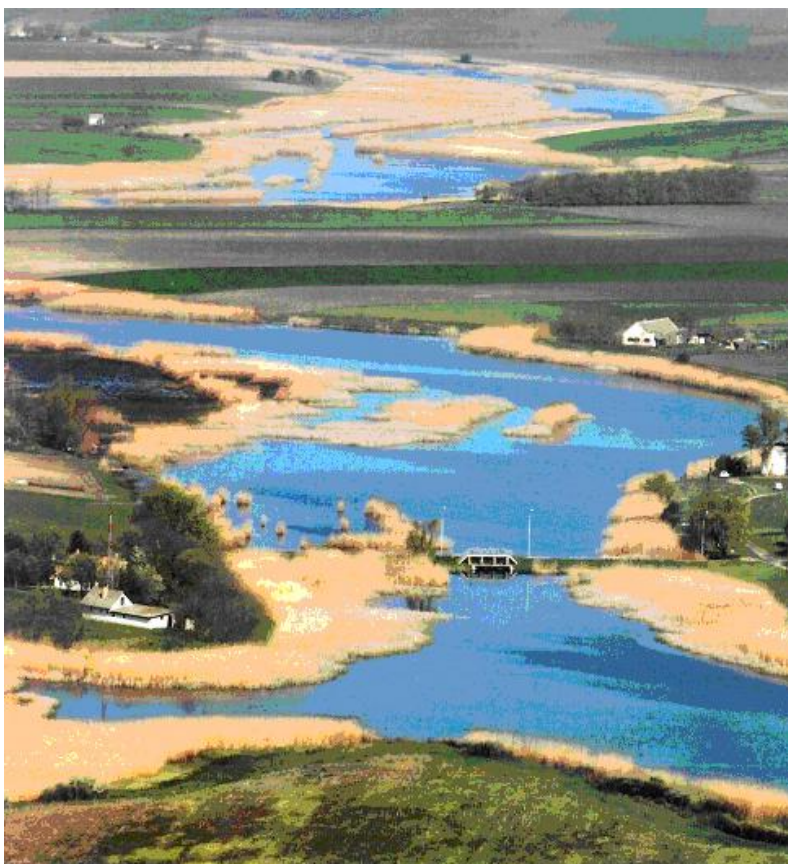


# STUDIJA ZAŠTITE VODOTOKA I MIKROAKUMULACIJA



1) Poljoprivredni fakultet,  
Departman za uređenje voda,  
N.Sad

2) Poljoprivredni fakultet,  
Departman za ratarstvo i  
povrtarstvo, N.Sad

3) Biro NEPTUN Inženjering doo,  
za projektovanje i izgradnju  
hidrograđevinskih objekata, N.Sad

4) AD za vodopiredu i inženjering,  
"VIOR VELIKA MORAVA, Beograd

5) Poljoprivredni fakultet,  
Departman za ekonomiku  
poljoprivrede i sociologiju sela,  
N.Sad

**Investitor:** Direkcija za vode Republike Srbije

**Izradio:** Poljoprivredni fakultet univerziteta u Novom Sadu

**Rukovodilac izrade studije**  
Prof. dr Mićo Škorić 1)

## SADRŽAJ STUDIJE i obrađivači po poglavljima

### 1. Uvod u problematiku

Prof.dr Anđelka Belić 1)

Vidoje Ratković , dipl.inž. 3)

Predrag Ivković, dipl.inž.građ 3)

### 2.Prirodni uslovi za izgradnju i primenu mokrih polja pod barskom trskom u Republici Srbiji

Vidoje Ratković , dip.inž.

Boban Janković, dipl.inž.građ 3)

Draginja Dobanovački, teh 3)

### 3. Biološka svojstva makrofita u staništima na području Srbije i njihove karakteristike

Prof.dr Slobodanka Stojanović 2)

Prof.dr Aleksa Knežević 2)

Doc.dr Ljiljana Nikolić 2)

Mr Dejana Lazić 2)

### 4. Prirodna hidrografska situacija Srbije

Dobrivoje Grujić, dipl.inž.građ 4)

Lazar Stašić, dipl.inž.građ 4)

### 5. Naselja i stanovništvo Republike Srbije u kontekstu rešenja fekalno-kanalizacionih voda

Vidoje Ratković, dipl.inž.

Boban Janković, dipl.inž.građ

Draginja Dobanovački, teh.

### 6. Aktuelno stanje kvaliteta površinskih voda i polazišta rešavanja problema zagađivanja

Prof.dr Anđelka Belić

Mr Jasmina Josimov - Dunđerski 1)

### 7. Razvoj wetlands-a (mokrih polja) kao prečistača fekalno-kanalizacionih voda iz naselja

Prof.dr Anđelka Belić

Mr Jasmina Josimov - Dunđerski

Vidoje Ratković, dipl.inž.

Boban Janković, dipl.inž.građ.

### 8. Definisavanje modelskih rešenja mokrih polja u funkciji zaštite vodotoka i mikroakumulacija

Predrag Ivković, dipl.inž.građ.

Dragana Milovanović - Kozomara, dipl.inž.građ. 3)

Boban Karabašević, dipl.inž.građ. 3)

### 9. Ekonomski aspekti primene metode mokrih polja

Prof.dr Svetlana Potkonjak 5)

Predrag Ivković, dipl.inž.građ.

## Zaključak

Voda je nesumnjivo najvitalniji resurs – jednostavno, život ne može da se održi bez nje. Istovremeno, voda je ograničen i osetljiv resurs. Porast broja stanovnika praćeno poboljšanjem njihovog životnog standarda i jačanje svih sektora ekonomije uslovljava povećane potrebe za vodom, a time i porast zagađenja. Ovakvo stanje neminovno vodi do pojave oskudice vode. Prema proračunima IWMI (International Water Management Institute), 45% svetske populacije će u 2025. godini živeti u oblastima koje će oskudevati u dovoljnim količinama sveže vode. Mogući su ozbiljni sukobi na mestima gde je korišćenje limitirajućih vodnih resursa izloženo osporavanjima. Vek pred nama predstavljaće razdoblje borbe za vodu. Pristup problemu vode je pitanje politike, zakonodavstva, nauke... Postojeći odnos prema vodi na lokalitetima gde nema oskudice je rasipni, mere zaštite se poboljšavaju ali još uvek neadekvatno, a zagađenje limitira korišćenje vode. Samo integralno upravljanje vodnim resursima može dovesti do željenih rezultata. A to podrazumeva unapređivanje koordiniranog razvoja i upravljanja vodom i relevantnim resursima u cilju maksimiziranja rezultante ekonomskog i socijalnog blagostanja na pravedan način, bez ugrožavanja održivosti vitalnih ekosistema. Prema tome, neophodno je da voda postane briga i posao svakog pojedinca, a svest da su svi deo hidrološkog ciklusa i da svi žive nizvodno preduslov je za to.

Kvalitet voda vezan je za njihov nastanak u određenom vidu javljanja (površinske, podzemne, stajaćice i sl.) i za njihov režim, odnosno promene uslovljene prirodnim i veštačkim uticajima. Do zagađenja voda u prirodi, ukoliko nisu prirodno prekomerno mineralizovane uz prisustvo štetnih materija, došlo je na teritoriji Srbije, kao uostalom i na drugim područjima, pojavom mnogobrojnih koncentrisanih i rasutih zagađivača - otpadne vode naselja i industrije, deponije otpadnih materija, pesticidi, mineralna đubriva...

Do nedavno, čovek je više bio okrenut problemima kvantiteta nego kvaliteta voda. Razvoj industrije, poljoprivrede, demografsko bujanje i urbanizacija, a posebno hemizacija svih aspekata života, rezultiraju većim količinama nečistoća koje stižu do vodnih resursa. Kao rezultat takvog stanja javio se porast zainteresovanosti i brige za kvalitet vode.

Povećanje eksploatacije i porast potrošnje vode prouzrokuju pojavu znatnih količina otpadnih voda koje se često nekontrolisano i bez prethodnog prečišćavanja upuštaju u vodotokove i ostale recipijente ugrožavajući životnu sredinu. Na žalost, ove aktivnosti ne prate i adekvatne mere zaštite. Na taj način su mnogi prirodni resursi dovedeni u stanje nezadovoljavajućeg kvaliteta što je slučaj sa većinom vodotokova, akumulacija i drugih recipijenata u Republici Srbiji. Ovakvo stanje bi se moglo i trebalo promeniti na bolje primenom odgovarajućih mera, pre svega prečišćavanjem otpadnih voda.

Visoka cena tretmana otpadnih voda, u mnogim zemljama, kako siromašnim tako i bogatim nametale su potrebu korišćenja raznih naučno, stručno i tehnički dokazanih metoda tretmana koje su uz to, za sve zajednice i ekonomski prihvatljive. Shodno uslovima koji postoje u određenim sredinama primenjuju se i odgovarajuće metode.

Polazište kod izrade ove Studije je bilo je, prema stranim i nekim domaćim iskustvima, da je za prečišćavanja komunalnih otpadnih voda pogodno primeniti prečišćavanje putem biljaka. Ova metoda je pogodna za primenu kod manjih naselja. Rešenje prečišćavanja otpadnih voda iz više manjih naselja sa određenim centralnim prečistačima bi bilo ekonomski neopravdano. Analizom popisa iz 2002. godine se vidi da je u Republici Srbiji čak 17,23 % naselja sa 100 stanovnika a do 300 stanovnika je čak 46,07 % naselja. Do 1000 stanovnika ima 85,22 % naselja. Sasvim je izvesno da bi za naselja sa tako malim brojem stanovnika i domaćinstava bilo povoljno da grade biološke prečistače jer ne bi bila u stanju da plate skuplje tehničke prečistače.

Prirodni uslovi su od velikog značaja za mogućnost primene mokrih polja. Uzimajući u obzir klimatske prilike može se zaključiti da se i u kontinentalnoj, a posebno umereno

kontinentalnoj klimi mogu stvoriti dobri uslovi za efikasno funkcionisanje "mokrlih polja".

Analizom pedološkog pokrivača Republike Srbije (bez pokrajina) može se zaključiti da Republika Srbija, pored velikih površina proizvodnih zemljišta, raspolaže i znatnim površinama neplodnog, skeletnog močvarno mineralno - glejnog, degradiranog i utrinskog zemljišta. Pored svih naselja nalaze se veće ili manje površine neproizvodnog zemljišta koje se jedino mogu upotrebiti za podizanje mokrih polja kao prečištača otpadnih fekalno kanalizacionih voda.

I vegetacija spada u prirodne uslove koji utiču na mogućnost prečišćavanja otpadnih voda metodom mokrih polja. U tom smislu, u površinskim vodama, posebnu ulogu ima akvatična flora i vegetacija koju grade predstavnici viših biljaka – vaskularne marofite, označene kao hidrofite ili vodene biljke. Vodene biljke ili hidrofite obuhvataju složenu grupu različitih adaptivnih tipova biljaka koje naseljavaju raznovrsne vodene bazene. One su edifikatori ili izuzetno značajni učesnici životnih zajednica različitih vodenih bazena kao i vlažnih staništa, a prezasićenih vodom u podlozi, stalno ili povremeno plavljenih. Na osnovu specifičnih adaptacija ove biljke su sposobne da opstanu u slanim, slatkim i brakičnim vodama i to kako u stajaćim tako i tekućim. Njihove osnovne strukturne i fiziološke odlike su usaglašene sa ekološkim uslovima i resursima vodene sredine u kojoj se razvijaju i opstaju.

U procesu kruženja materije i prenosa energije, u vodenim i močvarnim ekosistemima, glavna uloga primarnih producenata pripada višim vaskularnim makrofitama i algama, koje predstavljaju početnu kariku u tom ciklusu. Veliki značaj hidrofita proizilazi, pre svega iz činjenice, da su to autotrofni organizmi, tj. organizmi koji iz neorganskih jedinjenja uz korišćenje Sunčeve energije i pigmenta hlorofila, od kojeg potiče zelena boja biljaka, sintetišu složene organske materije. U procesu fotosinteze oslobađa se kiseonik, neophodan za život skoro svih organizama. Upravo količina kiseonika je ograničavajući faktor za život u vodenoj sredini. U odnosu na atmosferu, u vodi kiseonika ima oko 30 puta manje. Zahvaljujući aerenhimu, tkivu za magacioniranje vazduha, prvenstveno kiseonika, omogućen je život aerobnim mikroorganizmima u zoni podzemnih izdanaka i korenovog sistema označenog kao rizosfera. Aerobni mikroorganizmi takođe imaju veliku ulogu u procesima razgradnje otpadnih materija u vodi i podlozi. Najbrojniji među njima su: bakterije, gljive, alge, protozoe, virusi i lišaji. Oni svojom aktivnošću utiču na stvaranje specifičnog kvaliteta podloge. Naime, sintezom i lučenjem velikog broja različitih enzima u spoljašnju sredinu, mikroorganizmi čine značajan faktor u procesima biohemijskih transformacija složenih organskih i neorganskih materija koje su prisutne u podlozi. Zahvaljujući mikroorganizmima koji učestvuju u procesima humifikacije, u podlozi nastaje poseban vid organske materije okarakterisan kao humus. Mikroorganizmi učestvuju i u procesu dehumifikacije u kojem humus biva razložen do prostijih jedinjenja koje biljke lako usvajaju. Pored toga, mikroorganizmi u podlogu luče biološki aktivne materije koje značajno utiču na usvajanje vode i mineralnih materija, stimulišu fotosintezu, povećavaju otpornost biljaka prema fitopatogenim mikroorganizmima, što za posledicu ima povećanu produkciju biljne mase, u ovom slučaju biomase akvatičnih i semiakvatičnih makrofita. Mikrobiološka aktivnost je važan faktor biogenosti podloge. Brojnost i enzimaska aktivnost mikroorganizama su pouzdani pokazatelji potencijalne i efektivne plodnosti podloge, tokom vegetacije različitih samoniklih biljaka. Brojnost mikroorganizama je najveća u površinskom sloju podloge i opada sa dubinom. Brojnost skoro svih sistematskih i fizioloških grupa mikroorganizama je najveća u fazi intenzivnog rasta biljaka, a najveća je u rizosferi.

Problem zagađenja površinskih voda se najčešće javlja kod većih naselja, industrije i drugi privrednih kapaciteta, koji zahtevaju velike količine vode i koji produkuju velika zagađenja, a locirani su na "vrhovima slivova" gde su mogućnosti za obezbeđenje dovoljnih količina vode

veoma skučene i posebno gde su uslovi za prihvatanje otpadnih voda (i drugih zagađenja koja iz ovih dospevaju u vodotoke) izuzetno nepovoljni. Zbog tehničko-ekonomskih nemogućnosti da se ovi problemi razreše, dolazi do postupnog pretvaranja prirodnih vodotoka u kolektore otpadnih voda. Pošto su, zbog hidroloških, tehnoloških, ekoloških, pa i socijalnih razloga, vodotoci ograničeni u pogledu mogućnosti da prihvate određenu količinu otpadnih materija, neophodno je da se ti limiti poštuju, kako vodotoci ne bi predstavljali opasnost po životnu sredinu i stanovništvo u blizini rečnih obala.

Tehnološkim merama na otpadnim vodama i izvorima zagađivanja voda do racionalnih granica smanjilo bi se zagađenje koje se ubacuje u rečne tokove. Dodatnim vodoprivrednim i tehničko-tehnološkim merama obezbedile bi se prirodne karakteristike voda u našim vodotocima. Ovo dalje vodi ka mogućnosti racionalne zaštite voda i korišćenju novih voda za sve predviđene namene, kao i ponovnom nesmetanom korišćenju već korišćenih voda. Samo kompleksno i racionalno iskorišćavanje ovako raspoložive vode može da obezbedi dovoljne količine voda za sve korisnike uz obezbeđenje najpovoljnijeg i najcelishodnijeg tehničko-ekonomskog i ekološkog rešenja za jedinstveno upravljanje vodama, za zaštitu i korišćenje voda i zaštitu od voda.

Posebno se izdvajaju akumulacije po načinu zaštite od zagađenja, kao višenamenski objekti svih vodoprivrednih oblasti i grana, a iste takođe najsnažnije utiču na režim voda, odnosno "destruktivne" vode prevode u iskoristive resurse voda.

Zaštita kvaliteta vode u vodotokovima i akumulacijama, odnosno zadovoljavanje uslova iz odgovarajućih propisa, može se postići:

1. primenom mera za povećanje moći prirodnog prečišćavanja vode u odvodnicima
2. prečišćavanjem otpadnih voda pre ispuštanja
3. kombinovanjem mere pod (1) i (2) kad ni jedna od njih nije dovoljna sama za sebe ili nije ekonomski prihvatljiva.

Aktuelno stanje kvaliteta voda vodotokova ukazuje na prisustvo zagađenja na svim vodotocima. Izuzetak su Uvac i Gaberska reka koje su prema svim pokazateljima u zahtevanoj II klasi kvaliteta voda. Na ostalim vodotocima primetne su organoleptičke promene osobina vode boja, miris, vidljive otpadne materije. Vrednost pH ukazuje na čestu alkalnu sredinu. Kiseonički pokazatelji rastvoreni kiseonik, procenat zasićenja vode kiseonikom, BPK5, kreću se u granicama III, IV klase i van klase. Javljaju se amonijačni i nitratni azot. Prisutno je organsko zagađenje. Stepenn saprobnosti je mezosaprobn beta-alfa, ali se javljaju i polisaprobne zone na vodotocima što ukazuje na jača organska zagađenja. Na pojedinim rekama broj koliformnih bakterija prelazi u III i IV klasu kvaliteta.

Aktuelno stanje kvaliteta voda u akumulacijama ukazuje na alkalnost sredine, nedostatak kiseonika, saturaciju, vrednosti suspendivanih materija prevazilaze II klasu, prisustvo azota, pojava sulfida, visokih koncentracija gvožđa, mangana i tanina.

Otpadne vode koje potiču iz naselja uglavnom su ustaljenog sastava i podležu određenim zakonitostima (nivo razvoja, urbanizacija, klimatske prilike).

Za razliku od otpadnih voda domaćinstava, sastav efluenata pojedinih industrija vrlo je različit, čak i za jedan isti način proizvodnje i koleba se u širokim rasponima. To je razlog što

se kvantifikacija zagađenja koje potiče od industrijskih otpadnih voda mora zasnivati na rezultatima konkretnih merenja.

U cilju očuvanja lokaliteta sa dobrim postojećim kvalitetom vode (I i II klasa) i poboljšanja stanja nekih vodotokova i mikroakumulacija (III i IV klasa) u Srbiji, neophodna je, gde god to postojeći uslovi dozvoljavaju, izgradnja mokrih polja. Uloga mokrih polja u efikasnoj redukciji zagađenja koje nekontrolisano dospeva u vodotokove i mikroakumulacije, značajna je i potvrđena u našim klimatskim uslovima. Samo sprečavanjem zagađenja koje je u ekspanziji, vodni resursi Srbije moći će da zadovolje narastajuće potrebe korisnika, kako u pogledu kvantiteta, tako i u pogledu kvaliteta voda.

Efekti prečišćavanja dobijaju se na osnovu praćenja i merenja koncentracije štetnih materija na ulazu i izlazu iz prečišćavača. Na osnovu efekata prečišćavanja na prvom izgrađenom prečišćavaču ovog tipa kod nas - Mokro polje Gložan - može se konstatovati da je kvalitet prečišćene vode u klasi II kvalitetne kategorije, mada prema trenutno važećim propisima, vodoprivrednim uslovima se zahteva da BPK5 prečišćene vode bude do 25 mg/l.

Prečišćavači ovog tipa mogu se preporučiti za:

- otpadne komunalne vode naselja do 5000 ES
- otpadne voda iz turističkih naselja (hoteli, kampovi)
- farme (nakon predtretmana)
- procedne vode iz deponija smeća
- tehnološke vode iz tekstilne i prehrambene industrije
- sekundarno i tercijalno prečišćavanje tehnoloških voda industrije
- površinske vode sa autoputeva
- atmosferske vode

Prednosti metode

- Visok stepen prečišćavanja (80-90%)
- Pouzdanost u radu.
- Niski troškovi
- Nema utroška energije i hemijskih agenasa
- Jednostavno i jeftino održavanje
- Nema stalne obrade i odlaganja mulja (mulj se dva do tri puta godišnje iz taložnog kanala prebaci u polje za sušenje mulja)
- Izvrsno se uklapaju u prirodni ambijent
- Nema neugodnih mirisa, a ne skupljaju se ni insekti oko prečišćavača
- Povećava se proizvodnja kiseonika u zoni prečišćavača

Radi sagledavanja gde se sve može primeniti ovaj način prečišćavanja data su modelska rešenja za prečišćavače otpadnih voda za objekte i naselja sa izgrađenim kanalizacionim



sistemom za različit broj ES, kao i modelska rešenja za neposrednu zaštitu vodotoka i akumulacija. Rešenja su na nivou studije, ali sa dovoljno podataka za dalju razradu u konkretnim slučajevima. Ideja je bila da se ovde prikažu mogućnosti i raznovrsnost tehničkih rešenja u primeni prikazane metodologije prečišćavanja otpadnih i zagađenih voda.

Prečišćavanje otpadnih voda predstavlja ekonomski skup i zahtevan postupak. Izbor stepena i načina prečišćavanja otpadnih voda zavisi između ostalog i od ekonomskih faktora (investicije, troškovi).

Izbor postrojenja za prečišćavanje između ostalog zavisi i od:

- različitih geografskih i topografskih uslova
- veličine zaštitne zone koja se tretira
- rasporeda objekata i opreme
- različitih zahteva stanovništva

Već je više puta naglašeno i na primerima pokazano da su troškovi izgradnje Mokrog polja nekoliko puta niži od troškova izgradnje klasičnih prečišćavača. Istovremeno su efekti prečišćavanja, najmanje jednako dobri, a često i bolji od efekata prečišćavanja koji se ostvaruju na klasičnim prečišćavačima. Razlog za ovo stanje nije u tehnologiji koja je dokazana, već u ljudskom faktoru i troškovima održavanja.

Naime, klasični prečišćavači, bilo kog tipa, pa čak i kompaktna rešenja, zahtevaju stalno održavanje i stalne troškove eksploatacije. Neizbežni su troškovi energije za održavanje raznih procesa na postrojenju, zatim troškovi dodavanja potrebnih agenasa za pospešivanje hemijskih procesa. A tu su i troškovi stalnog nadzora, odnosno zapošljavanja stalne posade koja nadgleda rad postrojenja.

Problemi tokom eksploatacije nastaju kada dođe do kvara na nekom segmentu prečišćavača. Nerado se pristupa otklanjanju kvara, pa se u većini slučajeva pribegava lakšem rešenju, propuštanju neprečišćene vode kroz "bypass", dok se ne reši kvar. Česti su slučajevi da privremeno rešenje ostane i trajno, a ostala oprema ne radi i propada.

Ove konstatacije se odnose na prečišćavače u većim mestima, gde postoje komunalna preduzeća sa organizovanim službama za održavanje. Iskustva sa prečišćavača u manjim mestima i nema iz prostog razloga što ne postoje izgrađeni prečišćavači (sem u nekim turističkim kompleksima, gde je stanje isto kao što je već opisano).

Na prečišćavaču Mokro polje nema potrebe za utroškom energije niti agenasa, nema potrebe ni za formiranjem stalne posade za nadgledanje i održavanje sistema. Nema opreme koja bi mogla da se pokvari, i nema ni predviđen "bypass". Jedini poslovi na održavanju sistema su sledeći:

- čišćenje grube rešetke dva puta mesečno
- čišćenje taložnog kanala, pumpom za mulj, dva puta godišnje
- košenje trske i odnošenje sa polja jednom godišnje (januar - februar)
- revitalizacija polja, posle 10-tak godina

Ove minimalne radove može da obavi osoblje koje već radi u mesnoj zajednici na nekim pratećim poslovima, sem poslednje stavke koju bi obavila ovlašćena firma po nalogu i ugovoru.

U slučaju Mokrih polja kao neposredne zaštite vodotoka i akumulacija, potrebe za održavanjem su još manje, jer su vode koje na ovaj način dotiču na prečistač, manje opterećenje štenim i suspendovanim materijama.