, H.: *Simulation of field water use and crop yield*. Pudoc, Wageningen, 1978.
7. Feddes, R. A.: Modelling and simulation in hydrologic systems related to agricultural developments: state of the art. *Agricultural water management*, 13, 235-248, Amsterdam, 1988.
8. Filipović, B.: *Metodika hidrogeoloških istraživanja I*, s. 439, Naučna knjiga, Beograd, 1980.
9. Gereš, D.: Fizikalno-matematske osnove proračuna površinskog navodnjavanja. Zbornik radova sa IX Savjetovanja JDHI i JDH, 522- 536, split, 1986.
10. Gereš, D.: Efekti površinskog i podzemnog odvodnjavanja hidromorfniha zemljišta u Pančevačkom Ritu. *Nauka u praksi*, 18 (1988) 2, 183-208, Beograd, 1988.
11. Gereš, D.: Sistematski pristup upravljanja vodnim režimom u hidrotehničkim melioracijama, II dio. *Nauka u praksi*, 19 (1989) 3, 339-358, Beograd, 1989.
12. Gereš, D.: Primjena sistematske analize u navodnjavanju. *Vodoprivreda* 21, 119-120 (1989/3-4). 3. 517-521, Beograd, 1989.
13. Gereš, D.: Sistematska analiza upravljanja vodnim režimom u hidrotehničkim melioracijama, Zbornik radova XVI SYMOPIS '89 Kupari, str. 603-606, Naučna knjiga, Beograd, 1989.
14. Hall, W. A., and Dracup, J. A.: *Water resources system engineering*. MC Graw-Hill Book Co. New York, 1970.
15. Jovanović, S.: *Parametarska hidrologija*. Jugoslavensko društvo za hidrologiju, Beograd, 1974.
16. Kessler, J.: *Field drainage criteria: Drainage principles and applications*, pub. 16, vol. II, P-131-164. ILRI, Wageningen, 1983.
17. Komatina, B. B.: *Hidrogeološka istraživanja, metode istraživanja I*, s. 375, Beograd, 1984.

18. Komatina, V. B.: Hidrogeološka istraživanja, proračuni, II, s. 482, Geozavod, Beograd, 1986.
19. Kos, Z.: Osnovni principi planiranja vodoprivrednih - posebno odvodnih sustava. Priručnik za hidrotehničke melioracije 3, 7-30, Zagreb, 1985.
20. Kos, Z.: hidrotehničke melioracije tla I i II dio. Rijeka, 1982. i Zagreb 1987.
21. Kudrna, K.: Využiti melioračních soustav. Statni zemedelske nakladatelstvi, Praha, 1987.
22. Linsley, R. K., Kohler, M. A., and Paulhus, J. L., Applied hydrology. Mc Graw-Hill Book Co. New York.
23. Marušić, J.: Optimalizacija hidromelioracijskih sustava i njihov utjecaj na ekonomičnost proizvodnje hrane. Disertacija, Zagreb, 1986.
24. Ollier, C. et Poiree, M.: Assainissement agricole, Eyrolles, Paris, 1981.
25. Oosterbaan, R. J.: The study of effects of drainage on agriculture. U: Land reclamation and water management, publ. 27, ILRI, Wageningen, 1980.
26. Polubarinova-Kočina, P. J.: Teorija dviženija gruntovih vod, Tehničkoje izdatelstvo teoretičkoj literaturi. Moskva, 1952.
27. Racz, Z.: Meliorativna pedologija I i II dio. Zagreb, 1980. i 1981.
28. Srebrenović, D.: Primijenjena hidrologija, Tehnička knjiga, Zagreb, 1986.
29. Srića, V.: Uvod u sistemski inženjering. Informator, Zagreb, 1988.
30. Škinkis, C. N.: Gidrologičeskoe dejstvije drenaža. Gidrometizdat, Leningrad, 1981.
31. Šreder, J., A., Šarov, A., A.: Sistemi i modeli. Izdatelstvo radio i svjaz, Moskva, 1982.
32. Tood, D., K.: Groundwater hydrology. John Wiley and S. New York, 1980.
33. Vučić, N.: Vodni, vazdušni i toplotni režim zemljišta. Vojvođanska akademija nauka i umetnosti, Novi Sad, 1987.
34. Vuković, M. i Soro, A.: Dinamika podzemnih voda, rešeni problemi ustaljenog strujanja s. 500. Institut "J. Černi", Posebna izdanja, knjiga 25. Beograd, 1984.
35. Wesseling, J.: Subsurface flow into drains. In: Drainage principles and applications, pub. 16, vol. II, P. 1-56. ILRI, Wageningen, 1983.
36. Tehnička enciklopedija JLZ, VIII svezak, s. 360-381, Zagreb, 1982.

METEOROLOŠKA I HIDROLOŠKA MJERENJA NEOPHODNA ZA ODRŽAVANJE I KORIŠTENJE HIDROMELIORACIJSKIH SUSTAVA

1. Uvod

Civilizirani život uopće, a stabilna produkcija hrane kao njegov primarni element posebno, nezamislivi su bez pažljivih i detaljnih meteoroloških i hidroloških mjerenja. Što više, potreba za boljim, detaljnijim, preciznijim i brojnijim mjerenjima raste s vremenom i to ne linearno, nego eksponencijalno. U razvijenom svijetu mjerenja i sve složenije i kompleksnije analize postale su odavno rutina. Nerazvijene zemlje Afrike, Azije i Latinske Amerike zahvaljujući ekonomskoj i tehničkoj pomoći koja se primarno iscrpljuje vezano uz povećanje proizvodnje hrane, vrlo blisko prate trendove razvijenog svijeta u području meteoroloških i hidroloških mjerenja. Što više, njihova oprema je često mnogo modernija i sofisticiranija nego ona u najrazvijenijim zemljama. Razlog je dvojak. S jedne strane razvijene zemlje koriste one nerazvijene kao poligon za testiranje mogućnosti još neistražene opreme. S druge strane, zbog niskog kulturnog i civilizacijskog nivoa i s time vezanim teškoćama oko održavanja i operativnog vršenja opažanja ide se na primjenu tehnike daljinskog mjerenja, upotrebu satelita, solarnih ćelija za energetska napajanje itd. Dešava se, i to ne rijetko, nonsens da najnerazvijenije zemlje imaju bolju opremu za meteorološka i hidrološka mjerenja od onih najrazvijenijih.

Postavlja se pitanje gdje se u ovom vrtlogu potreba, želja, novih ideja i tehnologija nalazimo mi. Vrlo gorka je činjenica, ali se s njom treba što jasnije i što prije suočiti, da se mi nalazimo na samom dnu svjetskih kretanja. Osobno me mnogo više zabrinjava činjenica što ljudi iz struke ne pokazuju ni dovoljno interesa niti minimum želje da se ovo stanje bitnije promijeni. A njega treba doista hitno mijenjati, želimo li barem kaskati za razvijenim svijetom.

U okviru ovako kratkog izlaganja relativno je teško dati kompletan pregled problema. Smatramo da osnovne elemente i klasične metode i pribor nije potrebno ponovo iznositi. U tom smislu postoji brojna literatura (Bonacci, 1984. i 1989, McCulloch i sur. 1975. itd). Stoga će se ovdje osnovna pažnja usmjeriti na nekoliko problema s kojima se moderna praksa i znanost danas naročito bave. Po vlastitoj ocjeni radi se o slijedećim problemima: 1 Oborine; 2 Vлага u tlu; 3 Infiltracija; 4 Evapotranspiracija. O svim navedenim problemima bit će izneseni samo oni elementi za koje se procjenjuje da nisu poznati široj stručnoj javnosti.

Na samom kraju uvodnog izlaganja treba istaknuti i to da su se meteorološka i hidrološka

istraživanja i posebno mjerenja bitno približila i postala zajednički dio u interdisciplinarnoj funkciji brojnim znanstvenim i praktičnim disciplinama, a naročito poljoprivredi i šumarstvu. Neophodnost zajedničkog rada imperativ je vremena i progresa. U radu je naglasak stavljen na aplikaciju u području hidromelioracija. U tom je području primarni zadatak istraživanje potreba za vodom u cilju postizanja optimalnih produkcija poljoprivrednih proizvoda. Pri tome se naglasak stavlja na složene analize interakcija odnosa vode, kulturnih biljaka, klimatskih karakteristika i svojstava tla. Uspjesi se u tom području ne mogu očekivati bez ozbiljnih, preciznih i dugotrajnih mjerenja i istraživanja u području meteorologije i hidrologije.

2. Oborine

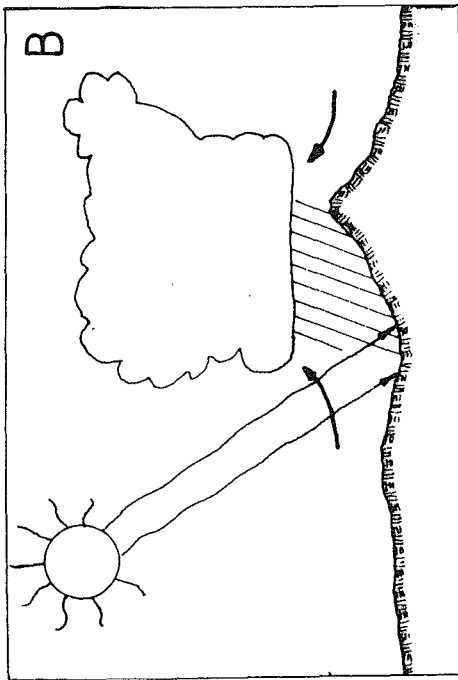
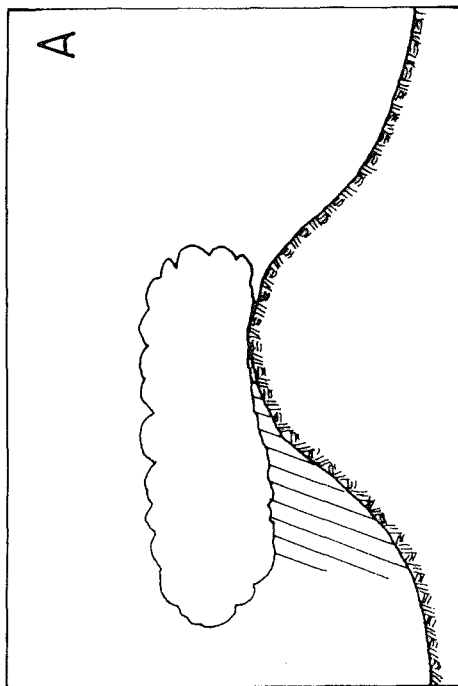
Oborina predstavlja ulazni vektor svih hidroloških procesa. Njen je značaj za život na zemlji primaran. Za poljoprivrednu proizvodnju oborina ima dvojaku funkciju. Njen dugotrajan nedostatak izaziva suše i smanjenje ili čak potpuno uništenje poljoprivredne proizvodnje. Njeno pak preobilje ima često i katastrofalnije posljedice. Stoga je potpuno razumljiva neophodnost njenog detaljnog istraživanja u vezi s korištenjem i održavanjem hidromelioracijskih sustava. U nastavku će se u tri potpoglavlja diskutirati tri različita problema vezana uz oborine. Prvi se odnosi na novije teoretske pristupe analiza formiranja kiša jakih intenziteta. Drugi dio se odnosi na analizu realnih oborina palih 1989. u području grada Zagreba, a treći dio se odnosi na analizu problema intercepcije (zadržavanja) kiša na vegetaciji.

2.1. Teoretski aspekt problema

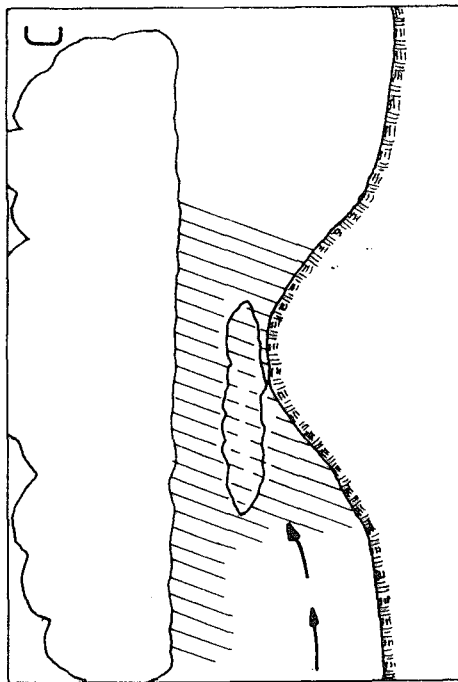
Za izučavanje odnosa padavine - otjecanje, od ključnog je interesa detaljno poznavanje i identifikacija strukture kiša, a posebno onih jakih intenziteta. Svaki pljusak može biti klasificiran u skladu s komponentama koje ga identificiraju u prostoru i vremenu. Moderne analize su definitivno utvrdile da su pljuskovi sastavljeni od vrlo jasno definiranih elemenata različitih vremenskih i prostornih veličina tzv. ćelija (Bras, 1990).

Kod analize oborina, a osobito pljuskova jakih intenziteta, važno je objasniti mehanizme nastanka i padanja kiša, vezane s orografskim karakteristikama zemaljske površine. Ilustracija tri osnovne mogućnosti dana je na slici 1 (Dahlström, 1986). U slučaju prikazanom na slici 1A radi se o klasičnim orografskim oborinama izazvanim primarno postojanjem visokih (viših od 1000 m) planinskih lanaca. U slučaju prikazanom na slici 1B radi se o utjecaju konvekcije, tj. dizanju toplih zračnih masa duž padina manjih orografskih cjelina, izazvane sunčanom radijacijom. U slučaju prikazanom na slici 1C utjecaj orografije pojačan je i činjenicom postojanjem dva nivoa oblaka. Kapi kiše koje padaju iz više položenog oblačnog sustava prolaze kroz manje oblake nižeg sloja atmosfere, te u njima vrše funkciju koalescencije i time pojačavaju, u lokalnim razmjerima, pljuskove.

Slika 1. Objašnjenje nekih mehanizama padanja oborina vezanih s površinom zemlje:



- A) orografske oborine;
- B) konvekcija zbog zagrijavanja od zemljine površine radijacijom sunca i formiranjem uzlaznih vjetrova na padinama manjih brežuljaka;
- C) orografske oborine pojačane izbacivanjem kišnih kapi iz niže položenog oblaka.

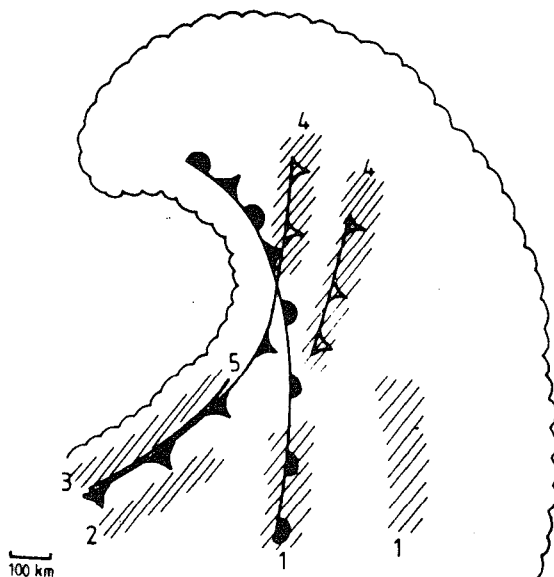


Struktura kiša jakih intenziteta danss se isključivo razmatra u slijedeće tri dimenzije:

1. Mikrodimeziji (mikroskali);
2. Mezodimeziji (srednjoj skali ili mezoskali) te
3. Makrodimeziji (makroskali).

Mikroskala je sastavljena od konvektivnih ćelija kratkog trajanja od oko pola sata. Prostorno širenje ovih ćelija je reda veličine 5 km u promjeru. Konvektivne ćelije kao na pr. one kod oluja s grmljavinom (thundestorm) su vrlo nagle prirode. Male ćelije sreću se slučajno dok se velike ćelije otklanjaju na lijevo od gornjeg sloja (toka mlaza) vjetra. Ovo važi isključivo na sjevernoj hemisferi zemljine kugle. One ne prate generalni pravac oluje. Brzina kretanja ovih ćelija je reda veličine 30 do 50 km/sat. Ćelije prolaze periode rasta, zrenja i smrti, tipične za sva konvektivna kretanja.

Aktivnosti mezoskale sastoje se od skupina ćelija u razvoju. Pri tome je svaka ćelija u različitom stupnju razvoja i kretanja u skladu s prioritnim pravcem. Na slici 2 prikazani su osnovni tipovi mezoskale oborina unutar vantropskog ciklona. Na slici je prikazano pet različitih tipova po položaju u ciklonu. Definirana su dva tipa mezoskale oborina i to mala i velika (prostrana).



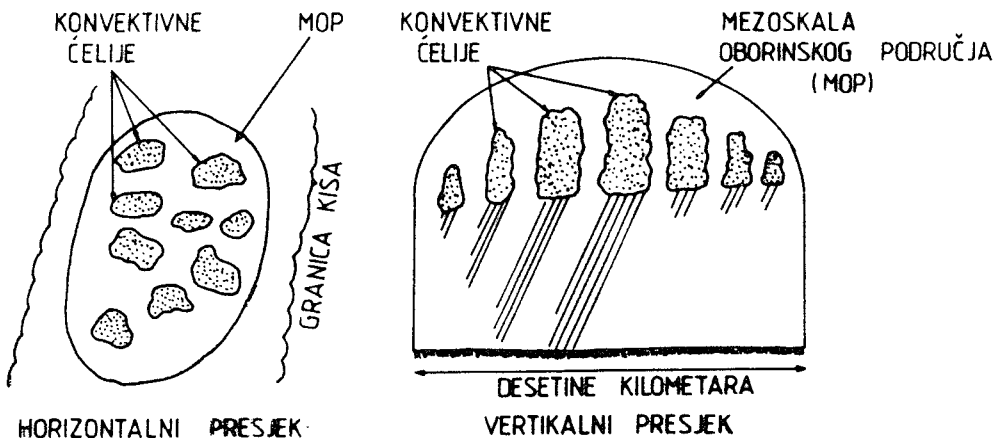
Slika 2

Četiri osnovna tipa mezoskala oborinskog područja (šrafirana područja) umetnuta u vantropski ciklon:

1. toplo frontalno područje na i ispred toplog površinskog fronta;
2. područje u toplom sektoru ispred hladnog fronta;
3. hladno frontalno područje iza hladnog površinskog fronta;
4. područje na gornjem nivou (duž dijela hladnog zraka koji prelazi frontalne zone);
5. područje vezano sa linijom konvekcije.

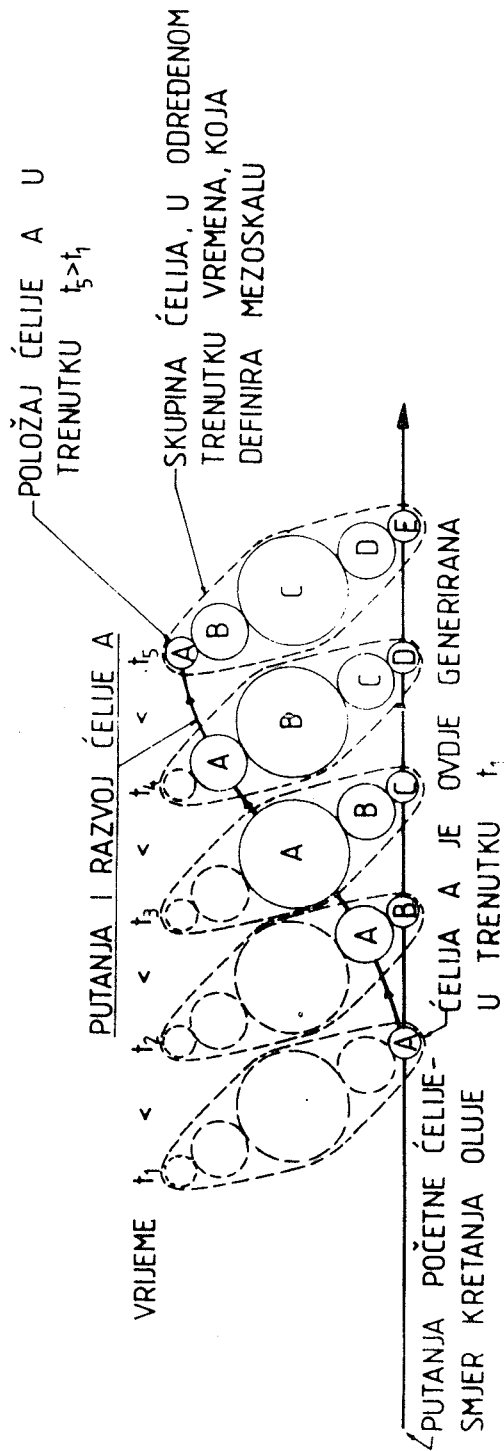
Prostrana mezoskala pokriva područje od 2300 do 4700 km², dok se mala mezoskala prostire preko površine od 150 do 400 km².

Važno je naglasiti i to da su intenziteti kiša umjereni kada se osrednje preko cijelog područja mezoskale, a posebno onoga koji pripada prostranoj mezoskali. Na slici 3 prikazana je struktura mezoskale koja se pojavljuje unutar granica kiše. Detaljniji, ali više šematski prikaz rasta i kretanja ćelija oluje dat je na slici 4. Tu se prikazuje kretanje mezoskale s pripadnim ćelijama koje rastu i kreću se na lijevo (na sjevernoj zemaljskoj polukugli) od smjera kretanja oluje. Poslije faze zrelosti ćelije, koja je na slici 4 za ćeliju A nastupila u trenutku t₃, nastupa faza odumiranja (disipacije ili raspadanja).

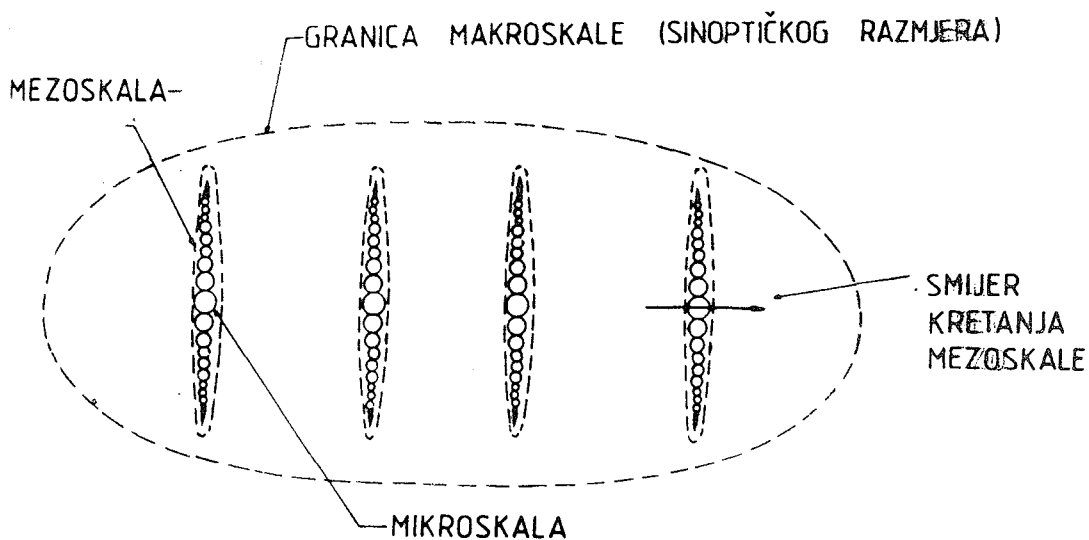


Slika 3 Shematska struktura mezoskale oborinskog područja (MOP) koja se pojavljuje unutar granica kiša

Slika 4 Rest i kretanje ćelija u mezoskali unutar oluje



Skupina većeg broja jedinica mezoskale formira makroskale koja se naziva i sinoptička razmjera ili skala. Njena je pozadina u klimatskim kretanjima najširih dimenzija. Ona zahvaća dijametar od nekoliko stotina kilometara. Frontalni klimatski događaji nalaze se unutar ove razmjere. Prosječni kišni intenzitet unutar sinoptičkog područja je malen. Brzine i generalni pravci kretanja su jasno vidljivi. Jedinice mezoskale koje pripadaju sinoptičkoj skali formiraju njene granice kako je to shematski prikazano na slici 5.



Slika 5 Shematski prikaz tipične trenutačne strukture makroskale (događaja sinoptičkih razmjera)

Prethodno opisane fizičke karakteristike olujnih pljuskova neophodne su za shvaćanje, objašnjavanje i modeliranje odnosa oborina-otjecanje. One predstavljaju nužan prvi stupanj u okviru ove analize. U drugom stupnju olujni pljusak se opisuje preko eksternih i internih statističkih karakteristika. Eksterne karakteristike odnose se na ukupnu količinu palih kiša, njeno trajanje, te na razmake među pojedinim pljuskovima unutar jedne kišne epizode. Ove su karakteristike generalno stohastičke i u principu nisu statistički nezavisne. Visina pale kiše varira u prostoru ali pokazuje prostornu korelaciju (dakle vezu) između pojedinih točaka. Poznato je da je visina pale kiše direktno vezana s trajanjem kiše. Što je trajanje kiše duže, njena je pala visina veća, ali se intenzitet smanjuje.

Interne karakteristike olujnih pljuskova odnose se na vremensku i prostornu distribuciju intenziteta unutar pljuska. Opaženo je da na datim lokalitetima i klimatskim uvjetima neki tipovi kišnih događaja pokazuju sličan razvoj u vremenu. Na osnovu toga zaključka prišlo se definiranju projektnog pljuska ili pljuska za projektiranje. Danas se ova koncepcija donekle napušta, a interne karakteristike pljuska pokušavaju se analizirati praćenjem rasta i nestanka pojedinih ćelija. U tom smislu postignuti su ohrabrujući i relativno opće važeći zaključci. Interne karakteristike pljuska od primarne su važnosti za potrebe urbane hidrologije.

U prethodnom tekstu opisana je fizika nastanka pljuskova, a dat je osvrt i na eksternu i internu strukturu pljuskova. Zaključak je očigledan. Radi se o dinamičkom procesu kojim vladaju stroge ali stohastičke zakonitosti. Prikaz točkastog stohastičkog procesa dat je na slici 6 (Garcia-Bartual i sur. 1990). Da bi ga se moglo detaljno pratiti potrebna su brojna, gusta i dobro organizirana mjerenja u prostoru i vremenu. Značajno je pitanje kako i koliko se ovi složeni dinamički procesi mogu pratiti na bazi postojećih mreža kišomjera. Pesimistički intoniran odgovor je očigledan. Međutim i bez obzira na njega, određene zakonitosti mogu se i moraju se suočiti. U svijetu se sve više ide na to da se površine analiziranih slivova vezuju sa klasifikacijom i razvojem olujnih pljuskova. Ovaj pristup pomaže da se izvrši fokusiranje-analiza ovog aspekta pljuska, koji je značajan za utjecaj na analizirani sliv prema njegovoj veličini i topografiji. U jednom slučaju bitan će biti aspekt topografije, u drugom reljefa, površinskog situacionog širenja, vremenske dimenzije pljuska, varijacije intenziteta itd.

Svaka konvektivna kiša koja izaziva poplave na manjim površinama, sastavljena je od nekoliko ćelija čije je ponašanje u prostoru i vremenu individualno i nepredvidivo. Opis njihovog ponašanja s parametrima korisnim za hidrologiju, od primarne je važnosti za točnost studiranja odnosa padavine-otjecanje. Generalno se može reći, a taj zaključak važi za cijeli svijet, da raspodjela kišomjernih stanica u slivu nije optimalna za prostornu analizu jakih pljuskova. Rijetko (bolje rekuć nikada) postoji dovoljan broj kišomjera, s visokim nivoom točnosti mjerenja, koji omogućuje točnu prostornu interpolaciju palih kiša. Razlog leži u činjenici što se ekstremne varijacije intenziteta zbivaju u malim prostorima, manjim od onih u kojima su kišomjeri najgušće postavljeni. Na slivovima veličine samo 10 km^2 (Patrick i sur. 1990) s gustima automatskim registratorima kiša (1 registrator na 2 km^2) u nekim slučajevima jakih pljuskova nije bilo moguće definirati točan i pouzdan raspored oborina u

2.2. Analiza realnih oborina palih u VII i VIII mjesecu 1989.

Sa ciljem da se prethodno izneseni teoretski principi primjene u praksi, u ovom poglavlju izvršit će se analiza realnih jakih oborina palih u VII i VIII mjesecu na širem području grada Zagreba.

Na slikama 7 do 9 ucrtane su karte izohijeta šireg područja grada Zagreba od 15° 35' E do 16° 28' E, te od 45° 36' N do 46° 01' N za pet kišnih epizoda koje su izazvale poplave. Na kartama je ucrtana rijeka Sava i četiri njene veće pritoke: Sutla, Krapina, Vugrov potok (lijevi pritoci), te Odra (desni pritok). Karte izohijeta izrađene su za slijedećih pet kišnih epizoda:

1. 4. VII 1989. (Krapina, potoci Medvednice, sjeverni dio Zagreba)
2. 12. VII 1989. (Samobor)
3. 13. VII 1989. (Samobor)
4. 9. VIII 1989. (Južni Zagreb)
5. 26. VIII 1989. (Glavni odteretni kanal gradske kanalizacije)

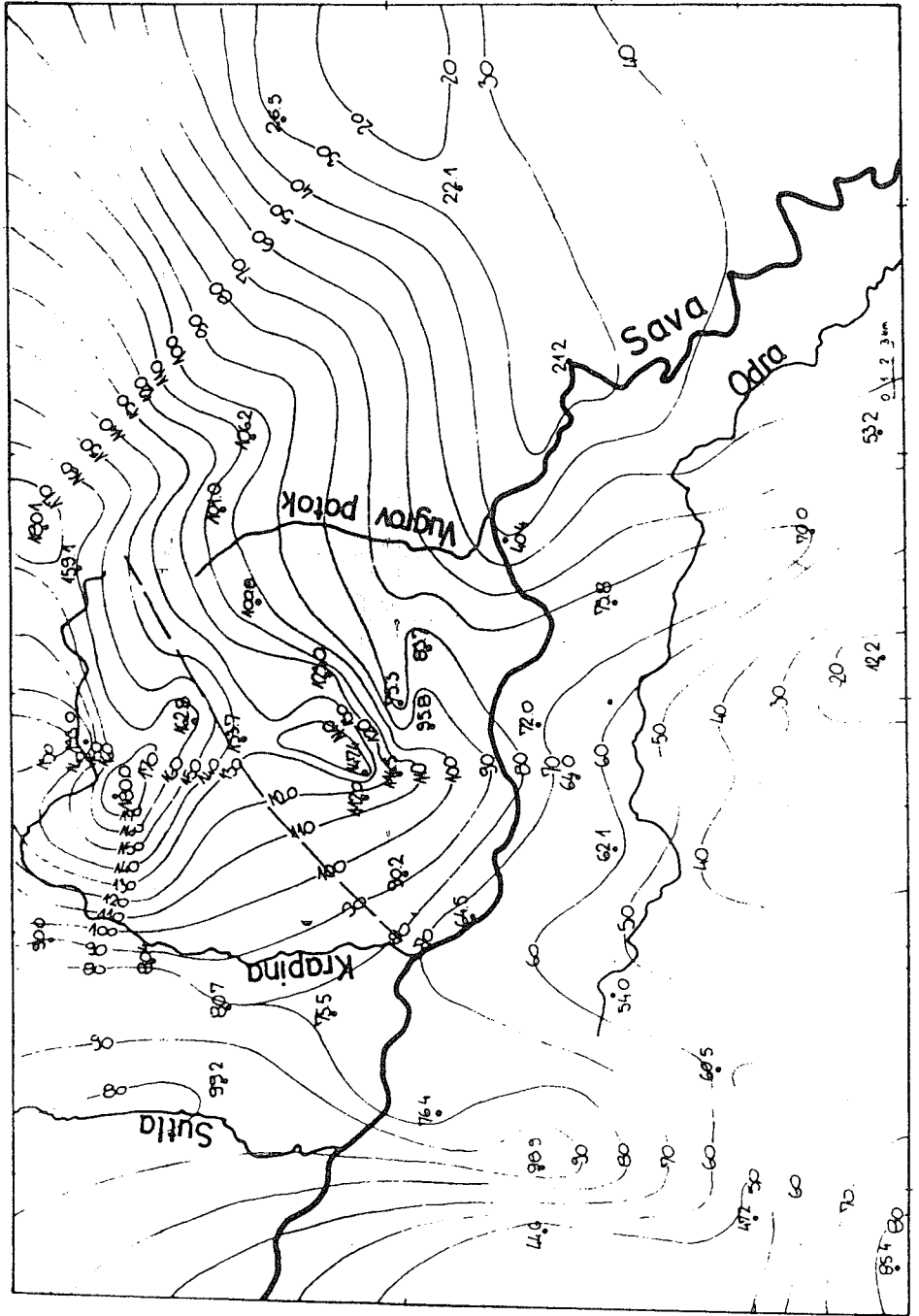
U zgradama su navedena šira područja na kojima su kiše pale tog dana izazvale manje ili veće poplave. Daleko najveća poplava bila je izazvana oborinama koje su počele padati krajem 3. VII 1989. i koje su rezultirale maksimalnim protokama poplavnih hidrograma oko ponoći istog dana ili u toku jutra, dana 4. VII 1989. Reakcija na vodotocima s manjim slivnim površinama bila je vrlo brza, što odgovara i njihovom vremenu koncentracije.

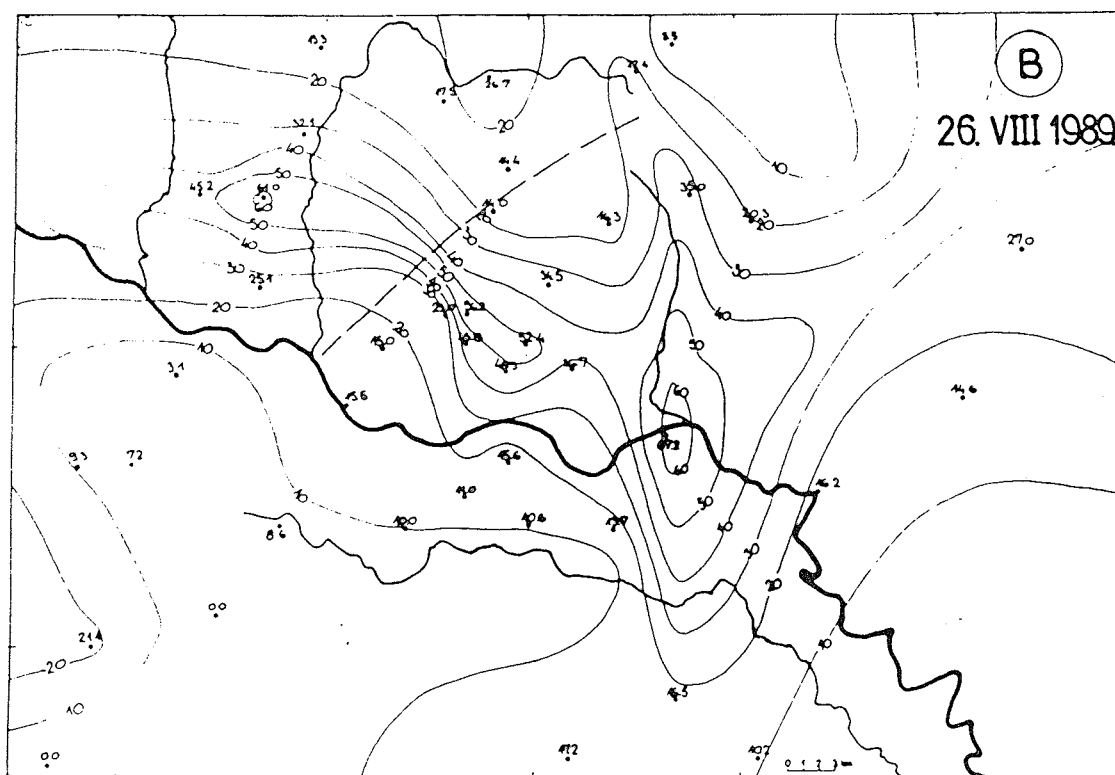
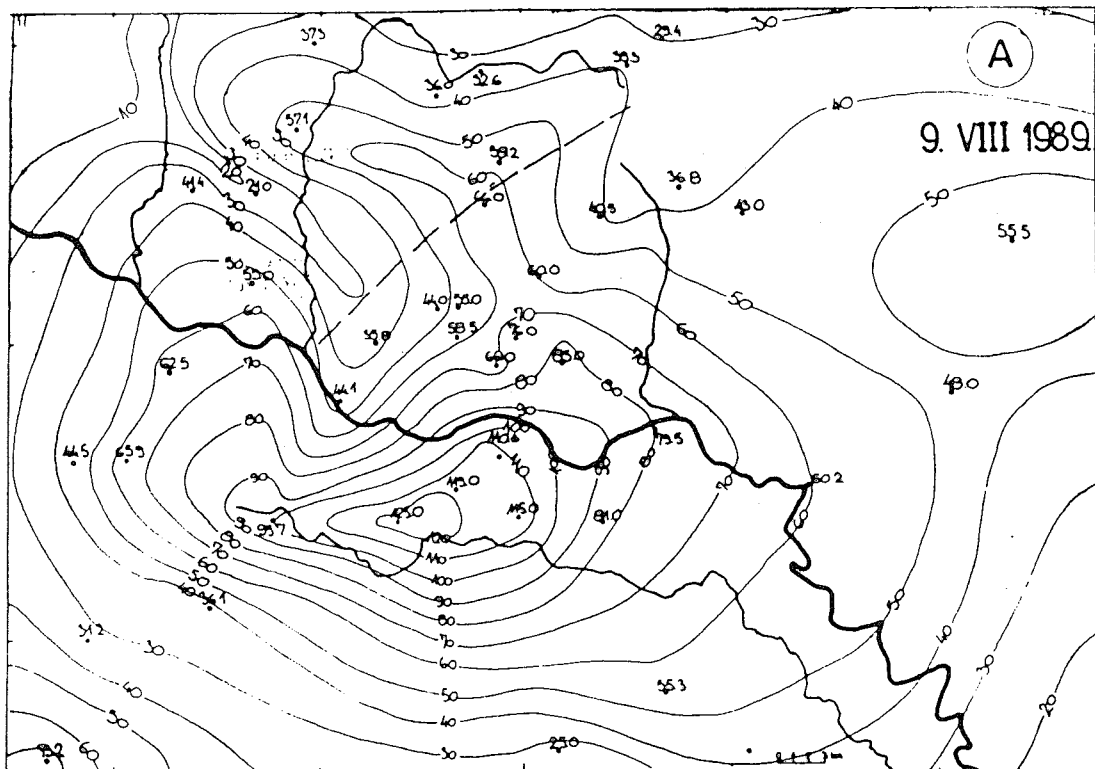
Potrebno je naglasiti da je veza dnevnih oborina i nadmorskih visina na kojima su mjerene vrlo slaba. Riječ je o pojavi koja je u slučaju intenzivnih olujnih oborina kratkog trajanja više pravilo nego iznimka. Očigledno se u analiziranim situacijama radilo o dominantnom utjecaju vrlo burnog razvoja sistema konvektivnih ćelija u prostoru i vremenu. Orografski utjecaj bio je zbog toga znatno slabiji.

Kod analize kiša potrebno je ukazati na jednu činjenicu koja široj stručnoj javnosti nije potpuno poznata. U našim je hidrometeorološkim službama važeća praksa da se u kiše pale nekog dana ubrajaju one kiše koje su pale u jučerašnjem danu od 7 ujutro do 24 sata tog dana, te u datom danu kiše pale od 0 sati do 7 sati ujutro. Dakle u razmatrani dan ulazi samo 7 prvih sati i 17 sati prethodnog dana. Zbog ovoga su mogući nesporazumi. To se naročito odnosi na kišnu epizodu koja se bilježi pod datumom 4. VII 1989, a glavnina kiše je pala od 3. VII u 15 sati do 24 sata istog dana. Čak su i maksimalne protoke bile zabilježene između 20 do 24 sata 3. VII 1989. O ovoj je činjenici neophodno stalno voditi brigu.

Kišna epizoda od 4. VII 1989. prikazana je na karti izohijeta datoj na slici 7. Ovaj kišni događaj spada po razmjeri u mezoskalu. Na osnovu područja u kojem su vršene interpolacije izohijeta, očigledno je da su postojala dva maksimuma, dok treći u gornjem dijelu sliva Krapine nije bilo moguće do kraja zatvoriti jer su nedostajali podaci. Međutim i njega se može tretirati kao jasno izraženog.. Nedovoljno gusta mreža kišomjera nije omogućila jasno definiranje još najmanje dva centra pljuska, manja po svom intenzitetu (reda veličine 80 i 100 mm na 24 sata).

Slika 7 Karta izohijeta 4. VII 1989





Slika 9 Karta izohijeta 09.08. i 26.08.1989.

Ova kišna epizoda ujedno je izazvala i daleko najveće poplave nesrazmjerne po svom intenzitetu i zahvaćenju površini u usporedbi s ostale četiri kišne epizode, koje su zahvatile samo lokalna područja. Daleko najteže posljedice bile su u slivu Krapine, te u gornjem, šumskom i tek manjim dijelom urbaniziranom području Medvednice. Posljedice su se osjetile sve do kontakta otvorenih tokova gradskih potoka sa njihovim zatvorenim i u kanalizaciju uvedenim dionicama.

Izohijete kišne epizode od 12. VII 1989. prikazane su na slici 8A. Vidljivo je postojanje dva centra pljuska oko Samobora i na samom vrhu Medvednice. Dimenzija ove kišne epizode zahvatila je područje mikroskale, a izazvala je manje poplave na području Samobora. Na slici 8B ucrtane su izohijete kišne epizode od 13. VII 1989. Radi se o jednom lokalnom pljusk koji je zahvatio općinu Samobor i izazvao vrlo nezgodne posljedice u slivu Gradne. Ove posljedice dijelom su rezultat i kiša palih u kišnoj epizodi koja se desila prethodnog dana.

Karta izohijeta kišne epizode od 9. VIII 1989. prikazana je na slici 9A. Ovdje se jasno uočava postojanje jednog centra pljuska čiji maksimum iznosi oko 130 mm kiše pale u 24 sata. Moguće je da je postojao još jedan bitno manji centar pljuska koji nije imao kao posljedicu formiranje poplave. Kišna epizoda od 9. VIII 1989. izazvala je velike probleme u odvodnji oborinskih voda na području novog, južnog dijela Zagreba.

Karta izohijeta kišne epizode od 26. VIII 1989. prikazana je na slici 9B. Uočava se postojanje dva centra s maksimalnim oborinama od oko 70 mm u 24 sata. Riječ je o kiši koja nije bila jakog intenziteta, ali je padala relativno dugo, oko 6 sati. Trajanje kiše poklopilo se s vremenom koncentracije za sliv glavnog odvodnog kolektora gradske kanalizacije (GOK-a) grada Zagreba. Područje koje je zahvatio pljusak uglavnom se podudara sa slivnim područjem GOK-a. Treba naglasiti da je slivno područje GOK-a danas još uvijek nedovoljno definirano.

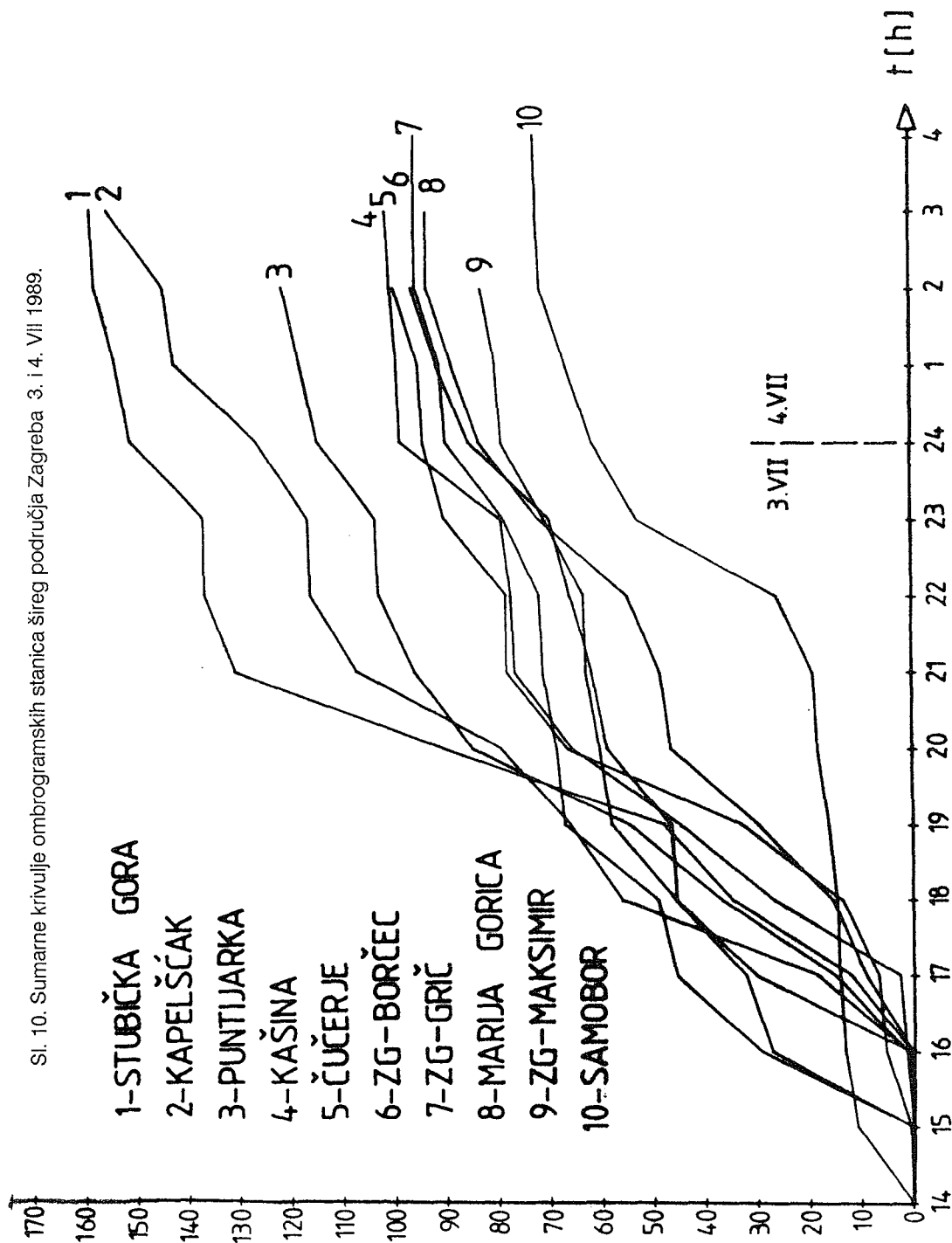
Nastavno je načinjen pokušaj da se dublje pronikne u unutrašnju ćelijsku strukturu eksternih konvektivnih oborina palih 3. VII 1989. godine. Ćelija predstavlja najreprezentativnije i suštinski bitno obilježje koje karakterizira unutrašnji proces padanja kiša kratkog trajanja. Postojanje ćelija koincidira sa intervalima kiša jakih intenziteta. Dvije bitne stvari su:

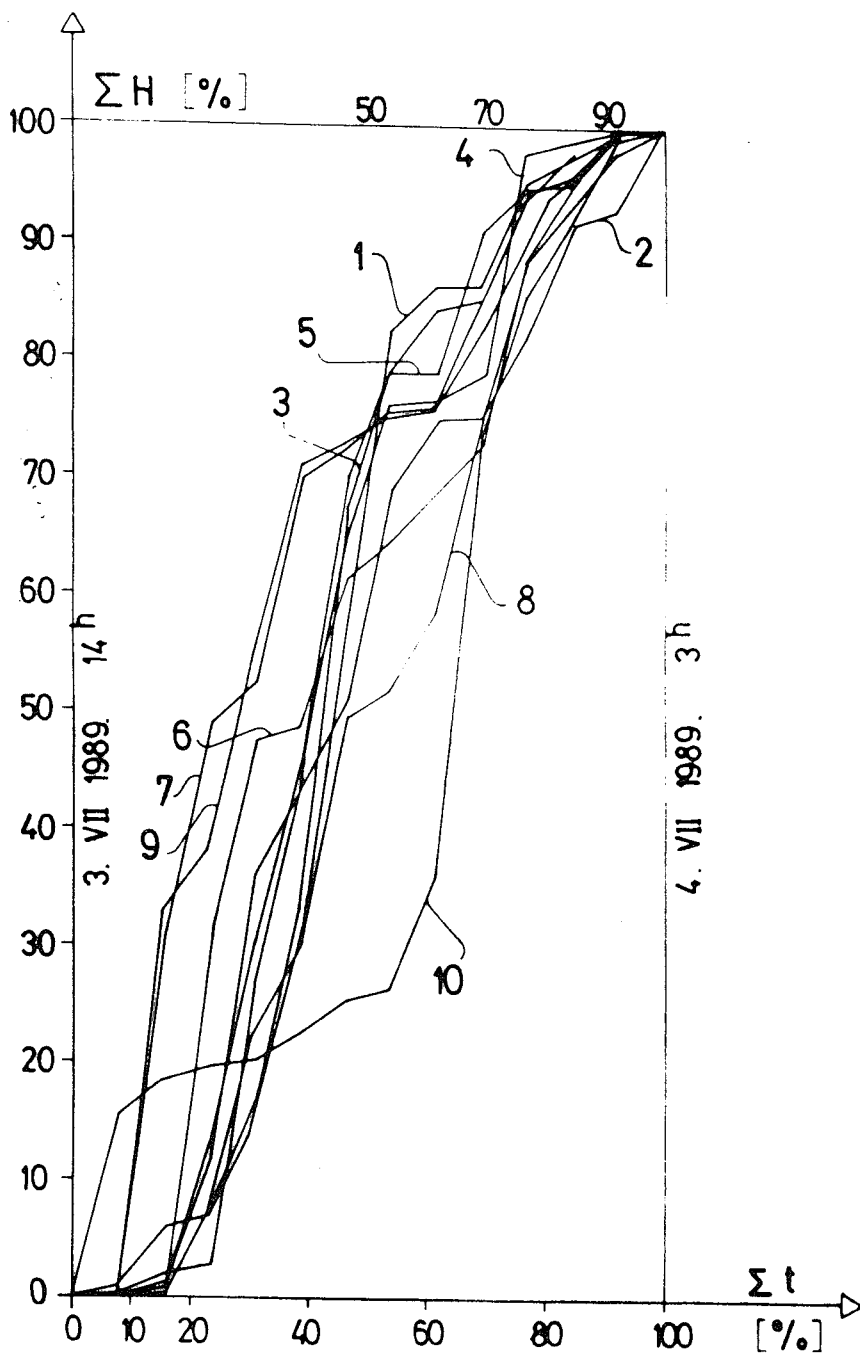
1. položaj ćelije unutar oluje (misli se na prostor modeliran kao stohastički točkasti proces -vidi sliku 6),
2. razvoj ćelije u vremenu.

Za obavljanje ove vrlo suptilne i detaljne analize bili su potrebni mnogobrojni podaci od onih koji su obično na raspolaganju.

Na slici 10 ucrtane su satne vrijednosti oborina u obliku sumarnih krivulja opaženih na slijedećih deset ombrografa: Stubička Gora, Kapelšćak, Puntijarka, Kašina, Čučerje, Borčec, Grič, Marija Gorica, Maksimir i Samobor. Prikazi su rađeni sa satnim vrijednostima. Pokazali su se nedovoljno suptilnim za izučavanje ćelijske strukture kiše. Zajednički prikaz svih deset sumarnih krivulja u relativnim koordinatama dat je na slici 11. Uočava se da je na svim lokalitetima osim Samobora najveći dio oborina pao između 16 i 20 sati 3. VII 1989., te je tada palo oko 80% svih kiša ove kišne epizode. Čini se da je generalni pravac kretanja oluje

Sl. 10. Sumarne krivulje ombrogramskih stanica šireg područja Zagreba 3. i 4. VII 1989.





Sl. 11. Sumarne krivulje kiša (3. i 4. VII - slika 10) u relativnim koordinatama

išao od sjeverozapada prema jugoistoku. Mora se naglasiti i to da u ćelijskom konceptu tretiranja olujnih kiša, pravac kretanja oluje ne igra tako značajnu ulogu kao u klasičnom konceptu, koji je do sada bio dominirajući (barem kod nas).

Mnogo detaljniju sliku o internoj strukturi oluje daje petominutni prikaz kiša palih na stanici Čučerje 3. VII 1989. dat na slici 12. Iz ovog se prikaza jasno može uočiti da je do 15 sati bila formirana jedna vrlo slaba ćelija. Druga, nešto jača pojavila se u vremenu od 15^h 45' do 16^h 30'. U periodu od 15^h 45' do 19^h 50' vjerojatno su bile formirane tri (možda dvije) vrlo snažne ćelije. Ovaj vremenski inkrement zaslužuje vrlo detaljnu analizu, koju se preporuča načiniti pošto se sakupe podaci mjereni na drugim ombrografima. U 21^h 5' započelo je formiranje nove ćelije koja je nestala u 23^h 10'. Zadnja vrlo slaba (po intenzitetu) ćelija započela je s produciranjem kiše u 23^h 45' a završila u 0^h 40'. Ovaj sasvim grubi i u cijelosti kvalitativan pristup ukazao je na put kojim analizira interne strukture kiša treba biti vođena u budućnosti. Da bi ju se obezbjedilo, neophodno je raspolagati s petminutnim visinama palih oborina. Numerički postupci statističke analize dati su u radovima Garcia-Bartuala i sur. (1990) i Patrica i sur. (1990).

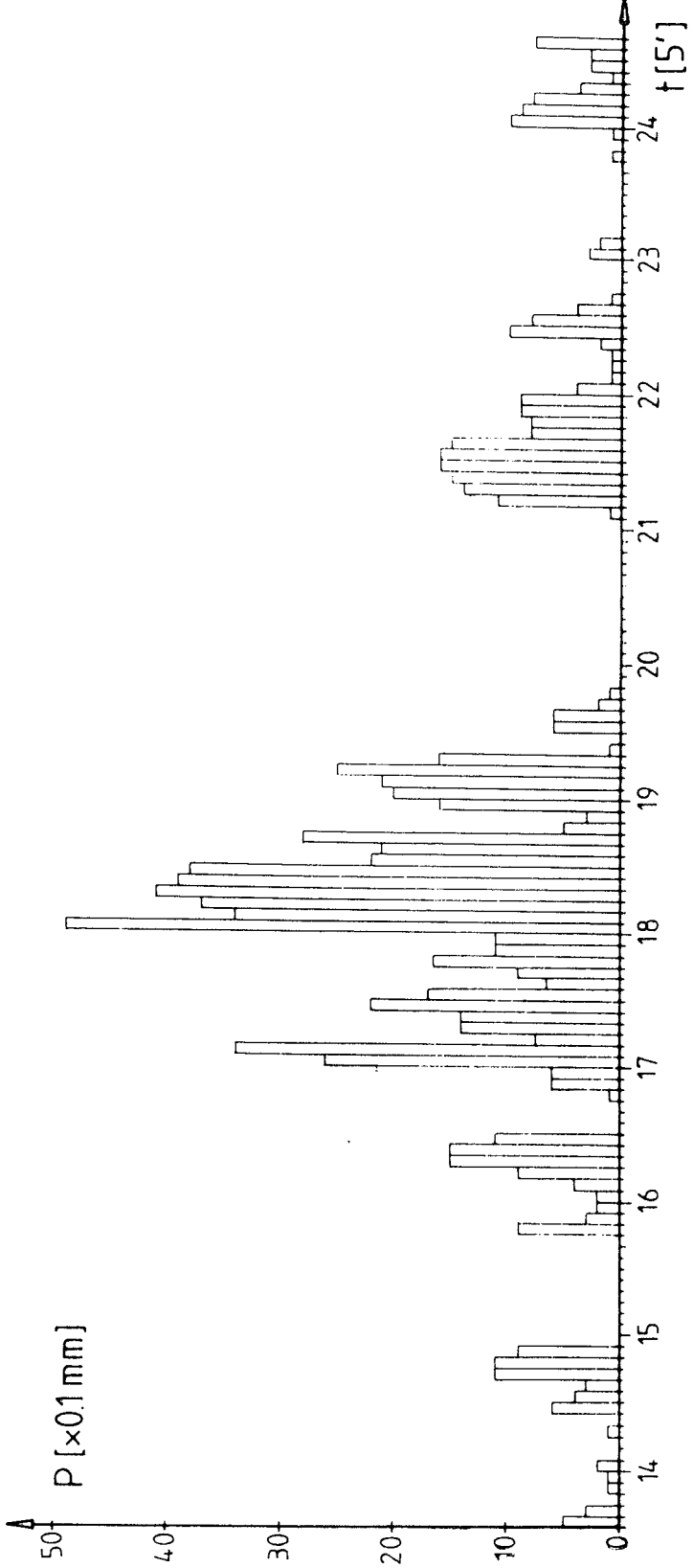
2.3. Intercepcija - zadržavanje

U našoj tehničkoj terminologiji ne postoji adekvatna riječ za hidrološki međunarodni termin koji se na engleskom piše kao interception. Najbolji prijevod može se usvojiti kao zadržavanje.

Po definiciji intercepcija (ili zadržavanje) predstavlja onu količinu kiše koja se zadrži na vegetacijskom pokrovu, te zbog toga ne dođe do površine tla. S vegetacijskog pokriva pretpostavlja se da sva količina zadržane vode ispari. Ona zavisi o karakteristikama kiše, vrsti i gustoći vegetacije te sezone u godini. U gusto šumovitim predjelima godišnji iznos ovako zadržane kiše može iznositi i do 25% od ukupne godišnje šume palih oborina.

Kod poljoprivredne proizvodnje zadržavanje ima vrlo značajnu i uglavnom negativnu ulogu. U pojedinim fazama vegetacije bilju je potrebno mnogo više oborina nego u ostalom dijelu razvoja. Ako u tom periodu pala kiša bude zadržana na stabljikama, očigledno je da neće imati nikakav utjecaj u prihranjivanju kulturnog bilja preko njegovog korjenskog sistema. Ovakvi slučajevi vrlo su česti, moglo bi se reći sve prisutniji, u svakodnevnoj praksi poljoprivredne proizvodnje. Godine 1989. takva vrsta suše pogodila je pšenicu, a 1990. kukuruz u Slavoniji i Vojvodini. Bilo je manjih kiša koje su uglavnom bile zadržane na već razvijenim stabljikama. Očigledno je da dio vode kojim se kulturno bilje umjetno navodnjava kišenjem, također bude izgubljeno zbog procesa zadržavanja.

Slika 12 Analiza petminutnih kiša Čučerje 3.VII 1989



Veći dio zadržavanja pojavljuje se u samom početku kiše, ali i u toku padanja kiše dolazi do sumiranja gubitaka nastalih zadržavanjem. Zbog toga su razvijene slijedeće dvije formule od kojih prva slabije, a druga mnogo suptilnije uzima u obzir činjenicu trajanja kiše. Formule glase:

$$I = S + R * E * t \quad (1)$$

$$I = S (1 - \exp (-P/S)) + R * E * t \quad (2)$$

pri čemu je I - ukupno zadržavanje na analiziranoj površini (s izabranom vegetacijom) izraženo u jedinicama visine (mm), S - kapacitet akumuliranja vegetacije koji se kreće od 0.25 do 1.3 cm, R - odnos dijela analizirane površine pokrivena vegetacijom (u dijelovima jedinice), E - isparavanje s biljaka u toku trajanja kiše, t - trajanje kiše, P - ukupno pala kiša.

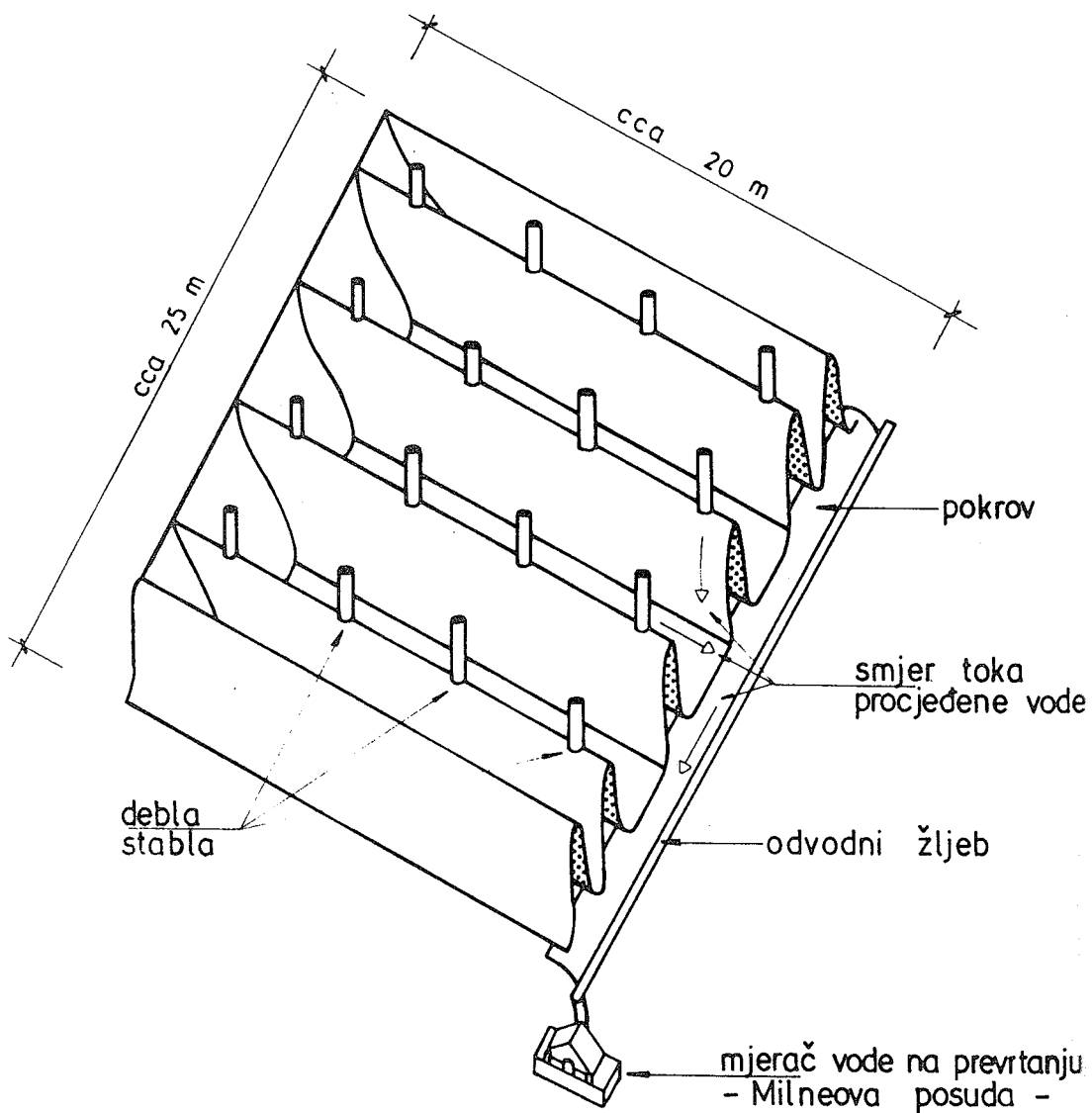
Postoji još jedan empirijski izraz za proračun zadržavanja koji glasi:

$$I = a + b P^n \quad (3)$$

pri čemu su parametri a, b i n definirani mjerenjima na terenu. Nastavno se u tabeli 1 navodi nekoliko numeričkih primjera za ova tri parametra s napomenom da je ukupna oborina P izražena u inčima, te parametri a, b i n kao i visina stabljike biljke h date u feet-ima definiraju količinu zadržane kiše u inčima.

Potrebno je naglasiti da su saznanja o gubicima zadržavanjem empirijska, pa prema tome i nedovoljno pouzdana. Njihova nepouzdanost posebno proizlazi iz činjenice što danas još uvijek nema kvalitetnih, pa niti dovoljno brojnih mjerenja kiša i to one komponente koja je stvarno pala na nivou vegetacije, kao i one komponente koja je doprla do tla. Stručnjaci se posebno trude riješiti ovaj problem. Calder i sur. (1976) prikazali su jedan mjerac neto kiše koja dopre do tla. Na slici 13 dat je njegov oblik, a navedene su i dimenzije.

Ovaj mjerac neto kiše velik je po svojim dimenzijama, pa je time i vrlo nepodoban za duže praktično korištenje. Ujedno je izrađen za analizu zadržane kiše isključivo u šumama. Oko svakog debla omotana je plastična folija kako bi se uhvatila sva voda koja preko debla curi i dopire do površine tla. Nagnuta površina mjerača služi za zahvaćanje kiše koja je prodrla kroz krošnju na stabla. Cijela konstrukcija izrađena je u padu prema mjeracu, a montirana je 1 m ispod krošnji stabala. Kompliciranost montaže, problemi održavanja i mjerenja, kao i netočnost mjerenja (veliko vlaženje stijenki mjerača i isparavanje s njih) čine ovaj uređaj neprimjerenim.



Slika 13 Mjerac neto kiše u šumi

TABELA 1

Konstante a, b, n u jednadžbi zadržavanja $I = a + b P^n$

Vegetacijski pokrov	K o n s t a n t e		
	a	b	n
voćnjaci	0.0 h	0.18 h	1.00
krumpir, grah, kupus, itd.	0.02 h	0.15 h	1.00
djetelina, livadna trava	0.005 h	0.08 h	1.00
krmivo, proso, grahorica	0.01 h	0.10 h	1.00
raž, pšenica, ječam	0.005 h	0.05 h	1.00
kukuruz	0.005 h	0.005 h	1.00

Za potrebu istraživanja zadržavanja kod poljoprivredne proizvodnje razmješta se po jednoj parceli veći broj kišomjera, s tim da kod dijela kišomjera otvor bude postavljen na visinu biljke, a dio kišomjera mora biti lociran na nivou terena. Potrebno je da kišomjeri budu pokretni, tj. da se rastom biljke podiže i nivo otvora. Mjerenjima i statističkom obradom može se tada doći do zaključka o zadržanoj vodi. Pri tome se nikako ne smije zaboraviti na činjenicu postojanja sistematskih grešaka kod mjerenja oborina, te na neophodnost vršenja korekcija izmjerenih kiša. O tom problemu pisao je Bonacci (A 1987).

I na samom kraju tretiranja problema zadržavanja treba naglasiti da ovaj element vodnog bilansa postaje sve dominantniji u procesu poljoprivredne proizvodnje. O njemu se kod nas do danas nije vodila gotovo nikakva briga, pa će tu grešku biti neophodno korigirati.

3. VLAGA U TLU

Uloga vlage u tlu bitna je za razvoj kulturnog bilja. Zbog toga je neophodna njena stalna kontrola. U našim se uvjetima ovoj bazičnoj informaciji ne posvećuje dovoljna, bolje reći, nikakva pažnja. Rezultat toga su drastično manji prinosi i relativno česte "suše" koje zahvaćaju jednu regiju, a na drugoj susjednoj se uopće ne javljaju.

Da bi se situacija s vlagom u tlu držala pod kontrolom, potrebna su njena stalna mjerenja u prostoru i vremenu. U ovom poglavlju bit će riječi o jednoj jednostavnoj metodi mjerenja koja se koristi u praksi razvijenih zemalja.

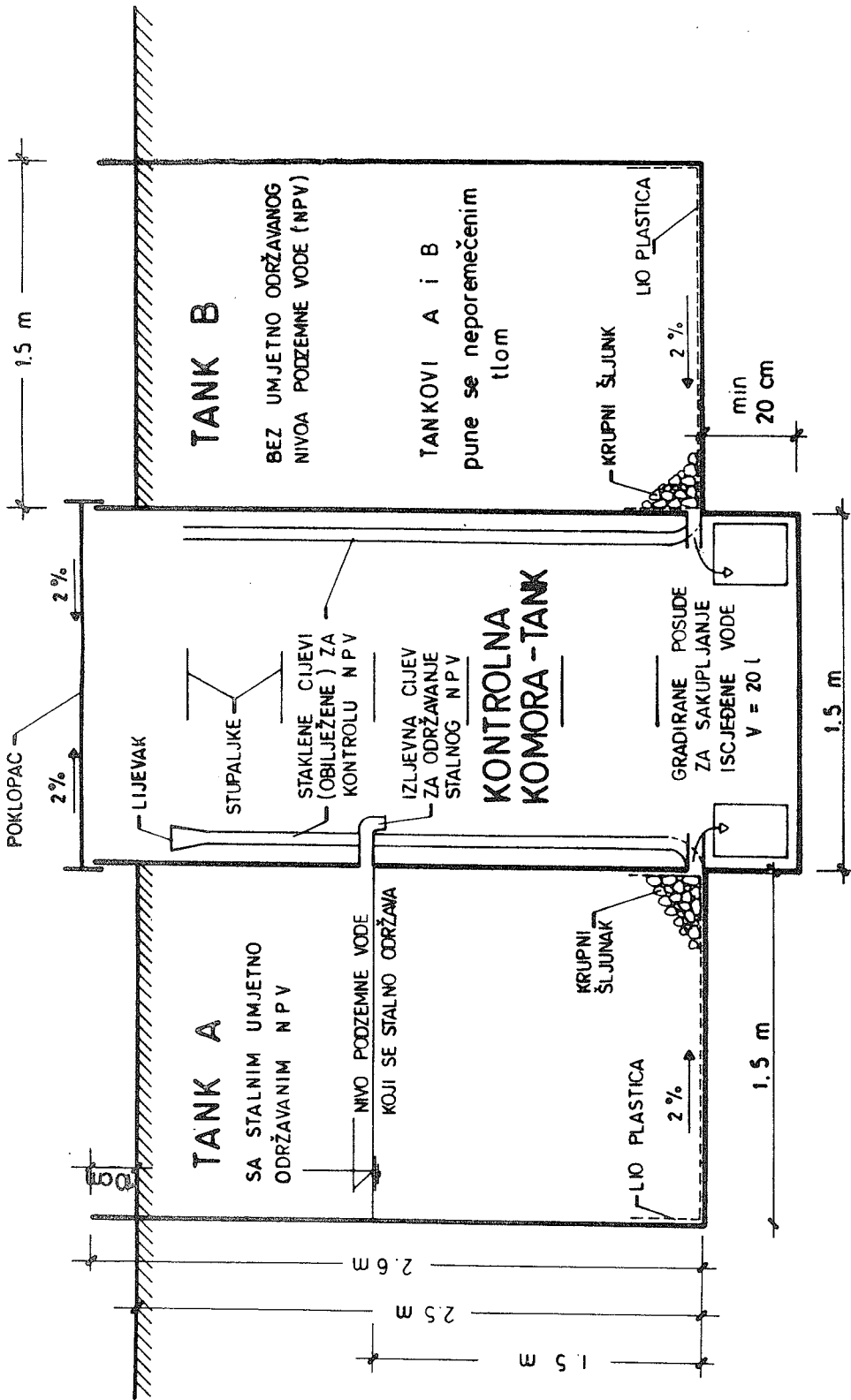
O teoretskim aspektima infiltracije i vlage u tlu., ovdje neće biti govora pošto su ti problemi diskutirani u radovima Bonaccija (1987. i 1989), objavljenim na prethodnim seminarima DGIT-a. Jedino se navodi slika 14 (Bonacci, 1987), na kojoj je grafički prikazana raspodjela vlage u tlu u funkciji vremena. Već grubi pogled bačen na ovu sliku ukazuje na složenost i dinamiku procesa kretanja vlage u tlu. Baš zbog navedene dinamičnosti i vremenske promjenljivosti sadržaja vlage u prostoru tla, neophodna su stalna mjerenja. U praksi Izraela (Hausenberg, 1986) koriste se relativno jednostavni tenzometri (Kos, 1987). Mjerenja obavlja svaki farmer na svom posjedu. Informacija o izmjerenoj vlazi u tlu osnova je za navodnjavanje. Farmeri u Izraelu, ali i u drugim razvijenim poljoprivrednim zemljama, koriste sve više tenzometre zbog njihovih posebnih karakteristika. Radi se o relativno jeftinom instrumentu jednostavnom za primjenu, koji uz to zahtijeva kalibraciju na različitim vrstama tla i omogućava direktno "in situ" očitavanje veličine pritiska vlage na samom terenu.

Tenzometri se npr. u Izraelu primarno koriste u slijedećim slučajevima: 1 Kod staklenika pri uzgoju cvijeća i povrća; 2 U voćnjacima i vinogradima; 3 Kod navodnjavanja kapanjem pri upotrebi mikro mlaznica i mini prskalice. Korištenje tenzometra omogućava farmerima postizavanje najboljih prinosa uz minimalnu potrošnju vode za natapanje. Primjenom tenzometra sprječava se smanjenje uroda i osigurava se kvalitet proizvoda time što se izbjegava "vodni udar" ili slaba aeracija tla. U našoj praksi nalazimo se danas još uvijek relativno daleko od opće primjene tenzometra u poljoprivrednoj proizvodnji. To treba predstavljati osnovni cilj bliskih budućih napora. Prva faza u tom smislu mora biti vezana uz široku edukaciju poljoprivrednih proizvođača.

4. INFILTROMETRI - LIZIMETRI

Instrument koji će nastavno biti prikazan ima osnovni zadatak da mjeri infiltraciju i perkolaciju na nekoj lokaciji. Dakle ne radi se o klasičnom infiltrometru niti o klasičnom lizimetru, već o instrumentu koji bi trebao snabdjeti sa informacijom koliko vode, koja padne kao kiša u regiji, proдре do nivoa podzemne vode, prihrani ju i sudjeluje u obnavljanju vodonosnika. Očigledno je da se radi o vrlo složenoj problematici i uvijek postoji otvoreno pitanje da li je, preko jednog relativno velikog instrumenta, čija prijemna površina iznosi tek nekoliko m^2 , moguće dati odgovore na postavljena pitanja. Konzultiranjem literature (Calder, 1976) došlo se do zaključka da je to najbolje moguće načiniti instrumentom koji će biti nastavno opisan. Predviđaju se mjerenja u dvije komore (dva tanka) ovog instrumenta. U jednom će se na umjetan način (dolijevanjem) održavati stalan nivo podzemne vode (tank A na slici 15), dok će se na drugom (tank B na slici 15) ostaviti da proces teče bez ikakvih intervencija. Ključno poboljšanje u odnosu na slične instrumente leži u slijedeća dva detalja. Kao prvo predviđa se mjerenje vlage u tlu na tri dubine (30, 60 i 90 cm) pomoću tenzometra. Kao drugo oborina se predviđa mjeriti na kišomjeru čiji se otvor nalazi u ravnini površine tla. Mjerenjem vlage u tlu postići će se mogućnost primjene kompletne jednadžbe vodnog bilansa, dok će se postavljanjem otvora kišomjera na nivo tla izbjeći sistematska greška kod mjerenja oborina uslijed aerodinamičkog efekta.

Slika 15 Presjek kroz tri tanka infiltrometra - lizimetra

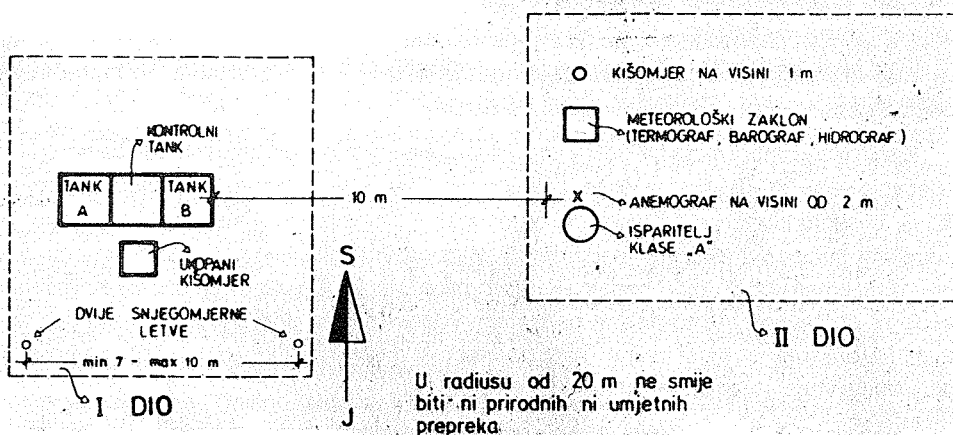


Provedba mjernog sistema predviđena je u dva dijela. U prvom (slika 16)) predviđena je izrada i montiranje infiltrometra - lizimetra, ukopanog kišomjera i snjegomjera. U drugom se predviđa postavljanje kišomjera s otvorom na visini 1 m od tla, meteorološkog zaklona sa termografom i higrografom, anemografa na visini 2 m od tla i isparitelja klase A. Preporuča se da oba dijela budu izvedena istovremeno, te da mjerenja elemenata vodnog bilansa teku paralelno.

Jednadžba bilansa voda u konkretnom slučaju glasi:

$$P = I + ET + V \quad (4)$$

pri čemu je P - oborina pala u tank (mm) mjeri se kišomjerom), I - infiltrirani dio oborine (mm) (mjeri se u tankovima), ET - evapotranspirirani (ako nema biljaka radi se o evaporiranom djelu) dio iz tanka (mm), V - vlaga u tlu (mm) (mjeri se tenzometrima).



Slika 16

Šifra situacija infiltrometra - lizimetra i meteorološke stanice

Oborina se mjeri na kišomjeru čiji je otvor na nivou površine tla. Infiltrirani dio oborine mjeri se u graduiranim posudama koje leže na dnu kontrolne komore. Vлага u tlu mjeri se tenzometrima na tri dubine: 30, 60 i 90 cm. Jedina veličina koja se ne može mjeriti je evapotranspiracija u slučaju da na površini komora postoji neki biljni pokrivač, ili evaporacija ako je površina zemljišta gola.

Pretpostavlja se postojanje razlike u rezultatima kod komore (tanku) A i B. Dok se u tanku A mjeri (uvjetno govoreći) potencijalna evapotranspiracija a time i potencijalno procjeđivanje, u tanku B će se dobiti realne veličine koje se javljaju u okolici. Upravo te veličine bitne su za istraživanja, a poznavanje potencijalnih vrijednosti važno je da se uoči kolikó je velika njihova razlika. U tom smislu važna je informacija koja će se dobiti mjerenjem isparavanja ispariteljem klase A.

Na slikama 15 i 16 dat je presjek i pogled na infiltrometar - lizimetar. Najprikladnije bi bilo komore (tankove) izraditi montažno od neke vrste tvrde plastike. Na taj način bi se postiglo da je instrument relativno lagan ali i dovoljno čvrst i elastičan, da primi određena vanjska i unutarnja opterećenja i naprezanja te da pri tome ne pukne. Pucanje bi izazvalo procjeđivanje vode iz komore pa bi tada mjerenja bila netočna, a time i bespredmetna.

Na dnu komora (tankova) A i B ne predviđa se staviti drenažni sloj jer se njegovom ugradnjom na umjetan način stvara potencijal kojem voda teži. Dno treba samo obložiti filterskom tkaninom ("Lio filter plastica"), a na samom izlaznom otvoru treba osigurati da se voda može slobodno procijediti iz komora A i B, tj. da ne dođe do kolmiranja i začepljenja. To će se postići postavljanjem krupnog šljunka iznad samog izlaznog otvora u posude u kojima se mjeri procjeđena voda. Gornji rub komora mora biti najmanje 10 cm iznad nivoa tla kako bi se spriječilo površinsko ulijevanje i izlivanje iz samih tankova. Na taj način se osigurava njihova potpuna nezavisnost od okoline.

Kontrolna komora mora biti pokrivena poklopcem koji mora biti tako izveden da omogućí otjecanje vode koja padne na njega u okolno zemljište, a ne na područje komora (tankova) A i B. U samu komoru ulaz mora biti omogućen ili stupaljama ili na neki drugi način. U komori se nalaze dva piezometra (stakleni ili bolje, od tvrde plastike) preko kojih se kontrolira nivo podzemne vode u komorama A i B. Piezometar u tanku A služit će ujedno za dolijevanje vode za održavanje stalnog nivoa podzemne vode. Količinu dolivene vode treba pažljivo mjeriti i prilikom obrade tretirati kao doprinos u bilansnoj jednadžbi. Kod komore B dolijevanje vode se ne predviđa niti u jednom slučaju.

Ukopani kišomjer odgovara standardnom Hellmannovom tipu s površinom otvora od 200 cm^2 . Okolo njega treba načiniti zaštitnu mrežu (drvenu, metalnu ili žičanu) koja će spriječavati uprskavanje kapi kiše i čestica zemlje u otvor kišomjera. Zbog svega navedenog svi uređaji moraju biti izvedeni na ravnoj površini. Predviđa se postavljanje dviju (bolje tri) stabilnih snjegomjernih letava visine 1 m. Visina snijega određuje se kao srednjak između očitavanja na letvama, a količina vode u snijegu određivati će se Hellmannovom vadilicom. U radijusu od oko 20 m od postavljenih instrumenata ne bi smjelo biti nikakvih viših ili visokih

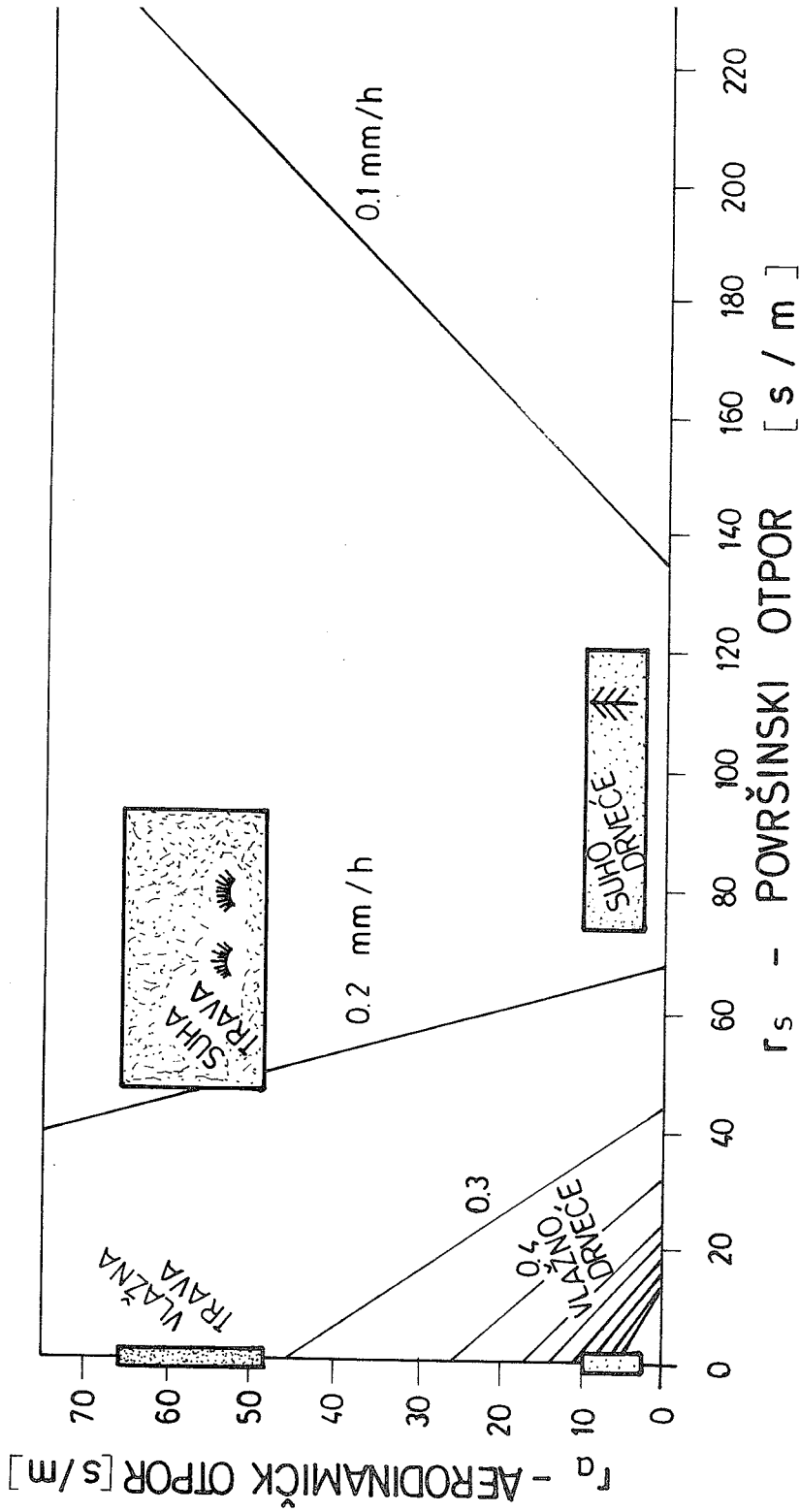
prirodnih ili umjetnih prepreka. Sistem komora (tankova) i mjernih uređaja (a posebno isparitelj klase A i meteorološki zaklon) treba zaštititi žičanom ogradom od nekontroliranog ulaza osoba i životinja. Preporuča se cijeli sistem mjernih uređaja locirati u blizini (ne dalje od 50 m) nekog postojećeg pizometra na kojem se mjeri nivo podzemne vode u prirodnom stanju.

5. EVAPOTRANSPIRACIJA

Sva prethodna izlaganja bila su usmjerena k cilju da se postignu točniji i realni elementi vodnog bilansa bitni primarno za razvoj kulturnog bilja. Stanje s točnošću određivanja evapotranspiracije ili jednog od njenih komponenata (evaporacije i/ili transpiracije) vrlo je zabrinjavajuće. Moramo se suočiti s činjenicom da je teoretski aspekt ovog problema relativno dobro razvijen, ali je praktični i kvantitativni aspekt u ozbiljnom zaostatku. S obzirom na cilj ovog rada, teoretski problemi neće se posebno tretirati, nego će se pažnja usredotočiti isključivo na diskusiju nekih problema koji inženjerima praktičarima danas nisu bliski. O problemima hidrološkog aspekta suše i evapotranspiracije kao jednog od glavnih njenih kvantitativnih pokazatelja pisao je Bonacci (A 1989).

Calder (1979) diskutira problem mehanizama koji kontroliraju isparavanje sa sliva. On konstatira da je interes za rješavanje ovog pitanja u porastu, ali da se usprkos brojnih teoretskih i praktičnih istraživanja nije došlo do jedinstvenog i generalnog rješenja. S aspekta prakse on postavlja, a potom i odgovara na pitanje: "Da li stabla koriste više vode od trave?" Radi se, s aspekta poljoprivredne proizvodnje, o vrlo pragmatičnom pitanju, te je stoga i odgovor važno razložiti. Kao prvo, Calder (1979) uvodi dva pojma važna za odvijanje procesa evapotranspiracije. Prvi je otpor površine ili površinski otpor (surface resistance) r_s , a drugi je aerodinamički otpor (aerodynamic resistance) r_a . Površinski otpor definira se kao kompleksna funkcija varijabla okoline u koje su uključeni deficit vlage tla, intenzitet svjetla, deficit atmosfere vlage i naročito tip biljke. Aerodinamički otpor zavisi samo od fizičkih svojstava površine vegetacije. U normalnim uvjetima ovaj otpor je manji kod stabala nego kod trave. Razlog leži u tome jer stabla predstavljaju vjetru relativno hrapaviju površinu koja efikasnije generira vrtloge koji su pak dominantni mehanizam pri vertikalnom transportu vode. Na slici 17. date su veličine isparavanja u funkciji dva navedena tipa otpora u uvjetima toplog ljetnog dana. Tipično je da su iznosi isparavanja sa suhe trave i drveća istog reda veličine (sa trave je isparavanje nešto malo veće). Ako su im površine vlažne, razlike su vrlo velike. Isparavanje s drveća povećava se s faktorom 5 do 15, dok se isparavanje s trave povećava s bitno manjim faktorom od 1.4 do 1.8.

Slika 17 Veličine isparavanja izračunati Penman-Monteith - ovim izrazom u funkciji aerodinamičkog otpora r_a i površinskog otpora r_s (prema Calder-u 1979) u uvjetima toplog ljetnog dana



Isparavanje s golog zemljišta zavisi značajno o trenutnom stanju nivoa podzemne vode. Točno kvantificiranje ovog procesa danas je još uvijek nedovoljno teoretski riješeno, ali se u praksi koristi slijedeći izraz Averjana:

$$E_d = E_p (1 - (d / d_k))^m \quad (5)$$

pri čemu je E_d isparavanje s dubine d , E_p isparavanje na površini terena, d_k - kritična dubina na kojoj prestaje proces isparavanja, m koeficijent koji se kreće od 1 do 3 (najčešće je jednak 2). Kritična dubina u pravilu iznosi 2 do 4 m, a zavisi od vrste tla i klime. Moguće je definirati i slijedećim izrazom:

$$d_k = 1.7 + 0,08 t \quad (6)$$

pri čemu je t srednja godišnja temperatura zraka u °C . Na bazi izraza (5) uočava se da isparavanje s golog zemljišta opada s povećanjem dubine.

LITERATURA

- Bonacci, O. 1984. Meteorološke i hidrološke podloge. Priručnik za hidrotehničke melioracije, I kolo, Knjiga 2, HDON, Zagreb: 39- 130.
- Bonacci,). 1987. Infiltracija. Autorizirana predavanja za seminar DGIT-a Zagreb "Hidrotehničke melioracije": 23 str.
- Bonacci, O. A 1987. Korekcija sistematskih grešaka mjerenja oborina. Vodoprivreda 19, br. 108: 193-204.
- Bonacci, O. 1989. Hidrometeorološka istraživanja neophodna za projektiranje i izgradnju hidromelioracijskih sustava u kraškim područjima. Priručnik za hidrotehničke melioracije, I kolo, Knjiga 5, HDON, Zagreb: 245-259.
- Bonacci, O. A 1989. Aspekt suše i problemi poljoprivredne proizvodnje. Autorizirana predavanja za seminar DGIT-a Zagreb "Hidrotehničke melioracije": 24 str.
- Bras, R.L. 1990. Hydrology. Addison-Weslwey P.C., Reading Massachusetts: 643 str.
- Calder, I.R. 1976. The measurement of water losses from forested area using a "natural" lysimeter. J.Hydrol, 30: 311-325
- Calder, I.R. 1979. Do trees use more water then grass? Water Services: 4 str.
- Calder, I.R. i Rosier, P.T.W. 1976. The design of large plastic- sheet net- rainfall gauges. J.Hydrol., 30: 403-405.
- Dahlströ, B. (ed.) 1986. Estimation of areal precipitation. Nordic Hydrological Programm Report no. 18: 64 str.

- Garcia-Bartual, R. i Marco, J. 1990. A stochastic model of the internal structure of convective precipitation in time at a raingauge site. J. Hydrol., 118: 129-142.
- Kos, Z. 1987. Hidrotehničke melioracije tla - navodnjavanje. Školska knjiga Zagreb: 216 str.
- McCulloch, J.S.G., Painter R.B. i Strangeways, I.C. 1975. Instrumentation in hydrology. ICID Symp. Moscow, R.5. 89-111.
- Hausenberg, Í. 1986. Use of tensiometers for improved crop irrigation scheduling in Israel. Proc. 4th Int.Conf. on Irrigation, Tel Aviv: 121-128.
- Patric, N.A. i Stephenson, D. 199). Spatial variation of rainfall intensities for short duration storms. Hydrol. Sci. Journall 6: 667-680.

UREĐENJE BUJICA I ZAŠTITA OD EROZIJE

Erozija zemljišta i bujični tokovi predstavljaju veliku opasnost za privredni razvoj kako suvremenog svijeta tako i naše zemlje. Erozijski procesi i bujice razaraju zemljište, odnose hranjive materije, ugrožavaju sve objekte koji se nalaze u zoni njihovog djelovanja i remete vodni režim. Erozijski nanos, kao produkt procesa erozije, nošen bujičnim vodama zatrpava vodne akumulacije skraćujući im vijek korištenja, ugrožava i oštećuje komunikacije i druge objekte, te sisteme za odvodnjavanje i navodnjavanje. Katastrofalne bujične poplave nerijetko uzrokuju ogromne štete u naseljima i na industrijskim objektima, ugrožavaju ljudske živote, a naplavlivanjem plodnih polja bujičnim materijalom pretvaraju ih u sterilna zemljišta. Erozija i bujice dovode stanovništvo mnogih, često prostranih područja u bijedu, siromaštvo i migracije. Stoga je zaštita od erozije i uređenje bujica veoma važna vodoprivredna djelatnost. Njen značaj za privredni razvoj naše zemlje lako se uočava već na osnovu nekoliko globalnih faktografskih pokazatelja o razmjerama pojave erozije i bujičnih tokova na teritoriju Jugoslavije. Od ukupne površine Jugoslavije (255.804 km²) 89,84% (229.826 km²) zahvaćeno je erozijskim procesima različitog intenziteta. Od toga je 18,57% (47.510 km²) pod erozijom srednjeg do ekscesivnog intenziteta s vrlo štetnim posljedicama odnošenja znatnih količina zemljišta (40.600.000 m³/god) i formiranjem bujičnih tokova, dok je preostalih 71,27% (182.316 km²) površine pod djelovanjem slabe i vrlo slabe erozije s manje značajnim gubicima zemljišta. Registrirano je preko 13.000 bujičnih tokova, a procjenjuje se da štete od njihovog razornog djelovanja na prometnicama, naseljima, industrijskim objektima i poljoprivrednim zemljištima premašuju srednji godišnji iznos od 2.250 milijardi dinara (300 mil. US\$). Računa se da svake godine erozijski procesi na teritoriju Jugoslavije odnesu u bujične nanose oko 6.400 hektara plodnog poljoprivrednog zemljišta, čime se smanjuje zemljišni resurs u iznosu dovoljnim za život 1200 seoskih domaćinstava. Republičkim zakonom o vodama¹ propisano je da se potrebni radovi i mjere za zaštitu od erozije i bujica utvrđuju i planiraju u okviru izrade vodoprivrednih osnova. U čovjekovoj vjekovnoj borbi protiv erozije i bujica razvili su se razni sistemi zaštite kao što su klasični evropski sistem, francuski sistem, njemački sistem, sovjetski sistem organizacije teritorije, talijanski sistem brdskih bonifikacija, retardacioni sistem uređenja bujičnih korita i slivova, američki sistem integralnih melioracija i dr. Svi ti sistemi imaju neke specifičnosti ali i zajedničku karakteristiku da se borba protiv erozije i bujica provodi tehničkim zahvatima za zadržavanje bujičnih voda i nanosa na pravcima koncentracije površinskog otjecanja, te biološkim radovima na slivu u svrhu smanjivanja intenziteta površinskog otjecanja i produkcije bujičnog nanosa. Suvremena je znanost dokazala da se uspješna borba protiv erozije i bujica može voditi samo integralnim pristupom tom kompleksnom problemu. To podrazumijeva proučavanje erozijskih i bujičnih fenomena i pronalaženje najefikasnijih mjera

¹ Narodne novine br. 53/90.

zaštite po principu djelovanja na uzroke. Time u prvi plan dolaze biološki i tehnički zahvati za sprečavanje razvoja erozionih procesa na slivu, ali i dopuna tih zahvata administrativno-regularnim mjerama kojima se propisuje način gospodarenja sa zemljištem za koje je ustanovljen velik rizik od erozije. Na takvim se područjima uglavnom zabranjuju veći građevinski pothvati, a ovisno o stupnju rizika od erozije, propisuje se i način korištenja zemljišta. Determiniraju se područja za uzgoj šuma te poljoprivredna i ratarska zemljišta, kao i područja livada i pašnjaka. Za poljoprivredna i ratarska zemljišta na brdskim pristrancima propisuje se način konturne obrade (oranje po izohipsama), a za livade i pašnjake propisuje se vrsta stoke i režim ispaše. Na naročito ugroženim područjima zabranjuje se uzgoj koza. Uz regulativne mjere, za uspješnu borbu protiv erozije i bujuca od neobične je važnosti i edukacija stanovništva, koje treba biti upoznato sa svim štetnim posljedicama nepridržavanja propisanih mjera. Za planiranje i provedbu tehničkih mjera zaštite od erozije i uređenja bujuca neophodno je imati kvantitativni uvid u intenzitet i prostorni raspored vodotoka. Takav se uvid najbolje dobiva kartografskim prikazivanjem razornosti erozionih procesa na promatranom području te evidentiranje bujučnih vodotoka sa iskazavanjem njihove bujičnosti. U tu se svrhu izrađuju karte erozije zemljišta i osnivaju katastri bujica. Izvršenje ovih zadataka spada u nadležnost vodoprivrede.

Za izradu karte erozije u Jugoslaviji se primjenjuje metodologija kvantitativne analize erozionih procesa prema prijedlogu prof. dr. S. Gavrilovića. Po toj metodi kvantificiraju se uzročni faktori kao i dostignut razvoj erozije na promatranom erozionom području.

Prema dobivenim pokazateljima na karti se prikazuje zastupljenost intenziteta erozionih procesa konvencionalnom kontrastnom koloristikom ili grafikom, a intenzitet erozije je pri tom interpretiran s pet kategorija razornosti. Najznačajniji brojčani pokazatelj intenziteta erozije kod te kategorizacije je koeficijent erozije Z koji se prema prof. S. Gavriloviću proračunava po izrazu:

$$Z = y \cdot x \cdot a (\varphi + \sqrt{J_{sr}})$$

gdje je:

Z = koeficijent vodne i eolske erozije

y = srednja recipročna vrijednost koeficijenta otpora zemljišta na vodnu i eolsku eroziju (tab. 1)

$x \cdot a$ = koeficijent uređenja sliva (tab. 2.)

φ = koeficijent jasno izraženih procesa erozije (tab. 3.)

J_{sr} = srednji pad erozionog područja.

Vrijednost koeficijenta vodne i eolske erozije Z po kategorijama razornosti erozionih procesa daje se u tabeli 4.

Na osnovu izgrađenih karti erozije Bosne i Hercegovine, Makedonije i Srbije te preliminar-nih kvantitativnih analiza erozije u Hrvatskoj, Sloveniji i Crnoj Gori, u tabeli 5. je prikazano stanje erozije po kategorijama u Jugoslaviji.

Tabela 1. Srednja recipročna vrijednost koeficijenta otpora zemljišnih tvorevina na vodnu i eolsku eroziju (Y):

Red. broj	Tipovi zemljišnih tvorevina i srodne vrste	Srednja vrijednost koeficijenta y
1.	Pijeskovi, šljunak i nevezana zemljišta	2,0
2.	Les, tufovi, slatine, stepska zemljišta i sl.	1,6
3.	Raspadnuti krečnjaci i laporci	1,2
4.	Serpentini, crveni pješčari, flišne naslage	1,1
5.	Podzoli i parapodzoli; raspadnuti škriljci, mikašisti, gnajšisti, argilošisti i sl.	1,0
6.	Jedri i škriljasti krečnjaci, crvenice i humusno silikatna zemljišta	0,9
7.	Gajnjače i planinska zemljišta	0,8
8.	Smonice, ritske crnice i mošvarna zemljišta	0,6
9.	Černozom i aluvijalni nanosi dobre strukture	0,5
10.	Goli, kompaktni eruptivi	0,25

Tabela 2. Vrijednost koeficijenta uređenja sliva (X . a):

Red. broj	Uvjeti koji utječu na vrijednost koeficijenta	x	Srednja vrijednost a	(x . a)
I. Sliv ili područje prije antierozivnih radova				
1.	Potpuno, golo, neobrađivo zemljište (goleti)	1,0	1,0	1,0
2.	Oranice sa oranjem uz i niz brdo	0,9	1,0	0,9
3.	Voćnjaci i vinogradi bez prizemne vegetacije	0,7	1,0	0,7
4.	Planinski pašnjaci i suvati	0,6	1,0	0,6
5.	Livade, djetelišta i slične višegodišnje kulture	0,4	1,0	0,4
6.	Degradirane šume i šikare na erodiranom tlu	0,6	1,0	0,6
7.	Šume i šikare dobrog sklopa i obrasta	0,05	1,0	0,05
II. Sliv ili područje poslije antierozivnih radova				
1.	Oranice sa konturnim oranjem (pravac izohipsi)	0,9	0,7	0,63
2.	Oranice dobre njege i zaštićene mulčiranjem	0,9	0,6	0,54
3.	Oranice u konturno-pojasnoj obradi i plodoredom	0,9	0,5	0,45
4.	Konturni voćnjaci i vinogradi	0,7	0,45	0,315
5.	Terasirana zemljišta oranica, terase i gradoni	0,9	0,4	0,36
6.	Zasijavanje travom golih zemljišta, melioracije pašnjaka i suvata	0,6	0,5	0,30
7.	Izrada konturnih rovova srednje gustine	0,6	0,4	0,24
8.	Retardacioni vodoputevi i mikroakumulacije	0,9	0,3	0,27
9.	Obično pošumljavanje u jame ili na pruge	1,0	0,2	0,2
10.	Pošumljavanje uz izradu gradona	1,0	0,1	0,1
11.	Uređivanje korita vodotoka tehničkim objektima: kanalizacije, kinetiranje, izgradnja pregrada, gabionskih brana i sl.	1,0	0,7	0,7

Tabela 3. Koeficijenti vidljivih i jasno izraženih procesa erozije u bujičnom slivu (j):

Red. broj	Uvjeti koji utiču na vrijednost koeficijenta. Srednja vrijednost koeficijenta φ	
1.	Sliv potpuno obuhvaćen jaružastom erozijom i urvinskim procesima (dubinska erozija)	1,0
2.	Oko 80% površine sliva pod brazdastom i jaružastom erozijom	0,9
3.	Oko 50% površine sliva pod jaružastom erozijom	0,8
4.	Cijeli sliv pod površinskom erozijom: raspadine, osuline, nešto malo brazda i jaruga (dubinska erozija) kao i jaka kraška erozija	0,7
5.	Cijeli sliv pod površinskom erozijom, ali bez vidljivih dubinskih procesa (brazde, jaruge i sl.)	0,6
6.	Sliv sa 50% obuhvaćen površinskom erozijom	0,5
7.	Sliv sa 20% površine obuhvaćen površinskom erozijom, dok je 80% očuvano, bez erozije	0,3
8.	Zemljište u slivu bez vidljivih tragova erozije, ali u koritima vodotoka ima manjih odrona i kliženja	0,2
9.	sliv bez vidljivih tragova erozije, ali pretežno pod oranicama	0,15
10.	Sliv bez vidljivih tragova erozije, kako u širem području tako i u koritu vodotoka, ali pretežno pod šumama i višegodišnjom vegetacijom (livade, pašnjaci i sl.)	0,1

Tabela 4.

Vrijednost koeficijenta vodne i eolske erozije (z) po kategorijama razornosti erozionih procesa:

Koeficijent razornosti	Jačina erozionih procesa u koritu i slivu	Tip vladajuće erozije	Koeficijent erozije (z)	Srednja vrijednost (z)
I.	I. ekscesivna (preterana) erozija	dubinska mješovita površinska	1,51 i više 1,21-1,50 1,01-1,20	1.25
II.	Jaka erozija	dubinska mješovita površinska	0,91 - 1,00 0,81 - 0,90 0,71-0,80	0.85
III.	Osrednja erozija	dubinska mješovita površinska	0,61 - 0,70 0,51 - 0,50 0,41 - 0,50	0.55
IV.	Slaba erozija	dubinska mješovita površinska	0,31 - 0,40 0,25 - 0,30 0,20 - 0,24	0.30
V.	Veoma slaba erozija	tragovi erozije	0,01 - 0,19	0.10

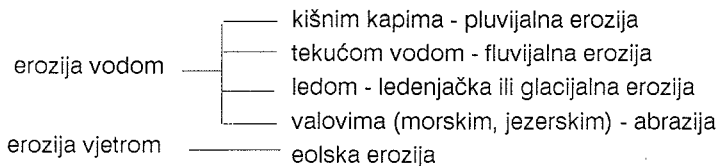
Tabela 5. Stanje erozije po kategorijama u Jugoslaviji

Red. br.	Republika	Kategorija erozije					Ukupna površina km ²
		I. km ²	II. km ²	III. km ²	IV. km ²	V. km ²	
1.	Bosna i Hercegovina	716,74	594,92	3843,52	4402,54	36016,83	51129
2.	Crna Gora	508,28	886,73	2381,19	2527,60	6831,42	13812
3.	Hrvatska	246,00	592,00	2758,30	8115,00	39175,20	56538
4.	Makedonija	1538,80	2405,1	4975,72	5012,80	10705,6	25713
5.	Slovenija	153,90	336,2	1670,7	3552,02	13525,60	20251
6.	Srbija	1027,00	11675,83	11198,38	16045,87	36407,35	88361
	SFR Jugoslavija	4190,72	16490,78	26828,51	39655,81	142661,80	255804

Zbog boljeg razumijevanja ove materije dajemo osnovno obrazloženje pojmova: erozija i bujice.

Erozija (lat. erodere - izgristi, izglođati, izlokavati).

I. U geologiji razaranje i odnošenje Zemljine kore mehaničkim i kemijskim djelovanjem egzogenih sila. Po nastanku razlikuje se:

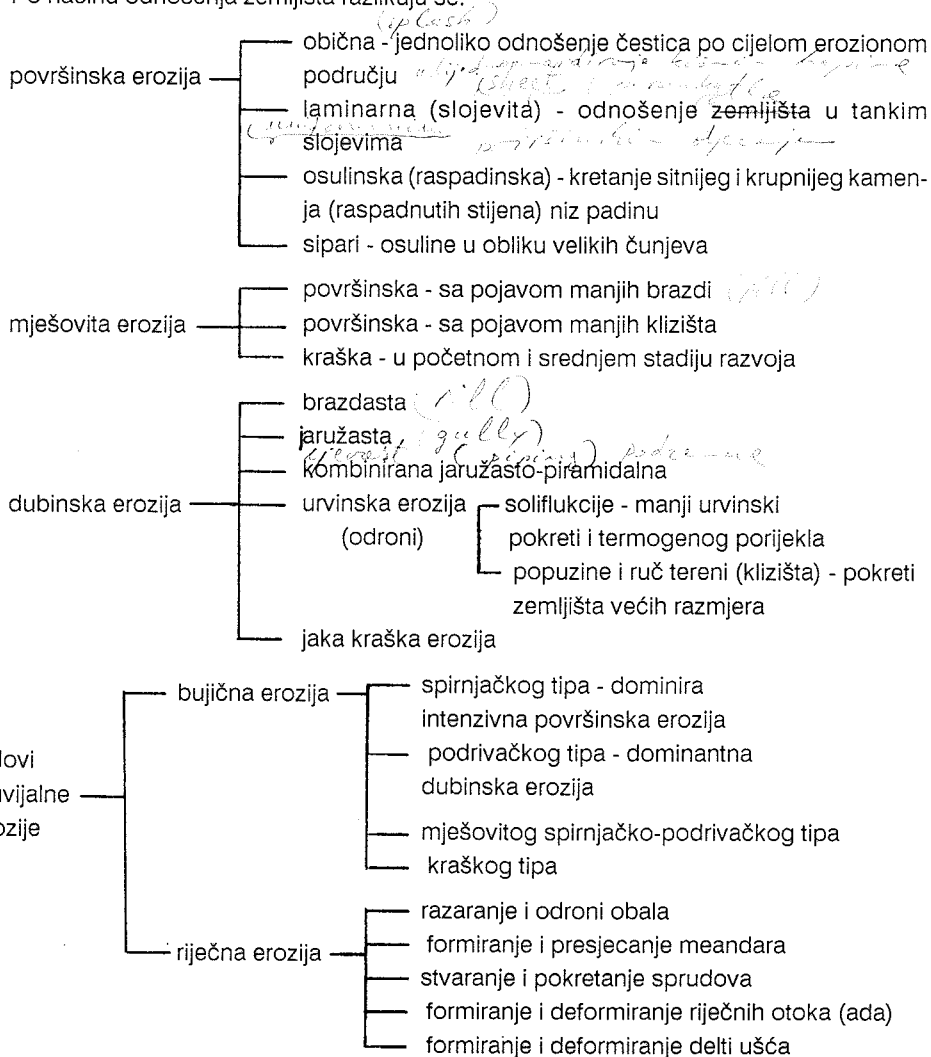


erozija uslijed temperaturnih promjena - termogena erozija (raspadanje i trušenje stijena)

erozija djelovanjem čovjeka - antropogena erozija

U procesu erozije, nakon uklanjanja vegetacionog pokrivača, dolazi do raspadanja zemljišnih tvorevina i stijena, uslijed djelovanja atmosferilija (denudacija - ogoljavanje rastrošeni materijal erozione sile odnose u niže dijelove reljefa (ablacija - odnošenje, uklanjanje), koncentracijom površinskog otjecanja duž najvećih padova terena javlja se fluvijalna erozija koja dubi dno i bočno nagriza korito (korozijska) jaruga, potočića, potoka, rječica i rijeka, podzemni tokovi ispiru finije čestice materijala pa dolazi do vertikalnog spuštavanja (tonjenja) zemljišta u ravničarskim područjima (sufozija) ili do formiranja klizišta u brdskim područjima.

Po načinu odnošenja zemljišta razlikuju se:



Prema dostignutom stupnju razvoja erozionih procesa na slivu postoje razne sistematizacijske podjele tog fenomena.

Bujice (bujični tokovi) su povremeni ili stalni brdski vodotoci: jaruge, vododerine, potoci, rječice i rijeke velikog pada sa nestabilnim koritom i jakim pokretanjem, prenošenjem i odlaganjem nanosa. Nastaju na devastiranim i kupiranim brdskim pristrancima izloženim jakoj eroziji. Za jakih kiša i/ili naglog topljenja snijega u gornjem toku bujice (prikupištu, čelenci sliva) voda se brzo slijeva niz padine, noseći sa sobom zemlju i kamenje (i do 60% čvrstih čestica u tekućoj vodi). U srednjem toku (grlo, klanac, klisura) podriva bregove i

izaziva popuzine. Na prijelazu u dolinu korito se proširuje, a pad smanjuje. Tu se naplavljuje bujični nanos u obliku čunja (bujični konoid, čunj, naplavina).

Prema vrsti dominantnih erozionih procesa na slivu razlikuju se bujice spirnjače s pretežno površinskom erozijom, podrivače s pretežno dubinskom erozijom i mješoviti bujični tokovi sa ujednačenim procesima podrivanja i spiranja. Prema tipu nanosa bujičnog toka razlikuju se bujice blatnog, blatno-kamenog i vodo- kamenog tipa. Obzirom na jačinu i rasprostranjenost erozionih procesa u slivu i koritu, bujice su podijeljene u pet kategorija bujičnosti - od ekscesivnih (pretjerano razornih) do vrlo slabo razornih bujičnih tokova. Prema razvijenosti hidrografske mreže bujice se dijele na bujične rijeke, bujične rječice, bujične potoke, vododerine i jaruge. Bujičnom erozijom uništavaju se brdska zemljišta, a bujične poplave naplavljuju obradiva zemljišta u dolinama i ugrožavaju naselja, saobraćajnice i drugu infrastrukturu. Prema Zakonu o vodama, planiranje i provođenje zaštite od erozije i uređenje bujica je u domeni vodoprivrednih djelatnosti, ali se provodi i u okvirima poljoprivrednih i šumarskih aktivnosti, u svrhu unapređenja tih privrednih grana.

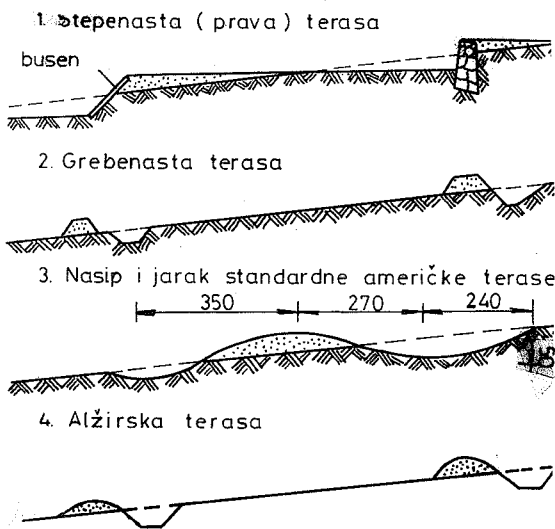
Značaj zaštite od erozije i uređenja bujica ogleda se u očuvanju dva osnovna životna resursa, tj. zemljišta i vode. Provođenjem tehničkih i bioloških mjera zaštite od erozije na slivu sprečava se degradiranje zemljišta i postiže njegova konzervacija, što je prvi uvjet za preživljavanje društvenih zajednica u blizini i na erozionim područjima. Drugi uvjet je voda. Na Drugom kongresu o vodama Jugoslavije (Ljubljana 1986.) postavljeno je pitanje mogu li se osigurati dovoljne količine vode za razvoj društvene zajednice bez blagovremene zaštite od erozije. Decidirani odgovor na pitanje dale su vodoprivredne analize potreba i mogućnosti snabdijevanja vodom, rađene za par godina unaprijed. Taj odgovor glasi: dugoročno gledano, bez blagovremene provedbe zaštite od erozije i uređenja bujučnih tokova ne mogu se osigurati čak ni potrebne količine vode za piće, a kamoli za brojne druge potrebe. Da bi se osigurale potrebne količine vode u budućnosti mora se ostvariti vrlo opsežno reguliranje vodnog režima izgradnjom akumulacija. A erozija i bujični nanos ne samo da skraćuju vijek korištenja akumulacija zbog odlaganja tog nanosa u korisnom prostoru akumulacije, nego dovode u pitanje kvalitet akumulirane vode. Pri razmatranju međuzavisnosti na relaciji kvalitet vode - erozioni procesi, u odnosu na suspendirani nanos koji uvijek zadaje mnogo briga vodovodnim sistemima, pokazatelj kvalitete vode je njena mutnoća. No u uvjetima kada akumulacije postaju osnovna izvorišta za vodosnabdijevanje, težište problema kvalitete voda pomiče se prema procesima eutrofikacije umjetnih jezera. Jedan od osnovnih uzročnika pogoršanja kvaliteta voda i "starenja" jezera je erozija. Spiranjem najkvalitetnijih dijelova tla erozijom u vodne tokove unose se hranjive materije, pesticidi, makro i mikro elementi i dr. Dospjevši u akumulacije, oni radikalno mijenjaju njihovu trofičnost, uslijed čega nastaju vrlo složeni procesi pogoršanja kvalitete voda, koji mogu doseći takve razmjere da potpuno degradiraju akumulacije kao rezervoare vode za vodosnabdijevanje. Pravovremena zaštita od erozije i uređenje bujučnih tokova, dakle, bitan su preduvjet razvoja društvenih zajednica.

U sklop antierozionih radova i mjera za konzervaciju zemljišta i voda spadaju:

- a) biološko-retencioni radovi i mjere
- b) terasiranje zemljišta
- c) izgradnja konturnih rovova, nasipa, zidića, pletera i dr.
- d) izgradnje retardacionih kanala i objekata
- e) izgradnje mikroakumulacija, ribnjaka i retencija,
- f) sprovođenje antierozionih administrativno-regulativnih i propagandno-edukativnih mjera.

Biološko-retencionim radovima inicira i intenzivira se razvoj biološkog pokrova na slivu. To su dakle svi radovi kojima se obogaćuje vegetacija da bi se spriječilo razorno eroziono djelovanje kišnih kapi na tlo i smanjio koeficijent površinskog otjecanja. Vegetacija je najbitniji element prirodne zaštite tla od erozije. Svi ostali radovi i sredstva koja se primjenjuju u postupcima zaštite imaju zadatak da omoguće vraćanje i trajno održavanje biljnog pokrova koji štiti tlo. U obnovi vegetacije na ogoljelim, degradiranim i gotovo sterilnim tlima ne mogu se odmah uzgojiti najjače razvijene i trajne biljne zajednice koje najbolje štite od erozije. Do razvijene šume ili bujnog travnjaka dolazi se postepeno. Često se u prvo vrijeme moraju uzgajati one vrste trava i grmlja koje se lakše prilagođavaju teškim životnim prilikama, a tek kasnije uspijeva šumsko drveće ili bujni travnjaci. Taj proces sukcesivnog razvoja biološkog pokrova, za koji je potrebno poznavanje fitocenologije, spada u biološko-retencione radove na slivu. U te radove spada i razvoj živih protuerozionih pojaseva od drveća i šiblja, kao i razvoj ilofiltarskih sistema na padinama oko (mikro) akumulacija. Ilofiltri su živi šumsko-travnato-mahovinasti pojasevi kroz koje se voda procjeđuje, tako da se u tim pojasevima zadržavaju i vrlo sitne čestice suspendiranog erozionog nanosa pa u akumulaciju dospijeva

čista voda.

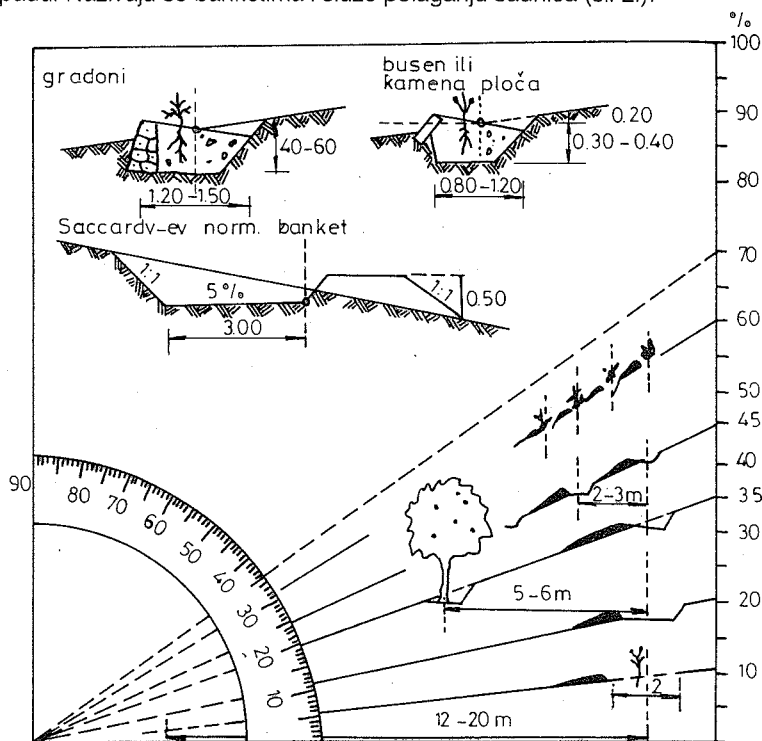


- Sl. 1.
1. - tip prave (bench) terase
 2. - grebenasta terasa
 3. - američka terasa
 4. - alžirska terasa

Terasiranje zemljišta je najvažnija od tehničkih mjera borbe protiv erozije. Sastoji se u tome da se nagnuta površina neke padine zasijecanjem i izgradnjom nasipa razdjeli u niz gotovo horizontalnih ili blago nagnutih pojaseva ili terasa. Njihov je zadatak da učvršćuju nagnuti teren i omogućuju provedbu bioloških radova te da retencionim i infiltracionim djelovanjem sprečavaju naglo površinsko otjecanje vode, a time i razvoj erozije.

Razlikuju se prave ili stepenaste terase (bench terrace) širine 12 do 20 pa i više metara (sl. 1.1.) na blažim padinama, jednostavnije i jeftinije grebenaste terase (graded terrace), kod kojih se retenciranje i infiltracija vode odvija u kanalima nastalim iskopom materijala za nasip (sl. 1.2.),

standardne američke terase sa zaobljenim oblikovanjem kanala i nasipa radi lakše provedbe bioloških radova (sl. 1.3.), i alžirske terase kod kojih je planum kanala horizontalan ili sa protupadom, a nasip zaobljen (sl. 1.4.). Prema širini planuma terase se dijele na prave široke terase (preko 10 m širine), terase srednje širine (5-10 m) i uske terase (3-5 m). Prema nagnutosti planuma i obliku razlikuju se horizontalne terase, nagnute terase i terase sa lučnim planumom ili kanal terase. Na strmijim padinama rade se veoma uske terase (1-3 m) koje služe kao proizvodne lijehe za krmno bilje, voćke i šumske sadnice, a nazivaju se gradoni ili kordoni. Na padinama 60-70% nagiba vode rade se veoma uski zasjeci s planumom u kontrapadu. Nazivaju se banketima i služe polaganju sadnica (sl. 2.).

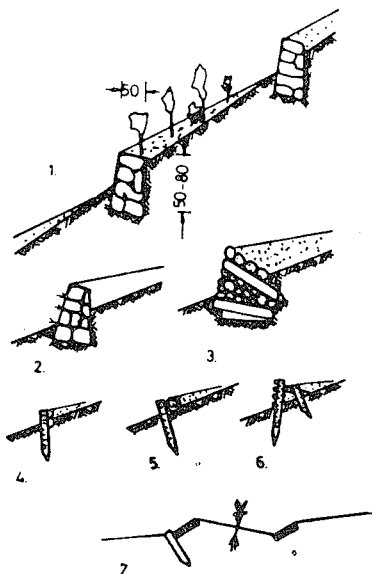


Sl. 2. Ovisnost vrsti terasa o strmosti zemljišta

Osim terasiranja za zaštitu zemljišta od erozije izvode se i tzv. horizontalne gradnje od raznih vrsta materijala (sl. 3.). Te se gradnje nazivaju i konturnim gradnjama jer se izvode po konturi padine duž izohipsa.

Poseban vid protuerozionih radova su konturni rovovi kojima se, ovisno o broju rovova na padini može skoro sasvim spriječiti površinsko otjecanje u smjeru padine. Za razliku od konturnih rovova, retencioni kanali su nešto većih proporcija i rade se u blagom padu zavojito po padini tako da ne sprečavaju nego samo usporavaju površinsko otjecanje.

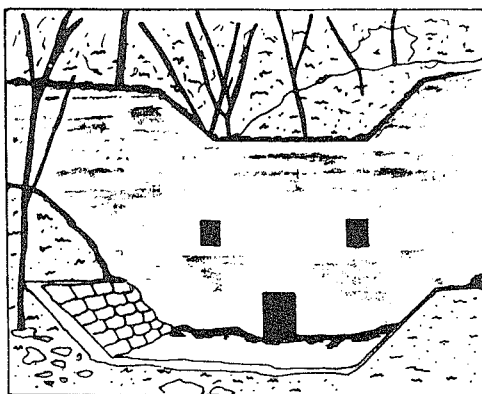
Građevinsko-tehnički radovi na uređenju bujica imaju cilj da spriječe bujične poplave i razaranje korita vodotoka.



Sl. 3. Horizontalne gradnje

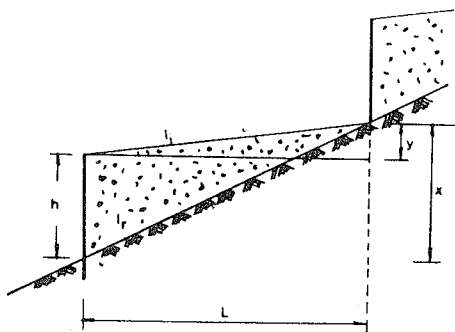
1. Horizontalni zidići od kamena
2. Rustikalno građeni zidovi s vrbovim ključicama
3. Zidovi od drvenih sanduka ispunjenih kamenom
4. Horizontalne gradnje od oblica
5. Horizontalne gradnje od fašina
6. Vodoravni popleti, 7. gradnje od busena

Sastoje se od poprečnih i uzdužnih gradnji. Poprečne gradnje se izvode u koritu bujice poprečno na smjer toka sa svrhom da spriječi bujično otjecanje i eroziju korita, a uzdužne se izvode duž korita radi zaštite obalnih kontura od erozije. Najučestalije su prave ili konsolidacione bujične pregrade različitih visina (sl. 4.). Izrađuju se u koritu bujica radi smanjenja uzdužnog pada korita, zaštite korita od erozionog djelovanja vode, sprečavanja odrona i klizanja obala, proširenja dna korita i smanjenja dubine vode, usmjeravanja toka bujičnih voda i konačno zadržavanja i fiksiranja nagomilanog nanosa u koritu bujice.



Sl. 4. Tip konsolidacije pregrade

Smanjenje uzdužnog pada bujice postiže se izvedbom bujičnih pregrada u nizu (sl. 5.)



Sl. 5. Smanjenje pada bujice prema padu izjednačenja J_1

Osnova za određivanje razmaka između bujičnih pregrada je pad izjednačenja:

$$J_{iz} = \frac{(\varphi_n - \varphi_w) \cdot b \cdot f}{3 \cdot \varphi_w \cdot K^2 \cdot C^2 \cdot R}$$

gdje je:

φ_n i φ_w specifična masa nanosa i vode

b - najduža dimenzija nanosa u met.

f - koeficijent trenja (za nanos $f = 0,76$)

K - koeficijent bujičnosti toka

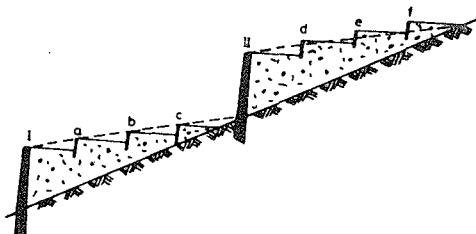
$$K = \frac{1}{1 + n(\varphi_{nw} - \varphi_w) \cdot g}; \quad \text{gdje su: } n - \text{odnos nanos/voda u bujičnom toku,}$$

φ_{nw} - specifična masa smjese nanosa i vode,
g - konstanta gravitacije)

C - Chezy-ev koeficijent brzine

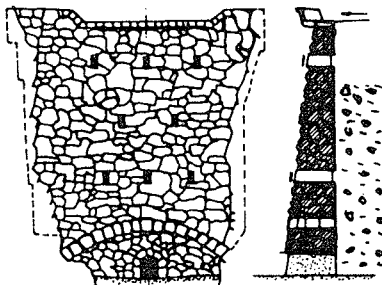
R - hidraulički radijus ($R = \frac{F}{O}$, F - protočna površina, O - omočeni obod).

Prema padu izjednačenja moguće je jednu visoku bujičnu pregradu zamijeniti s više niskih. Koji je koncept u nekom konkretnom slučaju povoljniji, pokazuje tehničko-ekonomska analiza. Nakon što se korito bujice iza visoke bujične pregrade ispuni nanosom, pristupa se izvedbi sekundarnih bujičnih pregrada (sl. 6).

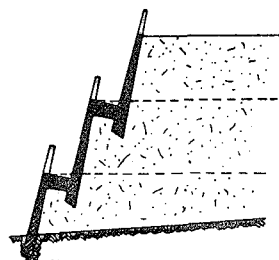


Sl. 6. Sekundarne bujične pregrade

Osim konsolidacionih, učestalo se grade i deponijske pregrade u bujičnim koritima (sl. 7).



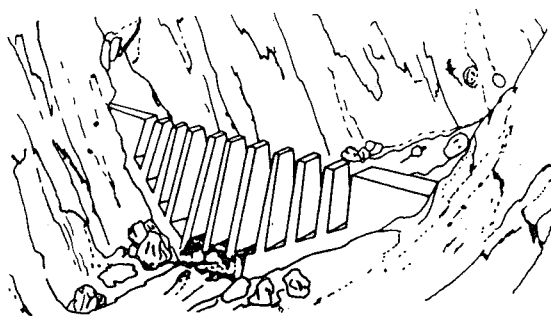
Sl. 7. Velika deponijska pregrada



Sl. 8. Deponijske pregrade u nizu

Te pregrade imaju privremeni karakter i osnovnu svrhu da zaustave bujični nanos. Njihova funkcija prestaje kad se prostor iza pregrade ispuni bujičnim nanosom, ili produkcija nanosa prestane zbog primjene biološko retencionih mjera zaštite na slivu. Po potrebi se također izvode u nizu, ponekad ne prema padu izjednačenja, već samo prema uvjetima građevinsko-tehničke stabilnosti objekta (sl. 8).

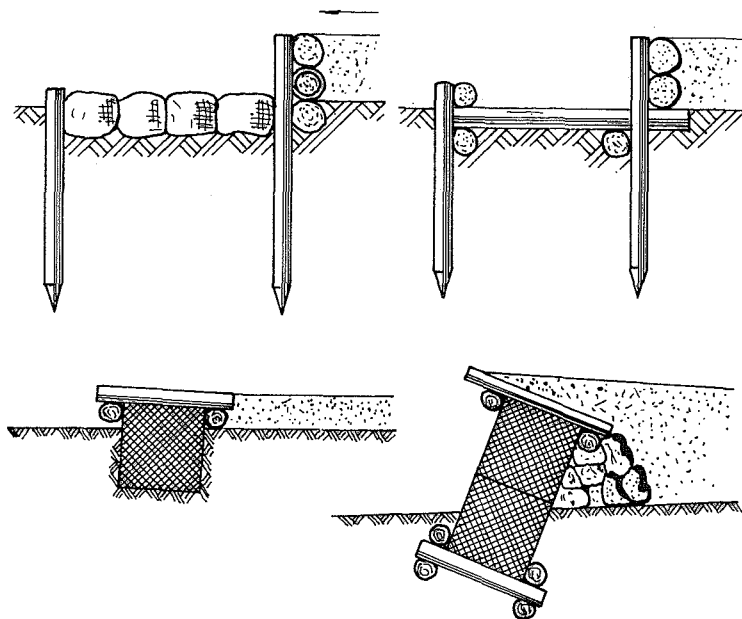
Nerijetko se izvode i retardacione bujične pregrade rešetkastog tipa, sa svrhom da se bujični val uspori i razbije u više parcijalnih dijelova toka različitih brzina (sl. 9).



Sl. 9. Rešetkasta retardaciona pregrada

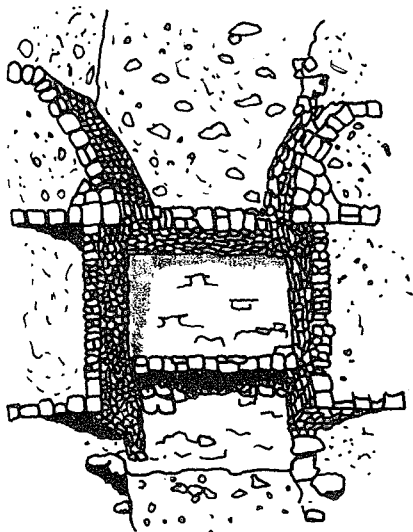
Ako su bujične pregrade niže od 2 m i potopljene za vrijeme pojave bujične vode, nazivaju se pragovima. Njihova uloga ogleda se u fiksiranju dna i poprečnog presjeka bujičnog toka.

Pragovi se u koritima bujica izvode od raznih vrsta materijala, najčešće od kamena, gabiona, drveta ili betona (sl. 10).

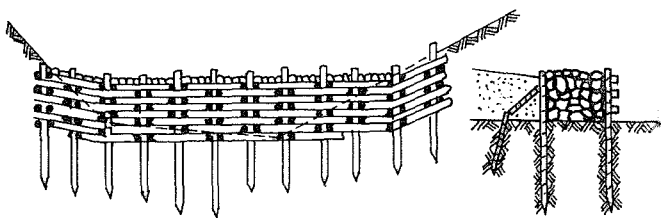


Sl. 10. Tipovi konstrukcija pragova

Za fiksiranje uzdužnog pada korita bujičnog vodotoka i određenih poprečnih profila primjenjuju se i poprečne gradnje bez korisne visine. Kad se te gradnje izvode u nizu nazivaju se konsolidacionim pojasevima. Bujične se pregrade izvode od različitog materijala: od naslaganog kamena bez veziva (rustikalne pregrade, sl. 11), od kamena u cementnom mortu od betona, od drveta (sl. 12), od gabiona (kamena u žičanim košarama - sl. 13) i slično.



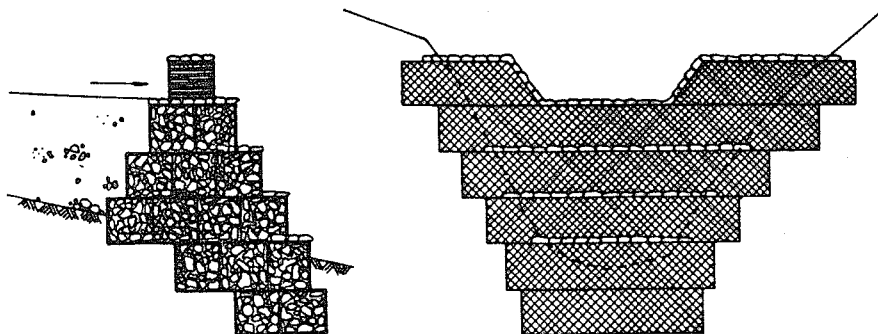
Sl. 11. Rustikalna pregrada



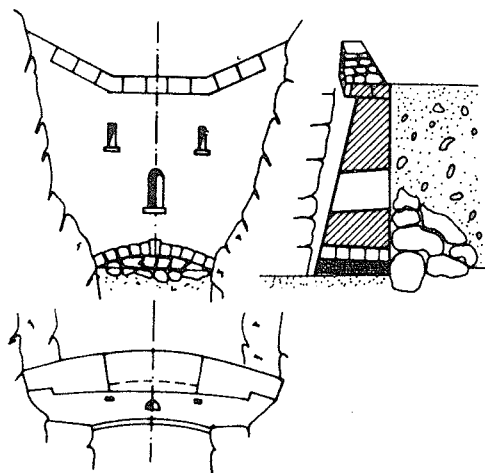
Sl. 12. Drvena pregrada

U statičkom smislu bujične su pregrade najčešće krute gravitacione konstrukcije, no nisu rijetke niti lučne pregrade kod kojih se dinamički pritisak bujične vode i nanosa lučno prenosi na bokove doline vodotoka. Izvode se još i rešetkaste bujične pregrade od drveta ili armirano betonskih prefabrikata (greda, tetrapoda sl. 15). Kod tih su pregrada dopušteni manji pomaci konstrukcije, a po funkciji to su uglavnom retardacione pregrade.

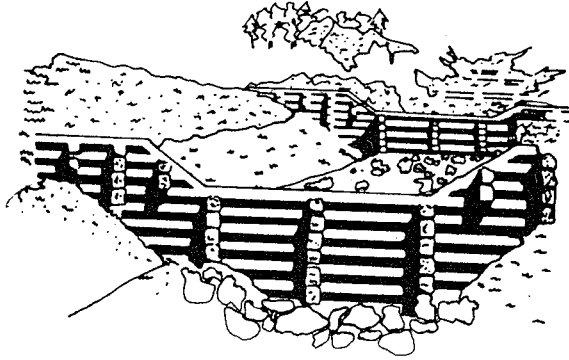
U uzdužne građevine za uređenje bujičnih tokova svrstavaju se: kanali, kinete, kanal-kinete obaloutvrde i sl. Kanali su uzdužne gradnje korita vodotoka kod kojih nema poprečnih objekata (pregrada, pragova i sl.). Za kinete je tipično da imaju strme ozidane obalne pokose korita i niz manjih stepenica (objekata koncentracije pada) koje se nazivaju kaskadama (sl. 16). Veći pojedinačni objekti koncentracije uzdužnog pada dna vodotoka poznati su pod nazivom stepenice malih vodotoka (za razliku od vodnih stepenica na velikim rijekama). Pod nazivom kanal-kinete podrazumijevaju se kanali sa ozidanim obalnim pokosima i konsolidacionim pojasevima od zida, kamena ili betona. Pletereri su poprečne, ali i uzdužne građevine u koritu bujice ili na padinama bujičnog sliva, od kolja i pruća, obično visine do 1 m. Rade se od svježeg (živi pletereri) ili suhog pruća (mrtvi pletereri). Mogu biti jednostruki ili dvostruki pletereri. Kada se međuprostor između dvostrukog pletera ispuni kamenom, onda se takvi objekti nazivaju kamenim sanducima.



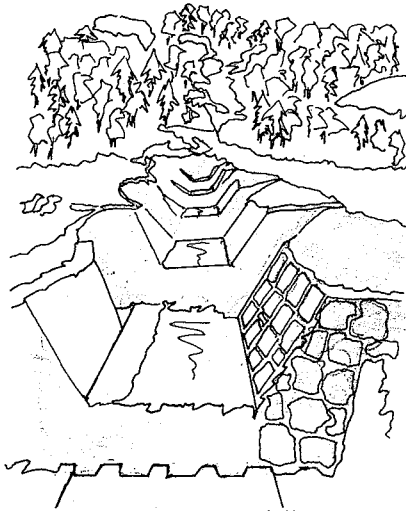
Sl. 13. Gabionska pregrada



Sl. 14. Lučna deponijska pregrada



Sl. 15. Velika rešetkasta pregrada



Sl. 16. Kineta sa kaskadama

Literatura

1. Gavrilović, S., Inženjering o bujičnim tokovima i eroziji, časopis "Izgradnja", specijalno izdanje Beograd 1972.
2. Seminar: Erozija, bujični tokovi i rečni nanos, Beograd 1970.
3. Erozija, stručno-informativni bilten, br. 1 do 16, Institut za šumarstvo i drvnu industriju, Beograd
4. Godek, I., Erozija tla, Šumarska enciklopedija, Jugoslavenski leksikografski zavod, Zagreb 1980., s. 516-522
5. Jevtić, Lj. i ostali: Bujice, Šumarska enciklopedija, Jugoslavenski leksikografski zavod, Zagreb 1980., s. 205-220
6. Eidg. Amt für Strassen und Flussbau, Bericht: Dimensionierung von Wildbachsperrren aus beton und stahlbeton, Bern 1973.
7. Oberste Baubehörde im Bayerischen Staatsministerium des Innern, Wasserwirtschaft in Bayern, Heft 21: Flüsse und Bäche, erhalten - entwickelu - gestalten, München 1989.