



Časopis Naučnog društva za pogonske mašine, traktore i održavanje
Journal of Scientific Society of Power Machines, Tractors and Maintenance

TRAKTORI I

POGONSKE MAŠINE

TRACTORS AND POWER MACHINES

1/2

UDK 631.372

ISSN 0354-9496

Godina 30

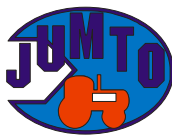
Nov. 2025.



Novi Sad, Srbija

Trakt. i pog. maš., Trac. and pow. mach., Vol. 30, No. 1/2, p.1-61, Novi Sad, Nov. 2025.

Izdavač – Publisher



Naučno društvo za pogonske mašine, traktore i održavanje
Scientific Society of Power Machines, Tractors and Maintenance

Suizdavač – Copublisher

Poljoprivredni fakultet, Departman za poljoprivrednu tehniku, Novi Sad
 Faculty of Agriculture, Department of Agricultural Engineering, Novi Sad

Glavni urednik – Editor in chief

Dr Milan Tomić

Urednici - Editors

Dr Lazar Savin**Dr Ratko Nikolić****Dr Mirko Simikić****Dr Radojka Gligorić**

Tehnički urednik - Technical Editor

MSc Srđan Vejnović**Nevenka Žigić**

Tehnički sekretar - Technical Secretary

Nevenka Žigić

Uređivački savet - Editorial Committee

Dr Ratko Nikolić, Novi Sad**Dr Lazar Savin, Novi Sad****Dr Milan Tomić, Novi Sad****Dr Mirko Simikić, Novi Sad****Dr Dragan Ružić, Novi Sad****Dr Radojka Gligorić, Novi Sad****Dr Ivan Klinar, Novi Sad****Dr Radivoje Pešić, Kragujevac****Dr Klara Jakovčević, Subotica****Dr Krešimir Čopce, Zagreb****Dr Laszlo Mago, Budapest, Mađarska****Dr Александр Пастухов, Белгород, Rusija****Dr Ľubomír Hujo, Nitra, Slovačka****Dr Hasan Silleli, Ankara, Turska****Dr Valentin Vladut, Rumunija**

Adresa – Address

Poljoprivredni fakultet**Trg Dositeja Obradovića br. 8****Novi Sad, Srbija****Tel.: ++381(0)21 4853 391****Tel/Fax.: ++381(0)21 459 989****e-mail: milanto@polj.uns.ac.rs**

Časopis izlazi svaka tri meseca

Godišnja preplata za radne organizacije je 1500 din, za
 Inostranstvo 5000 din a za individualne predplatnike 1000 din
 Žiro račun: 340-4148-96 kod Erste banke

Rešenjem Ministarstva za informacije Republike Srbije, Br.651-115/97-03 od 10.02.1997.god., časopis je upisan u registar pod brojem 2310
 Prema Mišljenju Ministarstva za nauku, Republike Srbije ovaj časopis je "PUBLIKACIJA OD POSEBNOG INTERESA ZA NAUKU"

Jurnal is published four times a year

Subscription price for organization is 40 EURO, for
 foreign organization 80 EURO and individual
 subscribes 15 EURO

Štampa – Printed by

Štamparija "Birograf comp" doo Zemun, Atanasija Pulje 22, 11080 Zemun

Tiraž 100 primeraka



Časopis Naučnog društva za pogonske mašine, traktore i održavanje

Journal of Scientific Society of Power Machines, Tractors and Maintenance

TRAKTORI I POGONSKE MAŠINE

1/2

UDK 631.372

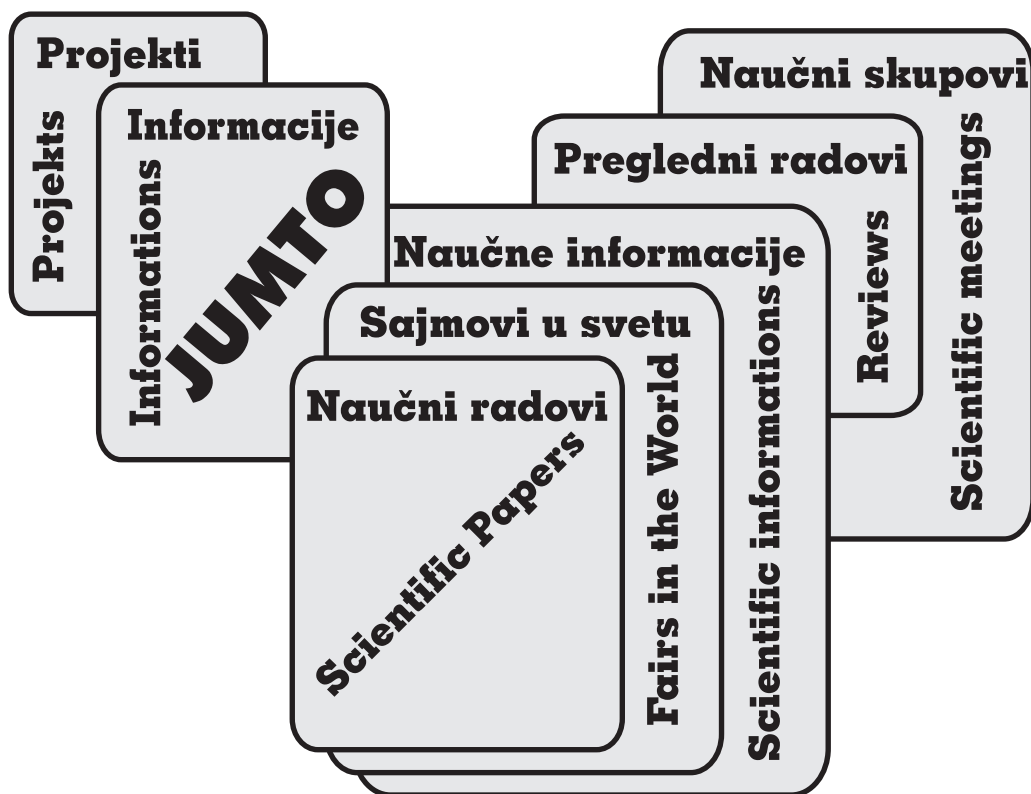
ISSN 0354-9496

Godina 30

Dec. 2025.

TRACTORS AND POWER MACHINES

SADRŽAJ - CONTENTS



Novi Sad, Srbija

**Časopis Traktori i pogonske
mašine broj 1/2 posvećen je
XXXII-om naučnom skupu
“Pravci razvoja traktora i
obnovljivih izvora energije”**

**The journal Tractors and power
machines number 1/2 is devoted to
XXXII scientific meeting
“Development of tractors and
renewable energy resources”**

JUMTO 2025

Programski odbor

- ☐ Prof. dr Lazar Savin, predsednik
- ☐ Prof. dr Ratko Nikolić
- ☐ Prof. dr Mirko Simikić
- ☐ Prof. dr Ivan Klinar

Program board

- ☐ Prof. dr Dragan Ružić
- ☐ Prof. dr Radojka Gligorić, sekretar
- ☐ Prof. dr Milan Tomić
- ☐ Dipl. inž. Milan Samardžija
- ☐ Prof. dr Zdenko Tkač

Pokrovitelji skupa

- ☐ Ministarstvo prosvete, nauke i tehnološkog razvoja Republike Srbije
- ☐ Pokrajinski sekretarijat za visoko obrazovanje i naučnoistraživačku delatnost
- ☐ Pokrajinski sekretarijat za poljoprivredu, vodoprivredu i šumarstvo AP Vojvodine

Godparent of meeting

Organizatori skupa

- ☐ Naučno društvo za pogonske mašine, traktore i održavanje

Organizers of meeting

JUMTO – Novi Sad

- ☐ Poljoprivredni fakultet, Departman za poljoprivrednu tehniku, Novi Sad
- ☐ Društvo za razvoj i korišćenje biogoriva – BIGO, Novi Sad
- ☐ Agencija za bezbednost saobraćaja, Beograd

Mesto održavanja

Place of meeting

Poljoprivredni fakultet, Novi Sad, 28.11.2025.

Štampanje ove publikacije pomoglo je:

Ministarstvo prosvete, nauke i tehnološkog razvoja Republike Srbije

SADRŽAJ – CONTENTS

Čatić D., Čatić V.

RELIABILITY MODELING OF THE BRAKE DRUM IN AUTOMOTIVE BRAKING SYSTEMS	5
---	----------

Stojanović N., Grujić I., Bošković B., Đurić Ž.

THE DETERMINATION OF THE DISCOMFORT DURING THE CLIMBING OF OPERATOR ON THE COMBINE HARVESTER	13
---	-----------

Lukić J., Glišović J., Miloradović D.

EFFECTS OF MASKING OF FORE-AND-AFT VIBRATION ON TRACTOR RIDE COMFORT	21
---	-----------

Krstić V., Mićović A., Krstić B., Stanić J.

ODREDJIVANJE KARAKTERISTIKA KVALITETA POGONSKOG AGREGATA MOTORNOG VOZILA	
DETERMINATION OF THE QUALITY CHARACTERISTICS OF THE POWER UNIT OF A MOTOR VEHICLE	29

Krstić V., Mićović A., Krstić B., Stanić J.

UZROCI I MANIFESTACIJE OTKAZA VENTILA MOTORA SA UNUTRAŠNjim SAGOREVANJEM I NAČINI NJIHOVOG OTKLANJANJA	
CAUSES AND MANIFESTATIONS OF INTERNAL COMBUSTION ENGINE FAILURES AND METHODS OF REMEDY	36

Spajić B., Petrović P., Stjelja Ivana

POSTUPCI ZA OCENJIVANJE USAGLAŠENOSTI RADNIH MAŠINA POLJOPRIVREDNIH I ŠUMSKIH TRAKTORA SA TEHNIČKIM ZAHTEVIMA I PRAVNIM OKVIROM	
PROCEDURES FOR ASSESSING THE COMPLIANCE OF WORKING MACHINES OF AGRICULTURAL AND FORESTRY TRACTORS WITH THE TECHNICAL REQUIREMENTS AND LEGAL STATUS	44

Šušteršič V., Aleksić N., Jurišević N., Rakić N., Josijević M.

BEZBEDNO KORIŠĆENJE OTPADNIH VODA U POLJOPRIVREDI	
ENSURING THE SAFE REUSE OF WASTEWATER IN AGRICULTURE	52

SADRŽAJ VOL. 29

CONTENS VOL. 29	60
------------------------	-----------

BEZBEDNO KORIŠĆENJE OTPADNIH VODA U POLJOPRIVREDI

ENSURING THE SAFE REUSE OF WASTEWATER IN AGRICULTURE

Šušteršič, V.¹, Aleksić N.², Jurišević N.³, Rakić N.⁴, Josijević M.⁵

REZIME

Korišćenje otpadnih voda u poljoprivredi postaje sve češća pojava, prvenstveno zbog nestašice vode i rasta broja stanovnika. Ubrzani razvoj gradskih i seoskih sredina, u kombinaciji sa rastućom potrebom za pitkom vodom, dovelo je do iscrpljivanja tradicionalnih vodnih resursa. Kao rezultat toga otpadne vode se sve češće koriste za navodnjavanje. Upotreba otpadnih voda za navodnjavanje u poljoprivredi često se smatra pozitivnom metodom reciklaže vode zbog potencijalno velikih količina vode koje se mogu iskoristiti, kao i iskorišćenja hranljivih materija. Međutim, da bi se otpadne vode mogle ponovo da koriste u poljoprivredi, prvo se mora izvršiti njeno prečišćavanje uz redovno praćenje prisustva zagađujućih materija. U ovom radu analizirani su osnovni procesi prečišćavanja otpadnih voda, kao i metode navodnjavanja otpadnom vodom u poljoprivredi.

Ključne reči: poljoprivreda, otpadna voda, korišćenje/ponovna upotreba

SUMMARY

The use of wastewater in agriculture is becoming increasingly common, primarily due to water scarcity and population growth. The rapid development of urban and rural areas, combined with the growing demand for drinking water, has led to the serious depletion of traditional water resources. As a result, wastewater is being used more frequently for irrigation. Utilizing wastewater for agricultural irrigation is often viewed as a positive method of water recycling not only because of the potentially large volumes of water available, but also due to the

¹ Dr Vanja Šušteršič, red. prof., Fakultet inženjerskih nauka Univerziteta u Kragujevcu, Sestre Janjić 6, 34000 Kragujevac, vanjas@kg.ac.rs

² Natalija Aleksić, istraživač saradnik, Fakultet inženjerskih nauka Univerziteta u Kragujevcu, Sestre Janjić 6, 34000 Kragujevac, natalija.aleksic@kg.ac.rs

³ Nebojša Jurišević, naučni saradnik, Fakultet inženjerskih nauka Univerziteta u Kragujevcu, Sestre Janjić 6, 34000 Kragujevac, jurisevic@kg.ac.rs

⁴ Nikola Rakić, naučni saradnik, Fakultet inženjerskih nauka Univerziteta u Kragujevcu, Sestre Janjić 6, 34000 Kragujevac, nikola.rakic@kg.ac.rs

⁵ Mladen Josijević, vanredni prof., Fakultet inženjerskih nauka Univerziteta u Kragujevcu, Sestre Janjić 6, 34000 Kragujevac, mladenjosijevic@gmail.com

presence of nutrients. However, to reuse wastewater safely in agriculture, it must first be properly treated, with regular monitoring of the pollutants levels. This paper analyzes the fundamental processes of wastewater treatment, as well as the methods used for wastewater irrigation in agriculture.

Key words: agriculture, wastewater, use/reuse

UVOD

U mnogim delovima sveta, a posebno u urbanim i prigradskim područjima gde postoji velika potreba stanovnika za vodom, moguće je otpadne vode koristiti u poljoprivredne svrhe. Zagađena voda predstavlja globalni problem kako u razvijenim, tako i u zemljama u razvoju. Nestašica vode uzrokovana je ne samo fizičkim nedostatkom resursa, već i progresivnim pogoršavanjem kvaliteta vode u mnogim zemljama, što uslovljava smanjenje količine vode koja je bezbedna za upotrebu. Ljudski faktor, industrija i poljoprivreda su tri glavna izvora koja zagađuju vode [1]. Na globalnom nivou, 80% komunalnih otpadnih voda se ispušta u vodotokove, a da se pre ispuštanja u vodotoke voda ne tretira [2].

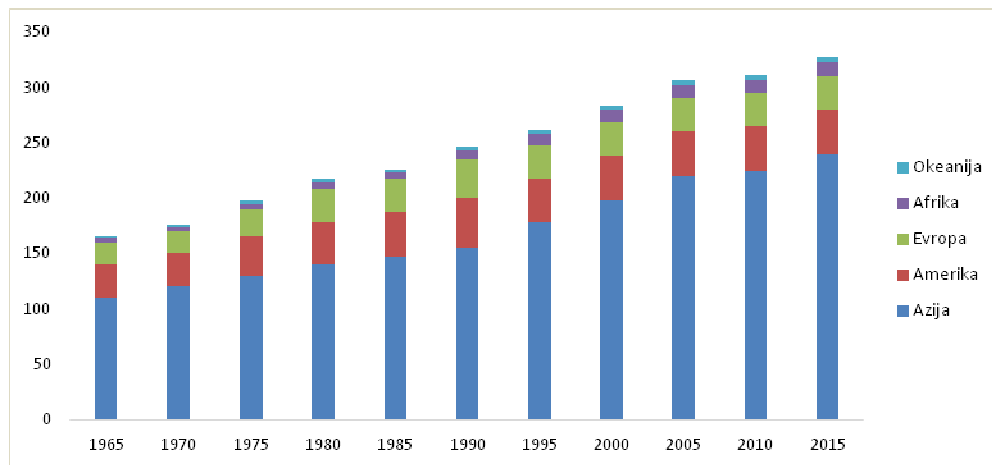
Poljoprivreda igra veliku ulogu u zagađenju voda. Međutim, zbog svoje velike energetske vrednosti otpadne vode iz naselja koja se nalaze blizu poljoprivrednog zemljišta kao i iz prehrambene proizvodnje mogu se koristiti za navodnjavanje poljoprivrednih kultura ukoliko ne sadrže zagađujuće materije. One se, pre upotrebe, prečišćavaju odgovarajućim procesima i, ukoliko je potrebno, razblažuju. Na taj način zemljište dobija i vodu i hranjive materije potrebne za uzgoj poljoprivrednih kultura. Takva primena prečišćene otpadne vode iziskuje stalno praćenje osnovnih karakteristika zemljišta, naročito nakon dužeg korišćenja pomenutih voda. Dok neke zemlje koriste otpadne vode u poljoprivredi primenjujući prakse i smernice koje prate nacionalne i međunarodne propise i bezbednosne standarde, u mnogim drugim zemljama, posebno u zemljama u razvoju, korišćenje otpadnih voda je neregulisano, ali uobičajena praksa, što može dovesti do pogoršanja zdravstvenih rizika [3].

Nitrati iz poljoprivrede su najčešći hemijski zagađivači u podzemnim vodama. U Evropskoj uniji 38% vodotokova se nalazi pod uticajem poljoprivrednog zagađenja. U Sjedinjenim Američkim Državama poljoprivreda je glavni izvor zagađenja reka i potoka, drugi glavni izvor zagađenja u močvarama i treći glavni izvor u jezerima. U Kini je poljoprivreda odgovorna za veliki udeo zagađenja površinskih voda.

Područja koja se navodnjavaju su se poslednjih decenija više nego udvostručila (sa 139 miliona hektara 1961. godine do 330 miliona hektara u 2024. godini). Iako je teško tačno utvrditi, ukupan broj stoke se više nego utrostručio (sa 7,3 milijardi jedinica u 1970. godini na čak 24,2 milijarde jedinica 2011.), [4]. Poljoprivredni sistemi su se širili kao odgovor na sve veću potražnju za hranom. Svetsko stanovništvo se udvostručilo u periodu od 1970. godine, dok se proizvodnja žitarica skoro utrostručila, a proizvodnja povrća je povećana za četiri puta. Ovo povećanje proizvodnje postignuto je proširenjem poljoprivrednog zemljišta, uvođenjem novih sorti useva, intenzivnijim korišćenjem agrohemijskih i agrotehnologija. Veliki broj zemalja širom sveta sve više pribegava postupku suzbijanja štetočina koji je zasnovan na upotrebi sintetičkih pesticida. Ponovna upotreba prečišćenih otpadnih voda u poljoprivredi čini 70% ukupne potrošnje vode u poljoprivredi.

Na slici 1 prikazana je „površina opremljena za navodnjavanje“ koja se odnosi na ukupnu površinu zemljišta koja ima infrastrukturu i opremu za navodnjavanje, bez obzira na to da li se ona zapravo navodnjava u datom trenutku. Ovo uključuje područja sa potpuno ili delimično kontrolisanim sistemima za navodnjavanje, kao i područja opremljena za poplavno

navodnjavanje. Azija čini najveći udeo ove oblasti, sa oko 68% ukupne površine, dok slede Amerika, Evropa, Afrika i Okeanija sa 17%, 9%, 5% i 1% respektivno [5].



Sl. 1. Ukupna površina namenjena za navodnjavanje (milion ha, 1961-2015) [2]

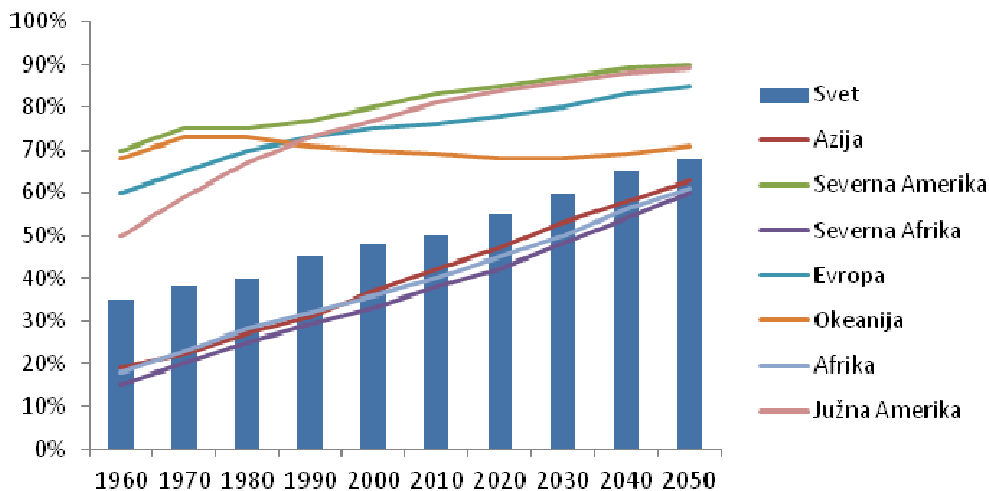
Fig. 1. Total area equipped for irrigation (million ha, 1961-2015) [2]

Kada govorimo o situaciji u našoj zemlji voda se uglavnom crpi iz vodotoka (89,8%), dok su ostale količine zahvaćene iz podzemnih voda, jezera i akumulacija i iz javne vodovodne mreže. Od ukupne navodnjavane površine, 91% je navodnjavano raspršivanjem, 8,8% kap po kap, a samo 0,2% površinskim navodnjavanjem. Tokom 2024. godine, u Republici Srbiji, navodnjavano je 48 668 hektara poljoprivrednog zemljišta, što je za 2,3% više nego u prethodnoj godini. Od ukupne navodnjavane površine, oranice i bašte činile su 93,5% navodnjavane površine, zatim slede voćnjaci (udeo od 5,9%) i ostalo poljoprivredno zemljište (udeo od 0,6%) [6,7].

URBANIZACIJA I POTROŠNJA VODE

Prvi put je 2008. godine zabeleženo da je više ljudi živelo u urbanim nego u ruralnim područjima. Prema podacima UN, samo 734,5 miliona ljudi (30% svetske populacije) bili su urbani stanovnici 1950. godine, dok je 2024. godine 4,7 milijardi ljudi (57%) živelo u urbanim sredinama, naseljavajući oko 3% kopnene mase, dok se očekuje da će do 2050. godine 6,7 milijarde ljudi (68% populacije) živeti u urbanim područjima (slika 2), [8]. Sa slike se jasno može videti opšti uzlazni trend od 1960. godine do sredine ovog veka. Postojeći gradovi brzo su se širili dok su u međuvremenu nastajali novi, posebno u Aziji i u zemljama sa niskim i srednjim prihodima. Sredinom prošlog veka, tačnije 1950. godine, samo dva grada, Njujork i Tokio, imali su preko 10 miliona stanovnika, 2000. godina 22 grada su imala između 5 i 10 miliona stanovnika, a 402 grada naseljavalo je između 1-5 miliona stanovnika. Istraživanja pokazuju da će se ovaj trend urbanizacije nastaviti i u budućnosti. Predviđa se da će globalna populacija do 2050. godine dostići 9,8 milijardi stanovnika. Očekuje se da će se najveći rast stanovništva dogoditi u urbanim i prigradskim područjima u zemljama u razvoju. Na primer, svi regioni u razvoju, uključujući Afriku i Aziju, koji su i dalje uglavnom ruralni, urbanizovaće se brže od ostalih regiona u narednim decenijama [7]. Rast broja stanovnika na planeti zahteva i raznovrsniju količinu hrane. Ovo podstiče ekspanziju poljoprivrede i donosi nove spoljne

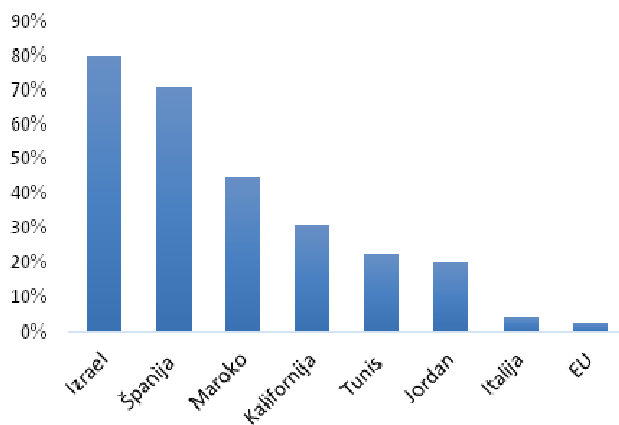
uticaje na životnu sredinu, uključujući uticaje i na kvalitet vode.



Sl. 2. Udeo svetskog stanovništva koje živi u urbanim područjima u periodu od 1960 god.–2050. god [8]

Fig. 2. Proportion of the world's population living in urban areas, 1960–2050 [8]

Urbani centri u zemljama sa niskim prihodima suočavaju sa brojnim izazovima kao što su neadekvatna infrastruktura, nedostatak osnovnih usluga kao što su voda, opremljenost kanalizacione mreže, pogoršanje životne sredine uzrokovano zagađenjem, itd. Brza urbanizacija i korišćenje prirodnih resursa kako bi se zadovoljili zahtevi stanovništva stavlja ogroman pritisak na vodne resurse i ekosisteme u celosti. Glavni izvori vode u urbanim područjima su površinske vode, kišnica i podzemne vode u gradu ili u njegovoj blizini. Ovi izvori vode moraju se očuvati i pravilno koristiti kako bi se osigurala dugoročna održivost.



Sl. 3. Procenat iskorišćenja otpadnih voda u poljoprivredi u nekim od zemalja

Fig. 3. Percentage of wastewater utilization in agriculture in some countries

Otpadne vode sve više se koriste za potrebe navodnjavanja u poljoprivredi, kako u zemljama u razvoju, tako i u industrijski razvijenim zemljama širom sveta (slika 3). U gusto naseljenim regionima gde se proizvodi sve veća količina otpadnih voda, nedovoljna finansijska sredstva ograničavaju pravilno upravljanje otpadnim vodama, kako pri prikupljanju i prečišćavanju,

tako i pri korišćenju otpadnih voda što predstavlja veliki problem usled ubzane urbanizacije.

Ujedinjene nacije (UN) se zalažu za ponovnu upotrebu otpadnih voda kako bi se ispunili ciljevi održivog razvoja. Cilj 6 (COR 6) dešiniše neophodnost da se obezbedi dostupnost i održivo upravljanje vodom i sanitacijom za sve do 2030. godine. Dva indikatora održivog razvoja su prepoznata kao ključna u okviru cilja 6: indikator 6.2.1a - bezbedno upravljanje sanitarnim uslugama i indikator 6.3.1 - bezbedno tretirane otpadne vode iz domaćinstava. Dosadašnjim tempom, napredak ka svim ciljevima COR 6 je u zaostatku, a u nekim oblastima stopa sprovođenja se mora višestruko povećati.

PREDNOSTI I RIZICI KORIŠĆENJA OTPADNIH VODA U POLJOPRIVREDI

Navodnjavanje useva je jedan od najčešće korišćenih načina za ponovnu upotrebu prečišćene otpadne vode. Istorija korišćenja prečišćenih otpadnih voda za navodnjavanje useva seže do daleko u prošlost. Voda koja se ponovo koristi u poljoprivredi može se povratiti indirektno zahvatanjem vode iz reke koja sadrži efluent iz postrojenja za prečišćavanje otpadnih voda ili direktno, obično lokalno, iz efluenta postrojenja za prečišćavanje otpadnih voda. Takođe, prečišćene otpadne vode se u velikoj meri koriste, posebno u sušnim i polusušnim regionima, za navodnjavanje urbanih uređenih područja kao što su parkovi, bašte i sportski tereni, kao i za čišćenje ulica [9].

Prednost upotrebe postojenja za prečišćavanje otpadnih voda u poljoprivredi je da se prečišćene otpadne vode kao čiste vrate u životnu sredinu čime se pospešuje očuvanje kvaliteta vodnih resursa. Recikliranje vode se pokazalo kao veoma efikasno i uspešno, pri čemu se mora voditi računa da se ne ugrožava javno zdravlje ljudi. Prečišćavanjem otpadnih voda može se povećati proizvodnja hrane kao i prihod, a time i povećati i kvalitet života, posebno u siromašnijim zemljama. Upotreba otpadnih voda je široko rasprostranjena i predstavlja oko 10% ukupne navodnjavane površine širom sveta. Korišćenjem prečišćene otpadne vode pospešuje se ušteda slatke vode. Ponovno korišćenje prečišćenih otpadnih voda u domaćinstvima za poljoprivredne svrhe se sve više smatra korisnim za biljnu proizvodnju zbog svog značajnog izvora hranljivih materija za biljke koje mogu pomoći u smanjenju korišćenja komercijalnih đubriva.

Rizici pri ponovnoj upotrebi otpadnih voda povezani su sa prisustvom patogenih jedinjenja koja se nalaze u otpadnim vodama, kao i rizici koji se mogu javiti usled njihove dugotrajne upotrebe. Grupe koje mogu biti u opasnosti su:

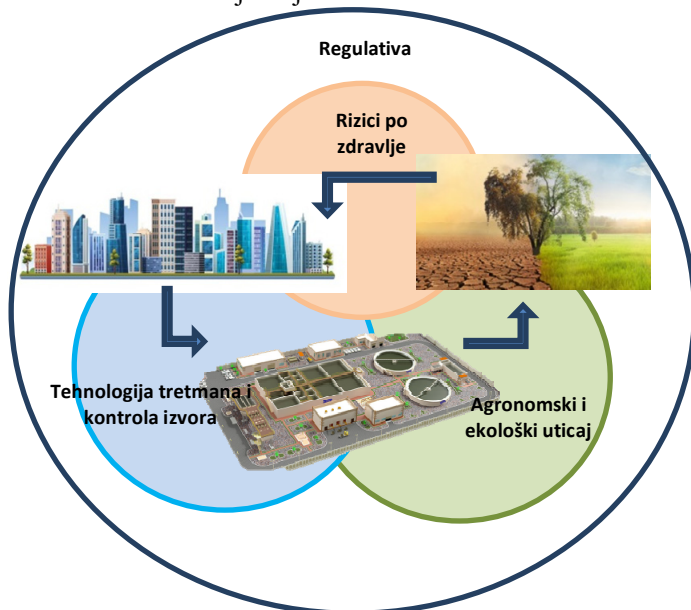
- ◆ poljoprivredni radnici i njihove porodice,
- ◆ korisnici useva,
- ◆ stanovništvo koje žive u blizini područja navodnjavanih otpadnim vodama, posebno deca i stariji.

Takođe, vrsta i obim rizika zavise od brojnih faktora kao što su: nivo tretmana, način na koji se otpadna voda koristi, vrste i koncentracije zagađujućih materija u otpadnoj vodi, nivo izloženosti ljudi, itd. [9].

Na zdravlje ljudi može uticati prisustvo patogena, hemikalija koje iritiraju kožu, pesticida koji se mogu naći u vodi. Otpadne vode sadrže veliki broj organskih jedinjenja, od kojih neka, u zavisnosti od vrste jedinjenja i koncentracije, imaju toksični efekat na čoveka. Pesticidi predstavljaju glavne zagađivače voda zbog njihove direktne primene na poljoprivrednim poljima.

Najčešći negativan uticaj navodnjavanja otpadnim vodama je povećanje sadržaja metala koje, u zavisnosti od nivoa, mogu, ali i ne moraju biti štetne. Metali su pričvršćeni za tlo sa pH od 6,5–8,5 ili sa visokim sadržajem organskih materija. pH kanalizacije je uvek blago alkalna (7,2–7,6), pa ova vrednost, u kombinaciji sa alkalnošću zemljišta i otpadnih voda održava pH vrednost tla. Samo mali deo metala infiltrira se u donje slojeve, a mnogo manji još uvek ulazi u useve.

Obezbeđivanje bezbedne ponovne upotrebe otpadnih voda u poljoprivredi zahteva pažljiv tretman i upravljanje kako bi se ublažili potencijalni rizici po ljudsko zdravlje i životnu sredinu (slika 4). To podrazumeva primenu robusnih tehnologija prečišćavanja, uspostavljanje jasnih standarda kvaliteta vode i upravljanje potencijalnim rizicima povezanim sa upotrebom prečišćenih otpadnih voda za navodnjavanje.



Sl. 4. Uticaj na životnu sredinu, zdravlje i ekonomski benefiti
Fig. 4. Environmental, health and economic benefits

METODE NAVODNJAVANJA

Navodnjavanje otpadnim vodama se najčešće koristi za parkove, bašte, sportske terene. Kada se govori o primeni u poljoprivredi, otpadne vode je pre primene neophodno prečistiti. Zemljište se može koristiti u procesu terciarnog prečišćavanja otpadnih voda (vode koje su prečišćene u procesu sekundarnog prečišćavanja), prevashodno u cilju uklanjanja nutrijenata.

Postoje tri načina prirodnog prečišćavanja otpadnih voda i korišćenja u sistemima za navodnjavanje:

- ◆ navodnjavanje zemljišta otpadnom vodom,
- ◆ brza infiltracija otpadnih voda kroz zemljište i
- ◆ trščani filtri (veštačke močvare) [10].

Navodnjavanje je najčešće korišćen sistem, a smatra se najpouzdanijim i najboljim sistemom prečišćavanja otpadne vode zemljištem, odnosno daje najbolji kvalitet obrađene otpadne vode.

Obično se navodnjava obradivo zemljište na kome se gaje usevi i druge biljne kulture čijom se prodajom nadoknađuje deo troškova takvog sistema prečišćavanja. Izbor biljaka koje će se gajiti zavisi takođe od niza faktora: kapaciteta usvajanja azota, količine vode i tolerancije prema povećanoj vlazi zemljišta, otpornosti na zagađenje iz otpadnih voda. U tom pogledu pogodne su razne vrste trava.

Brza infiltracija je sistem prečišćavanja zemljištem koji se sastoji u periodičnom nalivanju otpadnom vodom plitkih kanala ili bazena iskopanih na zemljištu velike propustljivosti (peskovito i šljunkovito zemljište).

Veštačke močvare predstavljaju sistem prečišćavanja pri kome se blago nagnuto glatko zemljište male vodopropustljivosti, obraslo biljnim pokrivačem, na vrhu nagiba poliva sa otpadnom vodom koja u tankom sloju teče, preliva, niz nagib i sakuplja u podnožju. Izbor biljaka je od bitne važnosti u ovom sistemu jer značajno utiče na kapacitet i efikasnost prečišćavanja [10].

REGULATORNI OKVIRI ZA PRIMENU OTPADNIH VODA U POLJOPRIVREDI

Propise i smernice koji regulišu oblast primene otpadnih voda u poljoprivredi definišu nacionalne i međunarodne organizacije, na pr. Agencija za zaštitu životne sredine (EPA), Međunarodna organizacija za standardizaciju (ISO), Organizacija Ujedinjenih nacija za hranu i poljoprivredu (FAO), svetska zdravstvena organizacija (WHO), Evropska komisija, kao i zemlje pioniri u ponovnoj upotrebi vode (SAD, Kanada, Meksiko, Iran, Egipat, Tunis, Jordan, Izrael, Oman, Kina, Kuvajt, Saudijska Arabija, Australija, Francuska, Grčka, Portugal, Kipar, Španija i Italija) [11].

WHO je izdala tri smernice za ponovnu upotrebu vode 1973, 1989. i 2006. god. [10]. Glavni ciljevi Dokumenta iz 1973. bili su zaštita javnog zdravlja i smernice za bezbednu primenu otpadnih voda i izlučevina u poljoprivredi i akvakulturi. Međutim, dokument je imao minimalan pristup zdravstvenom riziku i nedostajale su mu epidemiološke studije. Kasnije 1989. god. WHO je ažurirala svoje prethodne smernice sprovođenjem kompletne analize epidemioloških studija, kao i procenom rizika i neophodnim informacijama za određivanje podnošljivih rizika društva. Konačne smernice WHO objavljene su 2006. godine, koje daju značajna poboljšanja u pogledu procene rizika, uključujući mikrobiološku analizu zasnovanu na informacijama prikupljenim o prisustvu patogena i upravljanju zdravstvenim rizicima [9, 11, 12].

FAO je izdala dve smernice za ponovnu upotrebu vode 1987. i 1999. godine. U verziji iz 1999., FAO deli primenu reciklirane vode u poljoprivredi u tri kategorije, uključujući navodnjavanje useva koji će verovatno biti konzumirani sirovi, sportskih terena i javnih parkova, zatim navodnjavanje žitarica, industrijskih useva, krmnog bilja, pašnjaka i drveća, i na kraju, lokalizovano navodnjavanje useva u drugoj kategoriji ako ne dođe do izloženosti radnika i javnosti [11].

Agencija za zaštitu životne sredine (EPA) je razvila četiri smernice za ponovnu upotrebu vode 1980, 1992, 2004. i 2012. godine, dok je Evropska komisija predložila Uredbu 2020/741 koja utvrđuje minimalne zahteve za bezbednu ponovnu upotrebu prečišćenih komunalnih otpadnih voda u poljoprivrednim navodnjavanjima. Cilj ove uredbe je podsticanje ponovne upotrebe vode, posebno u kontekstu rešavanja problema nestašice vode i promocije principa cirkularne ekonomije.

ZAKLJUČAK

Prečišćena otpadna voda koja se koristi za navodnjavanje predstavlja vredan resurs i značajnu opciju usled nedostatka zaliha sveže vode. Njena primena ima mnogo prednosti, ali i nedostataka. Analiza fizičko-hemijskih i mikrobioloških svojstava prečišćenih otpadnih voda koje se koriste za navodnjavanje u velikoj meri utiče na efikasnost. Ponovna upotreba otpadnih voda za navodnjavanje poljoprivrednog zemljišta predstavlja strategiju održivog razvoja i cirkularne ekonomije koja pomaže u rešavanju problema nestašice vode. Glavni izazovi u njenom korišćenju predstavljaju prelazak sa neformalne, neplanirane upotrebe neprečišćene ili delimično prečišćene otpadne vode na planiranu i bezbednu upotrebu.

Zbog svega ovoga neophodno je uspostaviti odgovarajuću regulativu i doneti neophodne propise koje daju smernice za ponovnu upotrebu voda. Za sada se Evropska unija odlučila da fokusira samo na poljoprivredni sektor kao sektor koji ima najveću potrošnju vode.

LITERATURA

- [1.] Carr R.M., Blumenthal U.J. and Duncan Mara D., Guidelines for the Safe Use of Wastewater in Agriculture: Revisiting WHO Guidelines, Water Science & Technology, Vol. 50, No 2, pp. 31-38, 2004
- [2.] Mateo-Sagasta J., Marjani Zadeh S., Turrall H. ed., More people, more food, worse water? A global review of water pollution from agriculture, FAO and IWMI, 2018.
- [3.] Liebe J., Ardakanian R. ed., Proceedings of the UN-Water project on the Safe Use of Wastewater in Agriculture, UNW-DPC, Germany, 2013.
- [4.] <https://www.fao.org/land-water/water/en/> (pristupljeno 13.08.2025)
- [5.] <https://www.unep.org/news-and-stories/story/10-things-you-should-know-about-industrial-farming> (pristupljeno 13.08.2025)
- [6.] Petrović M., Petrović P., Monitoring stanja površinskih i otpadnih voda iz i za poljoprivrednu proizvodnju, Traktori i pogonske mašine, Vol.25, No 3-4, str. 83-89, 2020.
- [7.] <https://www.stat.gov.rs/> (pristupljeno 13.08.2025)
- [8.] <https://ourworldindata.org/urbanization> (pristupljeno 13.08.2025)
- [9.] Leovac Mačerać A., Upotreba prečišćene otpadne vode: rizici i mogućnosti, Water Workshop, Novi Sad, 2023 (dostupno na: www.waterworkshop.pmf.uns.ac.rs/dokumenti/2023/24_Leovac%20Mačerać_Upotreba%20prečišćene%20otpadne%20vode_rizici%20i%20mogućnosti_SWSForum.pdf)
- [10.] Nikolić D., Skerlić J., Šušteršić V., Sistemi za prečišćavanje otpadnih voda u velikim i malim naseljima, Vodoprivreda, Vol. 44, No. 258-260, pp. 247-255, 2012.
- [11.] Shoushtarian F., Negahban-Azar M., Worldwide Regulations and Guidelines for Agricultural Water Reuse: A Critical Review, Water, 12, 971, 2020.
- [12.] WHO, Guidelines for the safe use of wastewater, excreta and greywater, volume 2, Wastewater use in agriculture, 2006.

Rad primljen: 24.09.2025.

Rad prihvaćen: 21.10.2025.