

# Korištenje vode iz HEP postrojenja u navodnjavanju poljoprivrednih kultura

---

Lončarević, Iva

Master's thesis / Diplomski rad

2021

*Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj:*

**Josip Juraj Strossmayer University of Osijek, Faculty of Agrobiotechnical Sciences Osijek /  
Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku, Fakultet agrobiotehničkih znanosti Osijek**

*Permanent link / Trajna poveznica:* <https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:151:147529>

*Rights / Prava:* [In copyright](#)/[Zaštićeno autorskim pravom.](#)

*Download date / Datum preuzimanja:* **2024-11-26**



Sveučilište Josipa Jurja  
Strossmayera u Osijeku

**Fakultet  
agrobiotehničkih  
znanosti Osijek**

*Repository / Repozitorij:*

[Repository of the Faculty of Agrobiotechnical  
Sciences Osijek - Repository of the Faculty of  
Agrobiotechnical Sciences Osijek](#)



SVEUČILIŠTE JOSIPA JURJA STROSSMAYERA U OSIJEKU

**FAKULTET AGROBIOTEHNIČKIH ZNANOSTI OSIJEK**

Iva Lončarević

Sveučilišni diplomski studij Ekološka poljoprivreda

**KORIŠTENJE VODE IZ HEP POSTROJENJA U NAVODNJAVANJU  
POLJOPRIVREDNIH KULTURA**

Diplomski rad

Osijek, 2021.

**SVEUČILIŠTE JOSIPA JURJA STROSSMAYERA U OSIJEKU**  
**FAKULTET AGROBIOTEHNIČKIH ZNANOSTI OSIJEK**

Iva Lončarević

Sveučilišni diplomski studij Ekološka poljoprivreda

**KORIŠTENJE VODE IZ HEP POSTROJENJA U NAVODNJAVANJU**  
**POLJOPRIVREDNIH KULTURA**

Diplomski rad

Osijek, 2021.

SVEUČILIŠTE JOSIPA JURJA STROSSMAYERA U OSIJEKU  
FAKULTET AGROBIOTEHNIČKIH ZNANOSTI OSIJEK

Iva Lončarević

Sveučilišni diplomski studij Ekološka poljoprivreda

**KORIŠTENJE VODE IZ HEP POSTROJENJA U NAVODNJAVANJU  
POLJOPRIVREDNIH KULTURA**

Diplomski rad

Povjerenstvo za ocjenu i obranu diplomskog rada:

1. doc. dr. sc. Monika Marković, predsjednik
2. izv.prof.dr.sc Brigita Popović, mentor
3. doc. dr. sc. Vladimir Zebec, član
4. izv. prof. dr. sc. Vesna Rastija, zamjenski član

Osijek, 2021.

## SADRŽAJ

|  |    |
|--|----|
| 1. UVOD .....  | 1  |
| 1.1. Navodnjavanje .....   | 3  |
| 1.1.1. Izvori vode za navodnjavanje.....   | 4  |
| 2. NAVODNJAVANJE U SVIJETU .....   | 7  |
| 3. NAVODNJAVANJE U RH.....   | 11 |
| 4. SUVREMENE METODE OBRADNE OTPADNIH VODA ZA KORIŠTENJE U<br>POLJOPRIVREDI ..... | 13 |
| a. Tehnologije pročišćavanja otpadnih voda .....                                 | 15 |
| b. Prirodni načini pročišćavanja otpadnih voda .....                             | 16 |
| 5. UPOTREBA PROČIŠĆENE OTPADNE VODE ZA NAVODNJAVANJE U SVIJETU .                 | 20 |
| 6. HEP PROIZVODNJA .....   | 23 |
| 6.1. Perspektiva i potencijal iskorištenja vode iz HEP postrojenja .....         | 24 |
| 7. PROBLEMATIKA KORIŠTENJA OTPADNIH VODA TE UTJECAJ NA OKOLIŠ ..                 | 27 |
| 8. PREPORUKA ZAŠTITE OKOLIŠA .....   | 31 |
| 9. PREDVIĐANJA ZA BUDUĆNOST .....  | 33 |
| 10. ZAKLJUČAK .....  | 34 |
| 11. POPIS LITERATURE .....   | 35 |
| 12. SAŽETAK.....   | 43 |
| 13. SUMMARY .....  | 44 |
| 14. POPIS SLIKA .....  | 45 |
| 15. POPIS TABLICA.....   | 46 |

TEMELJNA DOKUMENTACIJSKA KARTICA

BASIC DOCUMENTATION CARD

## 1. UVOD

Poljoprivreda je jedna od najvećih grana biotehničkih znanosti te je značajan potrošač vode. U svijetu postoji velika potreba za navodnjavanjem poljoprivrednih površina. Danas su vode najznačajniji globalni resurs sa još uvijek nedostatno iskorištenim potencijalima u proizvodnji hrane. Ograničene kiše i nedostatak vode imaju važan utjecaj na dostupnost i sigurnost hrane u svijetu. Voda je iscrpljiv resurs te je važno održivo korištenje voda, u budućnosti se očekuje da će klimatske promjene pojačati potrebe za navodnjavanjem i nestašicom vode, uzrokuje dodatni teret na korištenje vode i zemljišta. Voda i energija ključni su prirodni resursi koji održavaju suvremenu civilizaciju. Kao jedan od najcjenjenijih resursa na planetu, slatka voda važan je element za održavanje života koji se ne može nadomjestiti ( Koehler, 2008. ). Prema podacima Europske komisije ukupna upotreba vode u poljoprivreda zauzima više od 50%. U svijetu se navodnjava oko 18% obradivih površina i na tim površinama se proizvodi oko 40% ukupne hrane (Hofwegen i Svendsen., 2000.) dok Europa navodnjava 13% poljoprivrednih površina (Tomić i sur., 2013.). Prema Strategiji o upravljanju vodama (2008.) voda se može smatrati jedinstvenim i nezamjenjivim prirodnim resursom ograničenih količina i neravnomjerne prostorne i vremenske raspodjele. Povezanost s važnosti vode može se uočiti od evolucijskog napretka živih organizama, pa sve do sociološko-kulturnih ljudskih aktivnosti kroz povijest. Danas je sve veća potreba za vodom zbog faktora rasta stanovništva, urbanizacije, globalizacije, međutim danas postoji velika mogućnost od ugrožavanja vodnih resursa i ekosustava. Voda može biti ograničeni faktor razvoja ali i prijetnja zdravlju i održivosti ekosustava.

Bitno je stvoriti balans te osmisliti politiku te strategiju eksploatiranja, uređenja te zaštite vodnih resursa. Hrvatska se ubraja u skupinu vodom razmjerno bogatih zemlja u kojoj problemi s vodom i oko vode još nisu zaoštreni te vodni resursi zasad nisu ograničavajući faktor razvoja ( Strategija upravljanja vodama, NN 91/2008.).

Republika Hrvatska ima velike prirodne potencijale; plodna tla i velika vodna bogatstva te agroklimatske prednosti (Šimunić i sur., 2006.). Unatoč tome, još uvijek nisu dovoljno iskorišteni (Ondrašek, 2015.). Temeljem studije koju su u izradili znanstvenici američkih sveučilišta Yale i Columbia u koju su bile uključene 142 zemlje, Hrvatska se po očuvanju okoliša nalazi na odličnom 12 mjestu (Sinković, 2002).

Naime, Hrvatska je po svom zemljopisnom položaju, klimatskim značajkama te reljefnim i pedološkim prilikama vrlo raznolika. Područje Republike Hrvatske podijeljeno je u tri osnovne poljoprivredne regije: panonsku s četiri, planinsku s dvije te jadransku s tri podregije (Bašić i dr., 2001.).

Prema Nacionalnom projektu navodnjavanja i gospodarenja poljoprivrednim zemljištem i vodama u RH (2005.) navodnjavaju male površine u odnosu na potrebe i potencijal. Bogati vodni resursi te plodna tla se ne koriste se dovoljno. Slabi su i oscilirajući prinosi povrćarskih, voćarskih i ratarskih kultura. Prema Šimunić i sur. (2006.) prirodni faktori o kojima ovisi navodnjavanje su klima, tlo i voda. Republika Hrvatska raspolaže s oko 2.100.000 ha obradivog poljoprivrednog zemljišta, od toga je 244.000 ha pogodno za navodnjavanje i 500.000 ha je s manjim ograničenjima (Tomić at al., 1993.) i raspolaže s količinom od 35.000 m<sup>3</sup> obnovljive vode godišnje po stanovniku (Kos, 2004.).

Prema tome, RH ima dovoljne zalihe prirodne vode, iako je u pojedinim regijama nema dovoljno. Kod nas većinom se iracionalno koriste raspoloživi vodni resursi koji se sve više onečišćavaju (WHO, 2000.). Prema procjeni Hrvatska ima relevantne uvjete za izgradnju sustava za navodnjavanje na 680 000 ha (Tomić, Marušić, 1994.), unatoč tome navodnjavanje zahtijeva provjeru zalihe voda u tlu te kapaciteta tla za vodu (Gerakis i Zalidis, 1998.). Sukladno tome, važno je voditi računa o tlu te o održivom načinu iskorištavanja kako bi u netaknutom obliku tlo ostalo budućim generacijama (Tomić i Bašić, 2011.)

Važnost održivog razvoja zadovoljava potrebe današnjice, a da pritom ne narušava potrebe budućih generacija, nesumnjivo ostvarujući ravnotežu temeljnih potreba za poticanjem razvoja gospodarskih, društvenih i ekoloških aspekata, uključujući očuvanje nacionalnih prirodnih resursa (Mintoš Svoboda, 2008.). Prema tome, potrebno je konstantno harmoniziranje između proizvodnje, potrošnje i razgradnje (Benović, 2007.). Danas je izuzetno važno osiguranje pitke, čiste vode te je upravo to glavno pitanje na ekonomskoj, gospodarskoj i sigurnosnoj svjetskoj razini. Ovome problemu potrebno je posvetiti posebnu pažnju jer je cijela Zemlja prema tome i Hrvatska pojavljuju se u vrlo delikatnoj i znanstveno nedovoljno jasnoj situaciji zbog ograničenih vodnih resursa.

Cilj rada je definiranje važnosti sustava za navodnjavanje te nužnost održivog korištenja vodnih resursa, korištenje reciklirane vode te potencijalna primjena u poljoprivredi sa svrhom uštede vode.

## **1.1. Navodnjavanje**

Navodnjavanje je jedna od najvažnijih agrotehnička mjera u poljoprivrednoj proizvodnji koja je zbog klimatskih promjena potrebna dok se navodnjavanjem ostvaruju viši i sigurni prinosi. Melioracijska mjera kojom se nadoknađuju potrebne količine vode kada u vegetaciji nedostaje dovoljno vode u tlu za stabilan rast i razvoj uzgajanih kultura (Kantoci, 2012.). Navodnjavanjem u suvremenoj poljoprivrednoj proizvodnji može se ostvariti superiorniji uzgoj sa stabilnim visokim te kvalitetnim prinosima. Navodnjavanje poljoprivredne proizvodnje je poznata melioracijska mjera i praksa koju su koristile brojne kulture u prošlosti, međutim danas još uvijek predstavlja neizbježnu interdisciplinarnu mjeru koja omogućuje suvremeno intenzivno iskorištavanje poljoprivrednih površina.

Načini navodnjavanja mogu biti; podzemno, površinsko i kišenjem. Danas se najčešće koristi navodnjavanje kišenjem te lokalizirano navodnjavanje (kap po kap i mini rasprskivači) (Mađar, Šoštarić, 2009.).



### *1.1.1. Izvori vode za navodnjavanje*

Prema Strategiji upravljanja vodama (2009.) u Republici Hrvatskoj vode za navodnjavanje obuhvaćaju se iz jezera i rijeka, a rašireno je i prekomjerno korištenje podzemnih voda. Iako postoje adekvatne površine za navodnjavanje te bogat vodni resurs koji je prikazan u Tablici 1., izdan je mali broj koncesija za navodnjavanje.

Generalno, izvori vode za navodnjavanje mogu biti različiti.

Najčešće se primjenjuju;

- vode iz otvorenih vodotoka, jezera i izvora;
- podzemne vode;
- vode akumulirana u prirodnim i umjetnim akumulacijama.

Prema Šošćarić i Mađar (2009.) najbolja voda za navodnjavanje je kišnica, odnosno meka voda. Budući da u intenzivnoj poljoprivrednoj proizvodnji na velikim površinama količine, kišnice nisu dovoljne te je prijeko potrebno koristiti vodu iz otvorenih vodotoka ili kopanih bunara. Važno je da prije uporabe bilo koje vode potrebno je provesti kemijsku analizu vode te se analiza ponavlja i tijekom navodnjavanja u vegetaciji.

Prema priručniku za hidrotehničke melioracije (2007.) najbolja značajka vode za navodnjavanje je vodni režim. Prema tome se misli na promjenu protoka, brzina vode, dubina vode, riječne morfologije, pronosa nanosa, temperatura vode, kemijskog sastava vode i slično. Upravo svi navedeni čimbenici snažno utječu na kompletan ekosustav. Važno je izbjegavati šokove za biljke odnosno navodnjavanje neprikladnim temperaturama, za većinu usjeva najprikladnija temperatura je vegetacijskom razdoblju 25°C. Nepovoljna temperatura loše djeluje na razvoj biljaka te na usvajanje hraniva, ali i štetno djeluje na mikrobiološke procese tu tlu. Prema fizikalnim značajkama površinske vode bolje su za navodnjavanje od podzemnih jer su toplije. Ukoliko se koriste podzemne vode za navodnjavanje potrebno je graditi akumulacije za temperiranje, posebice ukoliko se navodnjava kišenjem.

Kako bismo ostvarili stabilne i prosječne prinose neophodno je u vegetacijskom razdoblju optimalna količina vode u tlu, prema tome tijekom vegetacije potrebno je stručno održavati optimalnu vlažnost, navodnjavanjem. U cilju poboljšanja izvođenja navodnjavanja preporučljivo je imati izvor vode s potrebnim količinama i zadovoljavajućom kakvoćom za navodnjavanje (Sekulić 1998.; Ayers i Westcot, 1985.).

Kakvoća vode za navodnjavanje u kontinentalnom dijelu, te u dijelu Primorja i Istre uglavnom zadovoljavaju standarde. Međutim, u Kvarnerskom i Primorskom području, te posebno u Dalmaciji te otocima vode koje se upotrebljavaju za navodnjavanje u nekim su slučajevima zaslanjene i alkalizirane. Potencijalni resurs vode za navodnjavanje može biti i voda zaslanjenih izvora te morska voda izložena tehnologijom desalinizacije. Desalinizacija je proces eliminiranja soli i drugih minerala iz vode destilacijom ili reverznom osmoze. Ovim procesom dobiva se voda za upotrebu u širokoj potrošnji te konzumaciju ali i voda za navodnjavanje. Međutim još uvijek je vrlo skupa s obzirom na izvore slatke vode te potražuje zahtjevnu i skupu infrastrukturu te veliku potrošnju energije ( Jelić Mrčelić, 2007.). Danas u svijetu egzistira znatan broj klasifikacija za ocjenjivanje kvalitete vode za navodnjavanje. Hrvatska agronomska praksa upotrebljava klasifikaciju izdanu od FAO (1985.).

Važnost ocjene kvalitete vode za navodnjavanje poljoprivrednih površina ima primarni zadatak da procijenimo promjene koje će nastati aplikacijom vode u tlu uvidimo potencijalne posljedice na biljku i tlo. Prema priručniku za hidrotehničke melioracije (2007.) glavni parametri za korištenje voda za navodnjavanje povezani su s problemima zaslanjenosti, alkalitetom te toksičnosti nekih iona:

- alkalitet, biljci je umanjena dostupnost velikog broja biogenih elemenata , potencijalne promjene u strukturi tla zbog veće količine natrija time se veže i na infiltracijsku sposobnost te propusnost.
- toksičnost i teški metali, štetno djelovanje određenih iona iz tla ili pak vode koji se apsorbiraju u biljci do koncentracije koja izaziva oštećenje biljke i znatno umanjuje prinose.
- zaslanjenosti, povećanjem razine soli djeluje na razvoj biljke putem osmotskog pritiska što se povezuje sa ukupnom koncentracijom soli te se smanjuje količina pristupačne vode u tlu.

Kod korištenja pročišćenih otpadnih voda problem mogu biti i patogeni organizmi.

S kontinuiranim rastom stanovništva i ograničenim potencijalom za povećanje pogodnih obradivih površina, navodnjavanje postaje sve važnije sredstvo za osiguravanje dovoljne globalne opskrbe hranom u budućnosti (Wichelns i Oster , 2006).

| Indikator                             |                                      | Crnomorski sliv | Jadranski sliv | HRVATSKA  |
|---------------------------------------|--------------------------------------|-----------------|----------------|-----------|
| <b>Površina</b>                       | (km <sup>2</sup> )                   | 35 133          | 21 405         | 56 538    |
| <b>Stanovništvo</b>                   | (broj)                               | 3 045 829       | 1 391 631      | 4 437 460 |
| <b>Vode, ukupno</b>                   | (10 <sup>9</sup> m <sup>3</sup> /g.) | 128,38          | 27,94          | 156,32    |
| <b>Vodno bogatstvo, ukupno*</b>       | (10 <sup>9</sup> m <sup>3</sup> /g.) | 83,72           | 27,94          | 111,66    |
| <b>Vodno bogatstvo, po stanovniku</b> | (m <sup>3</sup> /g./st.)             | 27 487          | 20 077         | 25 163    |
| <b>Vlastite vode, ukupno</b>          | (10 <sup>9</sup> m <sup>3</sup> /g.) | 11,86           | 14,22          | 26,08     |
| <b>Vlastite vode, po stanovniku</b>   | (m <sup>3</sup> /g./st.)             | 3 894           | 10 218         | 5 877     |
| <b>Podzemne vode, ukupno</b>          | (10 <sup>9</sup> m <sup>3</sup> /g.) | 2,66            | 6,47           | 9,13      |
| <b>Podzemne vode, po stanovniku</b>   | (m <sup>3</sup> /g./st.)             | 873             | 4 649          | 2 057     |
| <b>Koeficijent neovisnosti**</b>      |                                      | 0,142           | 0,509          | 0,234     |
| <b>Koeficijent slobode***</b>         |                                      | 0,000           | 1,000          | 0,250     |

\* Uključeno 50% voda Dunava i Save nizvodno od ušća Une

\*\* Koeficijent neovisnosti - udio vlastitih voda u obnovljivim vodnim resursima

\*\*\* Koeficijent slobode djelovanja - udio voda koje izlaze u Jadransko more (ne otječu na teritorij drugih država)

deAktivirajte sus  
Idite u postavke de

Tablica 1. Temeljne značajke vodnog bogatstva Hrvatske (Izvor : Ožanić i sur. 2007.)

## 2. NAVODNJAVANJE U SVIJETU

Nedostatak vode jedan je od glavnih izazova 21. stoljeća. Danas su sveprisutni nezapamćeni pritisci i konkurencija za vodne resurse upravo zbog faktora rasta i mobilnosti stanovništva, ekonomskog razvoja, urbanizacije, promjenama u tradicionalnoj prehrani, migracijama i zagađenju. Food and Agriculture Organization (FAO) procjenjuje da je više od 40% svjetskog ruralnog stanovništva u riječnim slivovima klasificirano kao oskudno s vodom (2011.). Sredozemna područja pate od pojave intruzije morske vode u vodonosnike, slijeganja obale te onečišćenja vode kao i sve većim zahtjevima za vodom u poljoprivredi (Somot i dr., 2008., Füssel, 2012).

Zemlje na Bliskom Istoku, Sjevernoj Africi i Srednjoj Aziji su rangirane u sektoru kritičnog deficita vode. Situacija je sve ozbiljnija te se pogoršava značajnim učincima klimatskih promjena i zahtjevima za bioenergijom u svijetu. Navodnjavanje je značajan korisnik čiste vode na svijetu, s prosječno 70% - 90% eksploatacijom vode, posebice u visoko razvijenim zemljama (FAO,2010.).

Izrael se smatra zemljom s „apsolutnom“ nestašicom vode (<500 m<sup>3</sup> godišnje po stanovniku). Gospodarenje vodama u Izraelu karakteriziraju ograničeni izvori slatke vode, loša prirodna raspodjela tih resursa te raspoređena i rastuća populacija. Izrael je jedna od zemalja na svijetu koja je uložila impresivne napore i resurse kako bi se nosila s nestašicom vode. Tijekom godina Izrael je prikupio značajno znanje i razvio učinkovite strategije za poticanje produktivne poljoprivrede u kontekstu nedostatka vode. Putem nacionalnih programa o vodama utrošili su se napori u promicanje istraživanja navodnjavanja, učinkovitih tehnologija navodnjavanja, pomno praćenje povlačenja vode i obuku i tehničku pomoć poljoprivrednicima. Usprkos tome, Izrael je postao globalni lider u inovativnim industrijama vodne tehnologije (FAO, 2010.).

Izrael je uzor većini zemalja u učinkovitosti primjene navodnjavanja te korištenju podzemnih voda s relativno visokim koncentracijama soli i recikliranim komunalnim otpadnim vodama, a odnedavno i u korištenju velikih količina desaliniziranih morskih voda za prehranu ljudi i navodnjavanje (Yasuor i sur., 2020.).

Izrael je jedna od najgušće naseljenih zemalja na svijetu i karakteriziran je aridnim i semiaridnim klimatskim uvjetima. Glavna ograničenja zemlje uključuju: česte suše, dezertifikaciju poljoprivrednog zemljišta, brzu urbanizaciju, iscrpljivanje resursa: tehnološka nesigurnost i visoki troškovi nekonvencionalnih izvora, pogoršanje kvalitete vode i povećani

nedostatak vode. Među tim ograničenjima, nedostatak vode je primarni ograničavajući čimbenik u izraelskoj poljoprivredi, dok zemlja ovisi o navodnjavanju. Glavni izvor vode za poljoprivredu su sustavi navodnjavanja kap po kap. Navodnjavanje kap po kap ima najveću stopu učinkovitosti vode u poljoprivredi, dosežući stopu od 70 do 80%, u odnosu na druga navodnjavanja koja postižu 40%. Reciklirana upotreba vode, otpadne vode, dodavanje hranjivih sastojaka pomiješanih s vodom i desalinizacija nedavna su nova inovacija koja se koristi za rješavanje problema nedostatka vode u Izraelu (Megersa i Abdullahi, 2014.). Izrael ulaže u razvoj precizne tehnologije za poboljšanje usjeva, pametna rješenja za navodnjavanje. Nadalje, poljoprivredna površina u Izraelu iznosi je 428 000 ha., u 2005. obradiva površina pokrivala je 392 000 ha, od čega 317 000 ha jednogodišnjih usjeva i 75 000 ha trajnih nasada. Uglavnom se sve kulture navodnjavaju, međutim 65% usjeva je ovisno o količini padalina i njihovoj raspodjeli tijekom godine (pšenica). Visokim tehnološkim dostignućima i opremom Izraelska država navodnjava oko 11 000 ha usjeva pamuka (MARD, 2006.).

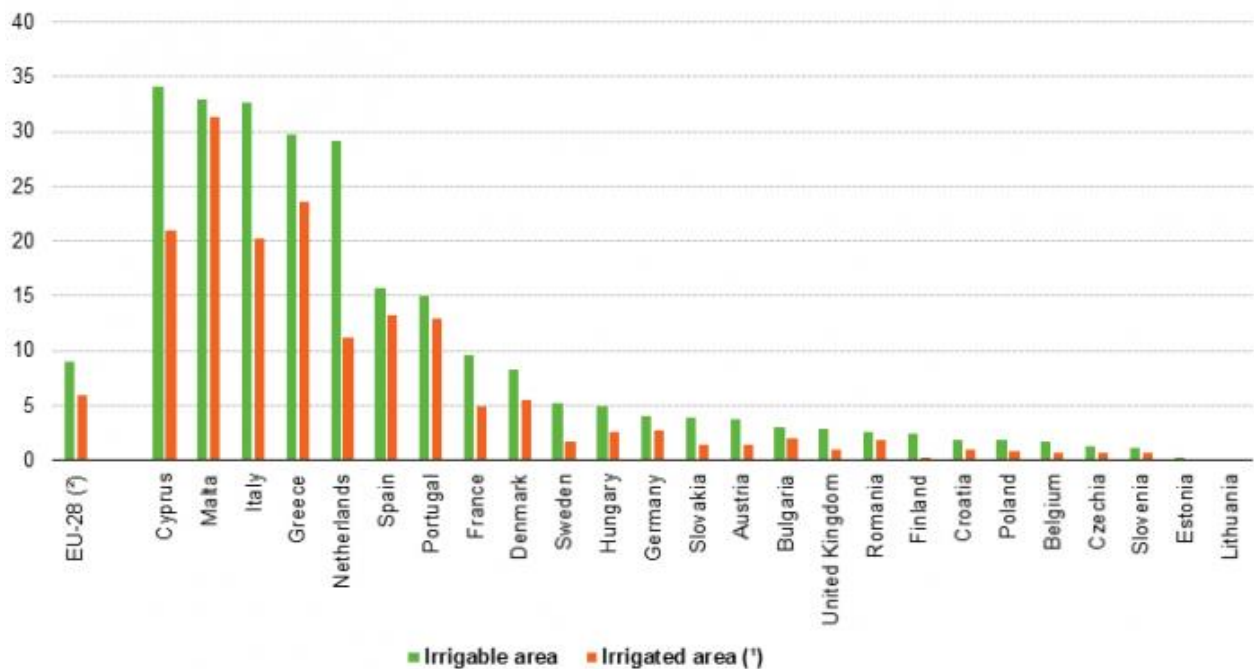
Uvođenjem otpadnih voda pridonijelo značajnom smanjenju rastućih troškova. Štoviše, u zadnjem desetljeću postavljeni su novi ili moderniziran uređaji za intenzivno pročišćavanje voda. Strateški cilj Izraela je 100% korištenje otpadnih voda u svrhu neograničenog navodnjavanja bez rizika o onečišćenju tla i vode (MOE, 2005.).

Saudijska Arabija je najveća država na svijetu bez jezera i rijeka (Llamas i Custudio, 2003.), Saudijska Arabija crpi preko 80% svoje opskrbe vodom iz vodonosnika podzemnih voda (ESCWA, 2001b). Saudijska Arabija prikuplja i obrađuje 672 milijuna m<sup>3</sup> otpadnih voda dnevno, ali manje od 20% ponovno se koristi (Al-Musallam, 2006.). Iako je poljoprivredni sektor daleko najveći korisnik vode u Saudijskoj Arabiji i možda nudi najveći prostor za uštedu vode, većina otpadnih voda stvara se izvan poljoprivrednog sektora (Qadir i sur., 2010.), a sve veće gradsko stanovništvo ispušta veće količine otpadne vode. Respektabilan značaj za SA je korištenje otpadne i industrijske vode, te desalinizacija (Kajenthirai sur., 2012.). Prema podacima FAO (2010) čak i neke od najsiromašnijih zemalja na svijetu Gambija, Obala Bjelokosti, Mali i Niger posljednjih desetljeća posvećuju znatnu važnost rehabilitaciji i razvoju navodnjavanih sustava kao sredstva za povećanje proizvodnje, poboljšanje sigurnosti hrane i povećanje otpornosti na klimatske promjene. U daljnjem tekstu spomenuti će se neki uspješni primjeri iskorištavanja pročišćenih otpadnih voda diljem svijeta. Jedan primjer nalazi se u glavnom gradu Namibije, Windhoeku, gdje su se povećale zalihe pitke vode u sušnim

područjima obrađivanjem otpadnih voda na praktičan i odgovoran način. Zbog svog geografskog smještaja u Južnoj Africi, Namibija osobito pati od iznimne suše jer pustinje ili polupustinje čine više od 80% njezinog teritorija, stoga je nedostatak pitke vode bio jedan od ključnih problema u državi (Lahnsteiner i Lempert, 2007.). Od 1968. godine, počelo se obrađivati otpadne vode te ih miješati sa pitkom vodom, u namjeri rješavanja navedenog problema. Nakon velikog broja prepravaka i unaprjeđivanja tokom niza godina, dobivenim naporima došlo se do vode zadovoljavajuće kakvoće, potvrđene detaljnim kemijskim, bakteriološkim, virološkim i epidemiološkim istraživanjima. Tridesetak godina nakon početka rada, ekološkom studijom koja je proučavala potencijalna povećanja učestalosti raka, zaraznih bolesti ili smrtnosti upotrebom spomenute pročišćene vode, nije se došlo do dokaza koji bi ih potvrdili. Za pročišćavanje vode, koriste se metode predozoniranja, koagulacije, flokulacije i flotacije, brze filtracije, glavnog ozoniranja, ultrafiltracije, te dezinfekcije klorom. Osim toga, kako bi se stanovnike Windhoekera educiralo o važnosti razvijanja svijesti o štedljivom korištenju vode i prihvaćanju korištenja obrađenih otpadnih voda, organizirali su se brojni prikladni programi koji su se odvijali u školama, puštali na radio kanalima i televizijskim programima, te tiskanim medijima. Time se uspjelo promijeniti moguće negativne percepcije građana o korištenju pročišćenih otpadnih voda (Lahnsteiner i Lempert, 2007.)

Dobar primjer prakse je i Singapur, mala otočna država smještena u jugoistočnoj Aziji, koja je također ograničena zalihama pitke vode. Za Singapur je poznat nevjerojatan ekonomski i gospodarski napredak u posljednjih 50-ak godina, što je rezultiralo i većom potrebom za vodom. Razvijanjem inovativnih rješenja za ovaj problem, došlo se do obrade i ponovnog korištenja otpadne vode gdje se manji dio vraća u spremnike za čistu vodu, a većina se upotrebljava u industrijama koje upotrebljavaju vodu visoke čistoće. Singapur je početkom 2000-ih komercijalizirao flaširanu recikliranu vodu NEWater (NEWater Visitor Centre, 2021.). Danas NEWater pokazuje se svakidašnjom tehnologijom obrada voda te da se takva voda bilo koje kvalitete uspijeva se pročistiti do pitke vode (PUB, 2018.).

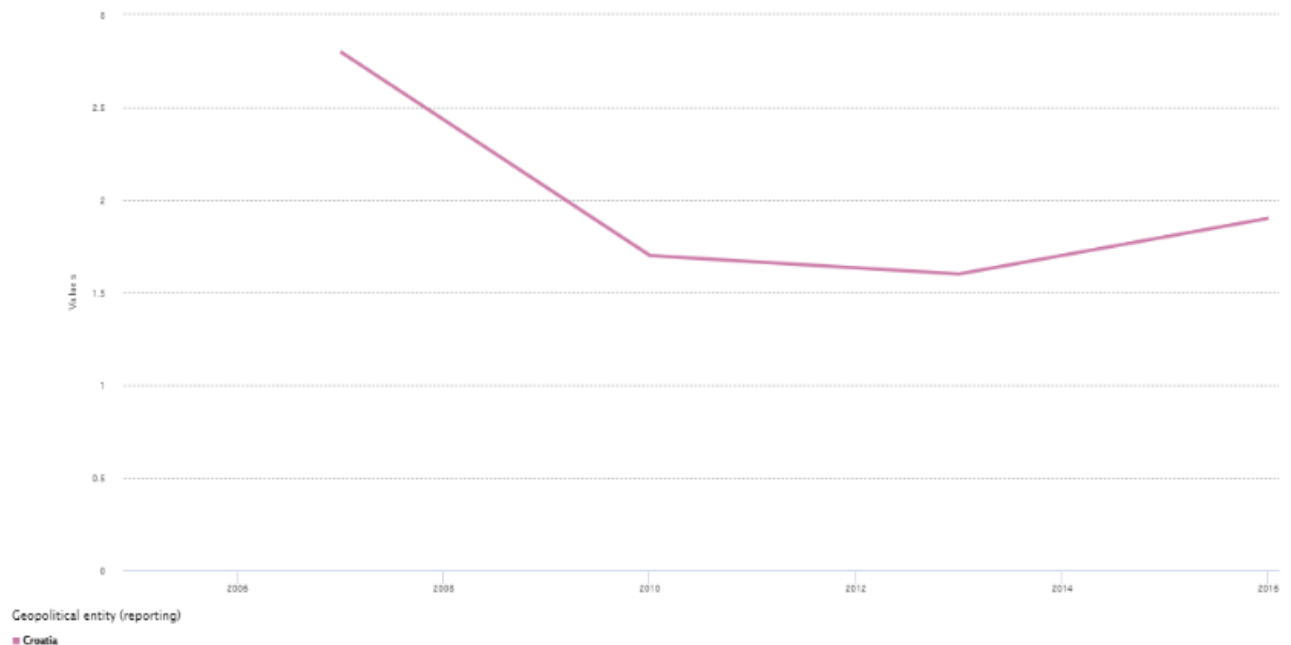
Prema statističkim podacima Europske komisije (2016.) unutar Europe postoji velika neuravnoteženost u dostupnosti vodnih resursa, a time i značajna prostorna varijabilnost u poljoprivrednim praksama i potrošnji voda. Glavni faktor je klima koja diktira potrošnju vode u poljoprivredi. Europa se dijeli na regije u kojima je navodnjavanje jedini izvor vode za uzgoj usjeva s obzirom na sušne ljetne mjesece, međutim navodnjavanje ponajviše koristi kao agrotehnička mjera. Prema posljednjim dostupnim podacima Eurostata iz 2016. godini 8,9% korištene poljoprivredne površine u EU bilo je navodnjavano (15,5 milijuna hektara), ali zapravo je navodnjavano samo 5,9% (10,2 milijuna hektara). U 2016. Španjolska (15,7%) i Italija (32,6%) imale su najveći udio površina za navodnjavanje u poljoprivrednim područjima EU.



Slika 1: Navodnjavanje površine u EU (Izvor: EUROSTAT, 2016.)

### 3. NAVODNJAVANJE U RH

Pogodni agroklimatski uvjeti, bogati vodni resursi i plodno poljoprivredno zemljište stvorili su relevantne uvjete za razvoj sustava za navodnjavanje. Usprkos tome, Republika Hrvatska u usporedbi sa zemljama članicama EU, nalazi se pri dnu ljestvice s navodnjavanim poljoprivrednim površinama (EUROSTAT, 2021.).



Slika 2: Udio površina za navodnjavanje i navodnjavanje poljoprivrednim površinama u uporabi u RH u periodu od 2007-2016. godine (Izvor: EUROSTAT, 2021)

Prema posljednjim podacima Eurostat-a (2016.) Hrvatska ima blagu tendenciju rasta udjela navodnjavanih površina u 2016. godini nakon godina stagniranja. Provedbom Nacionalnog projekta navodnjavanja i gospodarenja poljoprivrednim zemljištem i vodama, navodnjavane površine u Hrvatskoj u dvije su godine povećane za više od 50%, tako da se zaključeno sa 2007. navodnjavalo oko 15.000 ha poljoprivrednih površina. Prema tomu u 2008. godini je zabilježen nagli pad navodnjavanih površina (EUROSTAT, 2016.).



Razlog tomu je u periodu 2008. godine zabilježena velika svjetska ekonomska kriza. Prema Državnom zavodu za statistiku kriza se manifestirala i Hrvatskoj, prvotno zaustavljanjem gospodarskog rasta, potom redukcijom proizvodnje i potrošnje, te znatnim padom BDP-a od 5,8%. ( Državni zavod za statistiku: Statističke informacije 2010., Zagreb, 2010.)

U RH danas se navodnjavaju relativno male poljoprivredne površine u odnosu na potrebe i kapacitete, odnosno imamo bogat vodni resurs te plodna tla, međutim poljoprivreda stagnira. Unatoč tome, Hrvatska ima velik potencijal za razvoj održivog navodnjavanja. Vlada RH pokrenula je Projekt navodnjavanja i gospodarenja poljoprivrednim zemljištem i vodama u Republici Hrvatskoj (NAPNAV) te je posljednjih 15 godina uloženo u izgradnju novih sustava navodnjavanja te sanaciju postojećih, samim time omogućena je sigurna i stabilna poljoprivredna proizvodnja. Danas je navodnjavanje uključeno u Mjere Programa ruralnog razvoja Republike Hrvatske 2014.–2020. godine, te je time osiguravani financijski instrumenti za izgradnju sustava navodnjavanja iz Europskog poljoprivrednog fonda za ruralni razvoj. Do danas nema podataka kojima se raspolože koliko je ostvarenih spajanja na sustav za navodnjavanje u RH te koliko se površina u stvarnosti navodnjava. Međutim, postoji nekoliko ograničenja koja su rezultirala neiskorištavanjem proizvodnih resursa: visoki troškovi infrastrukture za navodnjavanje, ograničeni tehnički kapaciteti, nedostatak financijskih sredstava poljoprivrednika na spajanje u sustav itd.

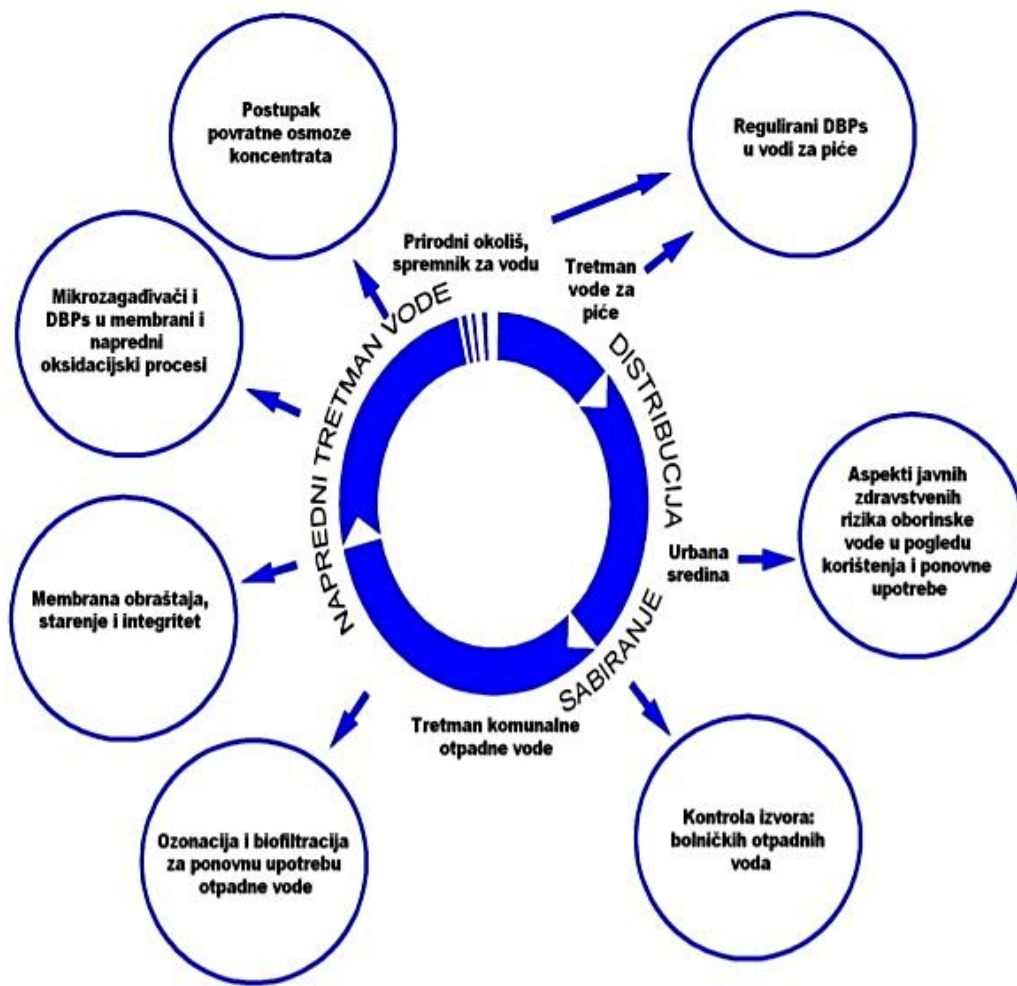
#### **4. SUVREMENE METODE OBRADE OTPADNIH VODA ZA KORIŠTENJE U POLJOPRIVREDI**

Sustavi za prikupljanje otpadnih voda odnosno kanalizacijske mreže su sustavi koji su organizirani za pročišćavanje otpadnih voda. Sustav je dizajniran prvenstveno za zaštitu ljudi te zdravlje okoliša. Iako su njihove dobrobiti široke postoje i drugi aspekti ove infrastrukture i pridružene tehnologije intenzivno napreduju. Pročišćavanjem se smanjuje količina otpadnih voda te se takva pročišćena voda može ispuštati u okoliš bez neželjenih posljedica na okoliš. Postupak recikliranja vode je prikazan na Slici 1.

Prema Zakonu o vodama («Narodne novine«, broj 66/2019) odgovarajuće pročišćavanje znači obradu otpadnih voda postupcima te se nakon prvog i drugog stupnja mora dodatno obraditi do odgovarajuće kvalitete. Uređaji za pročišćavanje otpadnih voda potrebno ih je projektirati ili rekonstruirati tako, da se prije ispuštanja pročišćenih otpadnih voda u prijemnik može uzeti reprezentativni uzorak prije i nakon pročišćavanja otpadnih voda. Pročišćene otpadne vode mogu se ponovno koristiti bez štetnih posljedica na okoliš.

Postupci pročišćavanja variraju ovisno o vrsti pročišćavanja te se odvija u nekoliko stupnjeva ovisno o porijeklu, vrsti ali i sastavu otpadnih voda:

1. prethodno pročišćavanje – preliminarno pročišćavanje
2. prvi stupanj – primarno pročišćavanje
3. drugi stupanj – sekundarno pročišćavanje
4. treći stupanj – tercijarno pročišćavanje



Slika 3: Postupci recikliranja vode (Izvor: Brkljača, 2016. prema WaterRecyclingResearch Programu)

### **a. Tehnologije pročišćavanja otpadnih voda**

Brzim rastom stanovništva na svijetu zagađenje vode postalo je ozbiljan globalni problem za neselektivno ispuštanje otpadnih voda. Stoga, više učinkovite i uštede tehnologija obrade otpadnih voda su vitalni za zadovoljavanje sve većih zahtjeva ljudska bića. Općenito se provodi pročišćavanje otpadnih voda konvencionalnim postupkom pročišćavanja otpadnih voda (Grady Jr i sur. 2011; Afzal i sur. 2011), kao što su: kemijske, fizikalne i biološke metode.

Ponovnom upotreba tretiranih otpadnih voda u poljoprivredi potencijalno služi promicanju održive poljoprivrede, očuvanjem oskudnih vodnih resursa te održavanja kvalitete okoliša. Također, navodnjavanje otpadnim vodama može smanjiti razinu pročišćavanja i troškove gnojidbe, jer tlo i usjevi služe kao bio-filtri, a otpadne vode sadrže hranjive sastojke.

Prema Kovač (2018.) otpadne vode mogu se pročišćavati primjenom:

- bioloških postupaka koji uključuju implementaciju aktivnog mulja, biofiltera ali i drugih nosača mikroorganizama sa svrhom izvršenja postupaka nitrifikacije, denitrifikacije te uklanjanje fosfora.
- fizikalnih tehnoloških procesa obrade otpadnih voda koje obuhvaćaju taloženje odnosno sedimentaciju, flotaciju, filtraciju, otplinjavanje i odmuljavanje
- kemijskih postupaka koji objedinjuju precipitaciju, adsorpciju te dezinfekciju

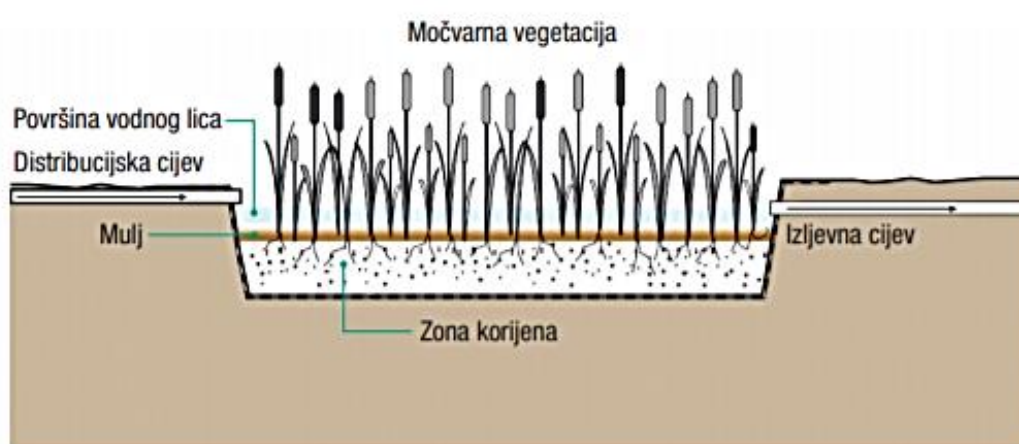
Tedeschi (2001.) navodi važnost pročišćenih voda te potrebu da se njima ostvaruju određene dobrobiti odnosno stimuliranje zaposlenja te socioekonomskog razvoja u trenutcima ekonomske krize. Također, istaknuo je su manja izdvajanja novca za pročišćenu vodu, nego će to u skoroj budućnosti biti za nepročišćenu vodu.

## b. Prirodni načini pročišćavanja otpadnih voda

Danas je sve više razvijena svijest o zaštiti i očuvanju okoliša, ponajviše je to doprinijelo dinamičnom razvoju tehnologija iskorištavanja otpadnih voda te pročišćavanju u skladu s zakonima o zaštiti okoliša. Definicija močvare da je to poseban ekosustav gdje je voda primarni faktor kontroliranja okoliša i prisutnog biljnog i životinjskog svijeta (Ramsar Convention Secretariat, 2016.).

Močvare su od izrazitog značaja zbog bioloških svojstava, funkcija ali i gospodarskih vrijednosti. Izuzetno su važne pri regulaciji hidroloških tokova koji jamče obnavljanje podzemnih voda, pročišćavanje vode te sudjeluju u regulaciji erozije uslijed zadržavanja sedimenata.

Močvare, također imaju veliku ulogu u kontroli poplava te zaštiti od vremenskih nepogoda pri obalnim područjima (Millennium Ecosystem Assessment., 2005.). Koristeći se tim saznanjima početkom 1950 godina na njemačkom institutu Max Planck počeli su prvi pokusi te istraživanja o primjeni močvarnih biljaka u cilju prirodnog pročišćavanja otpadnih voda u umjetnim močvarama, koje danas nazivamo biljni uređaji i ili pročišćivači (Vymazal., 2010.). Danas su u svijetu još uvijek aktualna istraživanja i eksperimentiranja na biljnim pročišćivačima (Šperac i sur, 2013.).



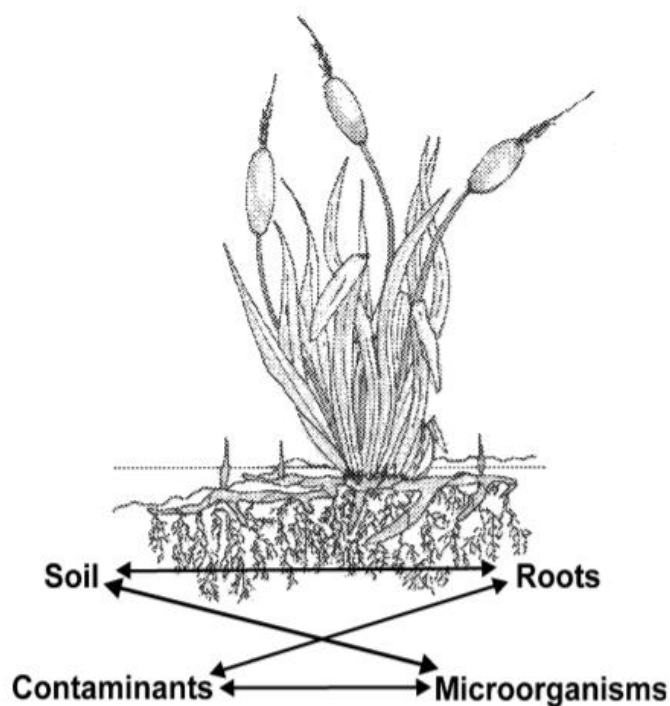
Slika 4: Primjer biljnog pročišćivača

Izvor: ( Malus i Vouk, 2012.)



Pročišćavanje otpadnih voda s biljnim sustavima je tehnologija koja se primjenjuje u prirodnim ekosustavima poput močvara, močvara i vlažnih polja, u umjetnim ribnjacima te lagunama, u posebno svrhu pročišćavanja voda izgrađenim močvarama.

Izgrađene močvare dolaze u različitoj izvedbi s različitim karakteristikama protoka (Kadlec, 1987.,Wissing, 1995.). Biljni uređaji su konstruirani sustavi koji oponašaju prirodne procese s svrhom stvaranja uvjeta kojima se pospješuje pročišćavanje otpadnih voda koje kroz njih protječu (Malus i Vouk, 2012.).



Slika 5: Moguće interakcije u korijenskoj zoni močvara za pročišćavanje otpadnih voda

Izvor: (Stottmeister i sur.,2004.)

Biljni pročištači inspirirani su močvarama, vegetacijom, tlom i MO koji obitavaju u močvarama te na taj način pročišćavaju vodu. Prilikom odabira vegetacije potrebno je izabrati autohtone močvarne biljke (Malus i Vouk, 2012.). Biljni pročištači sastoje se od jednog ili više bazena, kroz koje prolazi otpadna voda te se ona pročišćava pomoću bioloških, fizikalnih i kemijskih procesa (Šperac i sur, 2013.). Izgrađene obrađene močvare evoluirale su tijekom posljednjih pet desetljeća u pouzdan tretman. Danas takvi uređaji su izrazito jednostavni za upotrebu, niski troškovi izgradnje, održavanja i eksploatacije uređaja ima visoki stupanj pročišćavanja. Sustav se može koristiti za pročišćavanje svih vrsta otpadnih voda. Izuzetno je pogodno je za korištenje u nerazvijenim i ruralnim područjima gdje ne postoji izgrađen sustav kanalizacije. Održavanje biljnih uređaja je jednostavno i nije potrebna električna energija (Vymazal.,2010; Vučinić i sur., 2011.). Prirodni načini pročišćavanja otpadnih voda alternativa su tehničkim i konvencionalnim metodama za pročišćavanje otpadnih voda (Šperac i sur, 2013.).



## **5. UPOTREBA PROČIŠĆENE OTPADNE VODE ZA NAVODNJAVANJE U SVIJETU**

Pročišćene otpadne vode su važan izvor vode kako bi se definirala velika potražnja za navodnjavanjem u poljoprivredi. Prema tome, posljednjih godina korištenje reciklirane vode u poljoprivredi ima veliku važnost u navodnjavanju u nekoliko zemalja s nedostatkom vode. (Qadir i sur., 2007.). Upotrebom pročišćene otpadne vode u navodnjavanju osigurava se značajna količina vode, te na taj način se pridonosi očuvanju čistih vodnih resursa i smanjuje utjecaj na okoliš povezan s ispuštanjem otpadnih voda (Aiello i sur., 2007., Pedrero i sur., 2010., Agrafioti i Diamadopoulos, 2012.).

Reciklirane otpadne vode stoljećima su se koristile u poljoprivredi u područjima Berlina, Londona, Milana i Pariza (AATSE, 2004.). Proizvodnja povrća u Hanoju navodnjava se iz urbanih i prigradskih područja što čini oko 80% područja (Lai, 2000.). Pakistan ukupnu proizvodnju povrća oko 26% navodnjava otpadnim vodama. (Ensink i sur., 2004.). Gana neformalno navodnjavanja poljoprivredna područja na oko 11.500ha razrijeđenom otpadnom vodom iz rijeka (Keraita i Drechsel, 2004.) U Meksiku se oko 260 000 ha navodnjava otpadnim vodama, uglavnom nepročišćenim (Mexico CAN, 2004). U većini svijeta poljoprivrednici navodnjavaju razrijeđenim, neobrađenim, ili djelomično pročišćene otpadne vode.

U nekim dijelovima Europe i SAD-a koriste se otpadne vode na poljoprivrednim poljima prije provođenja pročišćavanja otpadnih voda za sprečavanje zagađenja čistih vodnih resursa (Jimenez i Asano., 2008.). U zemljama u razvoju kao što su Kina, Meksiko, Peru, Egipat, Libanon, Maroko, Indija i Vijetnam, otpadne vode su korištene kao izvor hranjivih sastojaka usjeva tijekom mnogih desetljeća (Shuval i sur., 1986.). Međutim, veliki zdravstveni rizici ali i utjecaj na okoliš proizlaze iz upotrebe otpadnih voda za navodnjavanje (Angelakis i sur., 2003.). Glavni cilj ponovne upotrebe vode za korištenje u poljoprivredi mora biti osigurana odgovarajuća opskrba visokokvalitetne vode za poljodjelstvo te osigurati sigurnost hrane (Dobrowolski et al., 2008).

U visoko razvijenim zemljama postoje integrirani programi za planiranu ponovnu upotrebu otpadnih voda za navodnjavanje. Kalifornija je pionir u programu navodnjavanja pročišćenom otpadnom vodom, prvi propisi objavljeni su 1918. (Asano i Levine, 1996.).

Danas razvijene zemlje kao što su SAD, Tunis, Španjolska, Francuska, Izrael i Jordan, koriste učinkovito pročišćene i zdravstveno sigurne vode prije primjene na poljoprivrednim poljima (Jimenez i Asano., 2008.; Fattal i sur., 1989.).

Pročišćavanje vode danas je važan aspekt te dodatak raspoloživim vodnim resursima. Pročišćena otpadna voda u Tunisu predstavljala je 4% raspoloživih vodnih resursa 1996. godine i mogla bi doseći 11% u 2030. godine, dok su u Izraelu ne raste značajno korištenje pročišćenih otpadnih voda te se procjenjuje da je do 2010. povećalo se za 5% (Qadir i sur., 2007.). Visoko razvijene zemlje imaju dobro reguliranu i propisanu upotrebu pročišćene otpadne vode u navodnjavanju (McCornick i sur., 2004.)

Europa za planiranje i upravljanje sustavima za navodnjavanje otpadnih voda od 1991. godine ima propisanu direktivu vijeća (91/271/EEZ) prema tim pravilima upotrebom pročišćenih komunalnih otpadnih voda u poljoprivredi može biti izuzetno značajna dobra praksa koja može pomoći osigurati sigurne i održive prehrambene usjeve.

Najbolji primjer dobre prakse je Beč. Zadnjih deset godina Beč je uzor ekološkog grada te je figurira za najbolji grad na svijetu po kvaliteti života. Beč se neprestano razvija, izgrađuje te unapređuje. Bečki projekt E\_OS u postrojenju za pročišćavanje otpadnih voda Ebswien Hauptkläranlage jedan je od najvećih i inovativnih projekata u EU. Prema tome, Beč određuje nove međunarodne standarde koje već implementiraju i neki drugi svjetski gradovi. Beč danas u EU zauzima poziciju lidera ponajviše jer zaštita vode te zbrinjavanje otpadnih voda ne promatraju se odvojeno već kao cjelina. “Ekološko optimiziranje te zbrinjavanje otpadnih voda i zaštita vode za Beč” ovaj multidisciplinarni projekt obuhvaća područja ekologije te zaštite vode i okoliša ali i kanalizaciju i uređaje za pročišćavanje voda. Primjena novih tehnologija te kontrola i nadgledanje približno 3.000 uređaja za korištenje voda konstanto se povećava kvaliteta otpadnih voda te su velika ulaganja u pročišćavače za vodu. Otpadne vode (otpadne vode i kišnice) od kanalizacijskog sustava u Beču stižu do uređaja za pročišćavanje. Pročišćene otpadne vode ispuštaju se u Dunavski kanal. Jedan od najznačajnijih europskih projekata je nadogradnja glavnog postrojenja za pročišćavanje otpadnih voda u Beču. Beč osim otpadnih voda obuhvaća i brojne tehnologije obnovljivih izvora energije kako bi se smanjila upotreba energetske resursa koji su neophodni i kako bi kompletan proces bio energetski neovisan. Dovođeni su zahvati energetske učinkovitost postrojenja za pročišćavanje otpadnih voda u Beču koji su potrajali oko 5 godina.

Zahvaljujući investicijama projekta E\_OS obnovljeni su bazeni za mehaničko i biološko pročišćavanje te je izgrađeno novo postrojenje za obradu mulja. Od mulja proizvesti će se bioplin koji će naposljetku pokretati elektranu na bioplin kojom će pročištač u potpunosti pokrivati svoju potrebu za energijom. Ovaj koncept predstavlja izuzetan uspjeh s obzirom da pročištači vode ubrajaju u najveće komunalne potrošače energije. Projektom E\_OS najveće komunalne potrošače energije pretvara se u energetske pozitivno postrojenje koje će godišnje proizvoditi puno više energije nego je to potrebno za pročišćavanje otpadnih voda. Prema tome, višak se unosi u javnu mrežu električne energije i daljinskog grijanja. Prije svega, ovim ambicioznim planom će se smanjiti emisije CO<sub>2</sub> u Beču za iznos od čak 40 000 t godišnje što je ekvivalentno emisiji koja se proizvede tijekom 6.700 vožnji osobnih automobila. Postrojenje je planirano 2021. biti u potpunosti energetske neovisno. Pročišćavanje otpadnih voda, obrada mulja i iskorištavanje plina provode se pomoću najmodernije biljne tehnologije i inovativnog procesnog inženjerstva za zaštitu okoliša i vode.

## 6. HEP PROIZVODNJA

Hrvatska elektroprivreda je hrvatska tvrtka koja se bavi energijom, proizvodnjom, distribucijom i opskrbom električnom energijom, a u posljednjih nekoliko desetljeća i distribucijom i opskrbom kupaca toplinskom energijom i prirodnim plinom. Tijekom socioekonomskog razvoja ljudi troše sve veće količine vode i energije. Kao rezultat toga, sve je veći izazov ispuniti potrebe čovječanstva za vodom i energetsom sigurnošću. Energija pokreće ekonomije i održava društva. Proizvodnja i uporaba energije također su jedini koji doprinose globalnom zagrijavanju. Na energetske sektor otpada oko dvije trećine globalnih emisija stakleničkih plinova pripisanih ljudskoj aktivnosti. Više od milijarde ljudi još uvijek nema pristup električnoj energiji (IEA, 2020.), trenutno 1,1 milijarda ljudi nema odgovarajući pristup vodi ( UNEP, 2006. ).

Obnovljivi izvori će do 2025. postati najveći izvor električne energije u svijetu. Do tada se očekuje da će isporučiti trećinu svjetske električne energije. Hidroenergija će i dalje opskrbljivati gotovo polovicu globalne električne energije iz obnovljivih izvora. Daleko je najveći izvor obnovljive električne energije na svijetu, a slijede ga PV i vjetar i sunčeva energija (IEA, 2020.).

Predviđa se da će globalna potražnja za energijom porasti za 40% od sada do 2030. godine. Gotovo sav rast dolaziti će iz zemalja koje ne pripadaju Organizaciji za ekonomsku suradnju i razvoj, a očekuje se Kina, Indija i Bliski Istok kako bi udvostručili svoju primarnu potrebu za energijom ( IEA, 2009. ). Električna energija je najbrže rastući oblik energije, a predviđa se rast od 87% do 2035. godine ( UNEP, 2011a ), pri čemu će gotovo trećina tog rasta doći samo iz Kine ( IEA, 2009. ). Očekuje se da će Indija najviše pridonijeti porastu obnovljivih izvora energije 2021. godine, a godišnji dodaci u zemlji gotovo će se udvostručiti od 2020. godine (IEA,2020.).

Kao jedan od najpopularnijih oblika obnovljivih izvora energije, hidroenergija se često smatra čistim i ekološki prihvatljivim izvorom energije. Međutim, ležišta stvaraju brojne probleme; u kontekstu ovog rada, najznačajniji je problem što proizvodnja hidroenergije troši vodene resurse. Skladištenje vode iza brana hidroelektrana dovodi do velike količine potrošne vode isparavanjem s otvorene vodene površine. Hidroenergija osigurava oko 21% globalne potrošnje električne energije i 86% globalne potrošnje obnovljive energije ( IEA, 2010. ).

## **6.1. Perspektiva i potencijal iskorištenja vode iz HEP postrojenja**

Pročišćavanje otpadnim vodama je inkorporiranje otpadnih voda pri čemu nastaje voda koja se koristi u druge svrhe. Upotreba pročišćenih otpadnih voda smanjuje potrošnju vode, energiju i novac (US EPA, 1998.). Potencijal pročišćene otpadne vode može se koristiti u poljoprivredi, akvakulturi, industriji, komunalne potrebe ali i za vodoopskrbu. Prema priručniku za hidrotehničke melioracije (2007.) akumulacije su izuzetno važni objekti za regulaciju vodnog režima, osiguranje vode za vodoopskrbu, navodnjavanje, energetiku, kontrolu pronosa nanosa, održavanje razina vode u zaobalju, rekreativne svrhe, osiguranje plovidbe ili za poboljšanje ekološkog stanja vodotoka. Primarni zadatak akumulacije je uglavnom višenamjenski. Specifični zahtjevi za navodnjavanje jer postoji potreba hidrološkog bilanciranja vode u akumulaciji.

Zapadne zemlje osiguravaju brži način povećanja elektrifikacije samim time povećavaju životni standard, potiču ekonomski rast te stimuliraju poljoprivredu hidroelektranama. Navodnjavanje poljoprivredne proizvodnje neophodno je da bih se ostvarili stabilni i prosječne prinose. Reciklirana voda za navodnjavanje poljoprivrednih površina ima veliki potencijal za korištenje, takva reciklirana voda zahtjeva manje obrade od vode za piće (US EPA, 1998.).

Uspostavljene druge mjere politike koje mogu smanjiti neto upotrebu vode u poljoprivrednom sektoru. Nedavno je Europsko vijeće usvojilo uredbu koja će omogućiti sigurnu ponovnu upotrebu pročišćene gradske otpadne vode (pročišćene vode) za navodnjavanje u poljoprivredi iz uređaja za pročišćavanje gradskih otpadnih voda ( Europsko vijeće, 2020a).

Uredba osigurava usklađeni pristup u pogledu minimalnih zahtjeva za referentnim patogenima i upravljanju rizicima prilikom navodnjavanja ponovno korištenom vodom u EU kao alat za prilagodbu klimatskim promjenama, što će pridonijeti smanjenju izdvajanja vode iz poljoprivrede zajedno s planovima modernizacije navodnjavanja koji se mogu potencijalno implementirati s trenutnom Zajedničkom poljoprivrednom politikom nakon 2020 godine. Dvije su glavne vrste ponovne upotrebe razvijene i prakticirane u cijelom svijetu:

### **1. Uporaba pročišćene vode za piće**

- Izravna uporaba obnovljene vode za povećanje opskrbe pitkom vodom nakon visokih razina pročišćavanja
- Neizravno nakon prolaska kroz prirodni okoliš

### **2. Uporaba pročišćene vode za druge namjene**

- Navodnjavanje poljoprivrednih površina
- Uporaba za navodnjavanje parkova, javnih mjesta u šumarstvu (najčešće korištenje pročišćene vode u Europi):
- Navodnjavanje golf terena
- Uporaba u akvakulturi
- Punjenje vodonosnike (neizravna ponovna upotreba)
- Uporaba u industriji i urbanim naseljenicima

Naime, pročišćene otpadne vode potencijalno imaju veliku namjenu korištenjem za navodnjavanje vrtova ili poljoprivrednih površina te za gnojidbu ribnjaka (Mara, 2004), ali i za druge namjene kao što je prikazano u Tablici 2. Implementacija ponovne upotrebe otpadnih voda dio planova upravljanja vodama usmjerenih na navodnjavanje u poljoprivredi (Lazarova i sur, 2000.).

Tablica 1 . Potencijal za iskorištenje otpadnih voda (Izvor: Alcalde Sanz i Manfred Gawlik, 2014)

| <b>KATEGORIJA</b>           | <b>UPOTREBE PRIMJENA</b>   |
|-----------------------------|--|
| <b>zaštita okoliša</b>      | punjenje rijeka i močvara, stanište divljih životinja, šumarstvo   |
| <b>voda za piće</b>         | ponovno punjenje površinskih vodenih tokova, obrada do kvalitetne pitke vode   |
| <b>upotreba u gradovima</b> | navodnjavanje javnih parkova, sportskih objekata, privatnih vrtova, čišćenje ulice, sustavi za zaštitu od požar, pranje automobila |
| <b>rekreacija</b>           | ribolov, plovidba, kupanje, navodnjavanje igrališta, proizvodnja umjetnog snijega  |
| <b>poljoprivreda</b>        | vinogradarstvo, akvakultura, pašnjaci, voćnjaci, staklenici, oranice   |
| <b>industrija</b>           | voda za proizvodnju, rashladna voda, voda za ispiranje   |

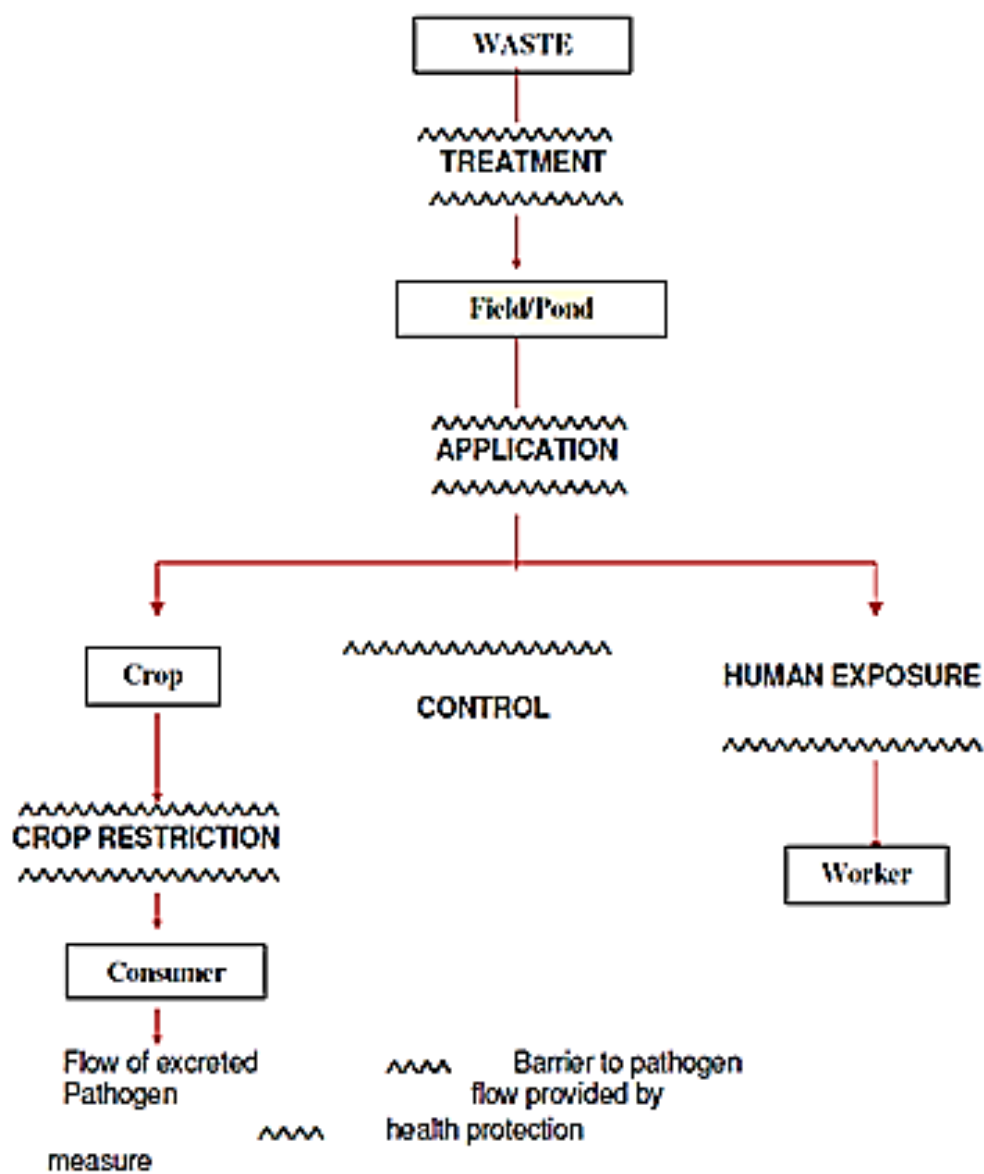
## 7. PROBLEMATIKA KORIŠTENJA OTPADNIH VODA TE UTJECAJ NA OKOLIŠ

Razvoj industrije, povećanje demografije te ekonomski razvitak dovodi do porasta potrošnje vodnih resursa pri tome postavlja se problema stvaranja količina otpadnih voda. Otpadne vode mogu sadržavati širok spektar zagađivača poput krupnih ostataka, mikroorganizma, raspršenih te otopljene tvari, hranjivih soli i otopljenih plinova). Primjer toka potencijalne transmisije patogena prikazan je na Grafikonu 1. Proces obrade otpadnih voda je važan zbog zaštite okoliša te ljudskog zdravlja kako bih pročišćena otpadna voda ponovno koristila ili pak ispušta u okoliš (Tchobanoglous i sur., 2003.).

Prema Pravilniku o graničnim vrijednostima emisija otpadnih voda (NN 80/13, 43/14 i 27/15) pročišćavanje otpadnih voda označava postupak tijekom kojeg dolazi do smanjenja koncentracije onečišćenja do razine prema kojoj ne predstavlja opasnost za zdravlje ljudi i okoliš. Pročišćavanje otpadnim vodama dio je koncepta zaštite okoliša, kako bi se ostvarili ti ciljevi upotrebljavaju se visokotehnološki uređaji za pročišćavanje otpadnih voda (UPOV) sa različitim stupnjevima pročišćavanja. Ovisno o uređajima koji se koriste ovisi i dostupnost prostora za izgradnju uređaja ali i veličina naselja (Margeta, 2007.). Hranjive sastojke u otpadnoj vodi koncentriraju se u korijenskoj zoni i ispiru prema dolje, kontaminirajući tla i podzemnih voda (Phogat i sur., 2020). Uobičajeni procesi pročišćavanja otpadnih voda nisu dovoljno učinkoviti u uklanjanju viška soli i natrija (Elgallal i sur., 2016.) Visoke koncentracije topljivih soli u otpadnim vodama su odgovoran za zaslanjivanje tla ili sodificiranje. Slanost (određena kao električna vodljivost) je drugi glavni uzrok degradacije poljoprivrednog tla jer dovodi do bubrenja i širenja tla agregati.

U polusušnim područjima, u tlima navodnjavanim biljkama s smanjenim salinitetom otpadnih voda rast (Biggs i Jiang, 2009.) pad prinosa usjeva (Sofroniou i Bishop, 2014.) i primijećena je ograničena oksigenacija (Urbano i sur., 2017.). U tlima s visokom kiselošću dolazi do pogoršanja strukture tla, neravnoteža hranjivih sastojaka u usjevima te smanjene klijavosti, uočena su zbijanja, povećana erozija i teška drenaža. Sadržaj organske tvari je veći u navodnjavanim tlima i dovodi do stvaranje agregata tla i povećana sposobnost zadržavanja vode (Biggs i Jiang, 2009.; Minhas i sur., 2020.; Alcívar i sur., 2018; Ganjegunte i sur 2017.).





Slika 6: Primjer toka potencijalne transmisije patogena

Izvor: (Blumenthal i sur.,1989.)

UNEP (1997) razmatra zaštitu javnog zdravlja, posebno zaštite radnika i potrošača za jedan od najkritičnijih koraka u bilo kojem programu ponovne upotrebe. U tu svrhu najvažnije je neutralizirati ili eliminirati sve zarazne agense ili patogene organizme koji mogu biti prisutni u otpadne vode. Za neke primjene ponovne upotrebe, kao što je navodnjavanje neprehrambenih usjeva, sekundarni tretman može biti prihvatljiv. Ponovna upotreba otpadnih voda za navodnjavanje povezana je s biološkim štetnim tvarima (patogeni virusi, bakterije, protozoe), i na kraju dođu do drugih u koje uđu putem usta (na primjer, jedenjem kontaminiranog povrća kao kod *Ascaris*) ili kože (*Ankiloze* i *Schistosorna*)(WHO, 1988.) Vrlo je važno razumjeti prijenos vektora i zdravstveni rizik čimbenici koji sudjeluju u izlučenim patogenima.

Prema Mara i Cairncross (1989.) poznato je da 30 izlučenih infekcija imaju veliki javni zdravstveni značaj te se grupiraju u pet kategorija, koji imaju slična svojstva prijenosa iz okoliša i svojstva patogena.

Čimbenici koji utječu na prijenos bolesti ovise o sljedećem:

- Vrijeme preživljavanja patogena u tlu, usjevima, ribi ili vodi.
- Infekcije potrebnog srednjeg domaćina ili domaćina.
- Način i učestalost izlučivanja ili primjene otpadnih voda.
- Vrsta usjeva na koji se primjenjuju izlučevine ili otpadne vode.
- Priroda izloženosti ljudskog domaćina onečišćenom tlu, vodi, usjevima ili ribi.

Vrijeme preživljavanja izlučenih patogena u različitom okruženju za određenu temperaturu raspon od (20-30 C) . Podaci ukazuju da se gotovo sve izlučuje patogeni mogu preživjeti u vodi, tlu i usjevima dovoljno dugo da poziraju potencijalni rizici za radnike na farmama i ribnjacima (Mara i Cairncross, 1989.).



## 8. PREPORUKA ZAŠTITE OKOLIŠA

Ponovna upotreba otpadnih voda u poljoprivredi zahtjeva integrirani pristup te planiranje cijelog sustava vodeći računa o ekonomskim, ekološkim te zdravstvenim rizičnim faktorima. Razvoj ponovne upotrebe otpadnih voda ima veliki potencijal međutim koncept sanacije otpadnih voda te zahtjeva projektni plan zaštite javnog zdravlja, kontrolu zagađenja okoliša i upravljanje vodnim resursima (Asano i Levine, 1996.). Većinu aspekata tek treba detaljnije proučiti budući da zahtijevaju razvoj odgovarajućih strategija i kvalificiranih tijela za lokalno upravljanje projektima recikliranja te ponovne upotrebe otpadnih voda . Ključno pitanje često je nedostatak institucionalne postavke i smjernice ili mjere kako bi se mogla provesti planirana ponovna upotreba. Također, regulatorne postavke direktiva mogu biti alat koji pomaže u javnom prihvaćanju i spremnost za provedbu projekata ponovne upotrebe. (Bahri , 1999.).

Voda je prijeko potrebna za život i zauzima oko 70% područja površine Zemlje te je zapravo samo mali dio vode kompatibilan sa zemaljskim oblicima života (Shiklomanov, 1993.). Mali udio slatke vode je dostupan (2,5% ukupna zaliha vode u hidrosferi), uglavnom je u zarobljen obliku leda te u trajnim snježnim pokrivačima u antarktičkim i arktičkim regijama (68,7%) (Shiklomanov, 1993.). Nedostatak vode dovodi do posljedica da je 40% ukupne površine zemljišta je suho i uključuje klimatske zone klasificirane kao sušne i polusuhe klime (FAO, 2008.). Problem današnjice je sve veća potreba za vodnim resursima zbog demografskog rasta, gospodarskog razvoja i poboljšanja životnog standarda, klimatske promjene te zagađenja (FAO, 2012.).

Procjenjuje se da barem u nekim svjetskim regijama uporaba vode raste više nego dvostruko brže od ljudske populacije. Smanjenja uporaba te crpljenje slatke vode, korištenjem otpadnih voda također će pridonijeti ali i smanjiti ispuštanje otpadnih voda u slatkovodne ekosustave (Bixio i sur., 2006.; Toze, 2006.).

Upravo ovakvim scenarijem otpadne vode postaju sve vrijedniji resurs, a ne samo otpadni proizvod. Međutim, unatoč spomenutim prednostima ponovna uporaba otpadnih voda uključuje i zdravstvene i ekološke rizike. Sažimanjem pozitivnih i negativnih aspekata može se reći da otpadne vode, čak i kada se pročiste potencijalno su rizične za zdravlje i okoliš te je važan monitoring.

Prije svega, smjernice zaštite okoliša imaju za prioritet spriječiti potencijalne učinke na produktivnost tla, plodnost te spriječiti poremećaje fizikalno-kemijskih svojstava tla i smanjiti rizici za ljudsko zdravlje zbog prisutnosti otrovnih spojeva i patogena (Aquarec, 2006; EPA, 2012; WHO, 2006a).

Međutim, utjecaj navodnjavanja otpadnim vodama na usluge ekosustava tla, koja se oslanja na odgovarajuću ravnotežu raznolikosti i aktivnosti MO tla, presudna za zdravlje tla (Anderson, 2003.; Torsvik i Ovreas, 2002.).

Parametri koji utječu na održivu i sigurnu ponovnu upotrebu otpadnih voda i zdravlje i sigurnost tla trebaju biti uključeni u standarde kvalitete, izbjegavanje poremećaja svojstava tla i širenje nove kemijske i biološke štetne tvari. Važna su tehnološka rješenja s zanemarivim utjecajima na okoliš te je potrebno osiguranje koncepta pročišćavanja otpadnih voda s održivom uporabom. Primarna zadaća pročišćavanja otpadnih voda određen je planovima zaštite okoliša (Margeta, 2007.).

## 9. PREDVIĐANJA ZA BUDUĆNOST

Globalni porast populacije na 9 milijardi očekuje se 2050. godine, danas je cijeli svijet zaokupljen ključnim problemom nedostatka vode. Nedostatak vodnih resursa stvara krizu te ugrožava polovicu čovječanstva do 2030. Rast stanovništva sve je veći potrošač čiste vode za piće do potrošnje za svoje potreba ali i proizvodnje te poljoprivrede. Danas trećina svjetske populacije pati od nestašice vode, a procjena je da bih se moglo povećati na dvije trećine do kraja 21. stoljeća ( Vörösmarty i sur., 2010. ,Oki i Kanae, 2006. ).

Svjetska zdravstvena organizacija (WHO) ima predviđanja da više od tri milijarde ljudi svjetske populacije neće imati pristup sigurnoj vodi do 2025. godine, te da jedna trećina stanovništva živi u zemljama s krizom vodnih resursa. Jedan od najozbiljnijih problema s kojima se svijet danas suočava je degradacija okoliša, naročito onečišćenja vode. Zagađenje vode je kontaminacija okoliša putem industrijski proizvodnji te aktivnosti, dok velika zagađenja nastaju od otpadnih voda te lošom poljoprivrednom praksom. Ostali zagađenja vode nastaju od klimatskih promjena te poplava uzrokovanih globalnim zatopljenjem. Onečišćenje vodnih resursa je kompleksno, međutim uglavnom se definira smanjenje kakvoće vode zbog unesenih primjesa (Sewell,1971.).

Globalna potražnja za energijom munjevito rastu, te se smatra da će do 2030. porasti za 40% od sada do 2030. godine. Očekuje se da će Kina, Indija i Bliski Istok udvostručiti svoju primarnu potrebu za energijom ( IEA, 2009. ). Električna energija je najbrže rastući oblik energije, a predviđa se rast od 87% do 2035. godine ( UNEP, 2011a ), pri čemu će gotovo trećina tog rasta doći samo iz Kine ( IEA, 2009.).

## 10. ZAKLJUČAK

Konvencionalna poljoprivreda u RH nikada nije dostigla razvojni stupanj kao u daleko razvijenim zemljama svijeta. Dokaz tomu jest i priznanje o očuvanju okoliša u Hrvatskoj. Zbog takvog statusa, kao i velikog udjela neobrađenih, a time i nekontaminiranih zemljišta kemijskim supstancama, Hrvatska ima neprocjenjiv potencijal vezan uz ponovno korištenje otpadnih voda.

Hrvatska ima bogati vodni resurs pitke vode dok mnoge europske ali svjetske zemlje nemaju pristup zdravstveno ispravnoj vodi za piće. Usprkos, bogatom vodnom resursu navodnjavanje nije kompletno te i danas poljoprivrednici imaju ili nedostatak vode ili suvišak. Problematika reguliranja suvišne vode i obrane od poplava u jednom djelu godine, zatim nedostatak oborina te potreba za navodnjavanjem zahtijevaju kompletno rješenje. Prema tome, upotreba pročišćenih otpadnih voda bila bi potencijalno rješenje za integraciju u planiranje ali i razvoju sustava navodnjavanja u poljoprivredi. Iskorištenje vode iz HEP proizvodnje ima velik potencijal te široku namjenu za korištenje u skoroj budućnosti.

Uredbe za korištenje otpadnih voda su bitne za planiranje, sigurnu i zdravstveno ispravnu implementaciju sustava, takvom sustavu se treba žurno pristupiti. Hrvatska treba adekvatnu strategiju za razvoj i napredak navodnjavanja pročišćenim otpadnim vodama u poljoprivredi. Isključivo zbog značajnih ekonomskih i okolišnih dobrobiti.

## 11. POPIS LITERATURE

1. AATSE (Australian Academy of Technological Sciences and Engineering), (2004.): Water Recycling in Australia. AATSE, Victoria, Australia.
2. Alcívar, M.; Zurita-Silva, A.; Sandoval, M.; Muñoz, C.; Schoebitz, M.( 2018.): Reclamation of Saline-Sodic Soils with Combined Amendments: Impact on Quinoa Performance and Biological Soil Quality. *Sustainability* 10, 3083.
3. Anderson, T.-H.,( 2003.): Microbial eco-physiological indicators to asses soil quality. *Agric. Ecosyst. Environ.* 98, 285–293
4. Angelakis, A.N., Bontoux, L., Lazarova, V., (2003.): Challenges and prospectives for water recycling and reuse in EU countries. *Water Sci. Technol. Water Supply* 3 (4), 59–68.
5. Aquarec Project (2006.): Work Package 2: Guideline for Quality Standards for Water Reuse in Europe. EVK1-CT-2002-00130.,
6. Asano, T., Levine, A.D.,(1996.): Wastewater reclamation, recycling and reuse: past, present and future. *Water Sci. Technol.* 33 (10–11), 1–14
7. Ayers, R.S. and Westcot, D.W. (1985): Water quality for agriculture. FAO Irrigation and Drainage, Paper 29, Food and Agriculture Organization, Rome.
8. Bahri A. (1999): Agricultural Reuse of Wastewater and Global Water Management. – *Water Science and Technology*, Vol. 40 No. 4-5, pp.339-346
9. Bašić, F., Bogunović, M., Božić, M., Husnjak, S., Jurić, I., Kisić, I., Mesić, M., Mirošević, N., Romić, D., Žugec, I., (2001.): Regionalizacija hrvatske poljoprivrede, knjiga u rukopisu, Sveučilište u Zagrebu, Agronomski fakultet, Zavod za opću proizvodnju bilja, Zagreb, str. 274.
10. Bečki sustav pročišćavanja vode  
<https://www.ebswien.at/klaeranlage/>Pristupljeno.15.05.2021.
11. Benović A., (2007): Ekologija, biološka raznolikost i regionalizacija na Jadranu, Forumi o regionalizaciji i održivom življenju, Zbornik radova i izbor iz diskusije, Fondacija Heinrich Böll, Zagreb
12. Bichai, F.; Polo-López, M.I.; Ibañez, P.F.(2012.): Solar disinfection of wastewater to reduce contamination of lettuce crops by *Escherichia coli* in reclaimed water irrigation. *Water Res.*, 46, 6040–6050.



13. Biggs, T.W.; Jiang, B. (2009.): Soil Salinity and Exchangeable Cations in a Wastewater Irrigated Area, India. *J. Environ. Qual.*, 38, 887–896.
14. Bixio, D., Thoeye, C., De Koning, J., Joksimovic, D., Savic, D., Wintgens, T., Melin., T. (2006.): Wastewater reuse in Europe. *Desalination* 187, 89–101.
15. Hagai Yasuor U., Yermiyahu bAlon B.G. (2020.): Consequences of irrigation and fertigation of vegetable crops with variable quality water: Israel as a case study *Agricultural Water Management* Volume 242, 106362
16. Devaux I, Gerbaud L, Planchon C, Bontoux J, Glanddier PY. (2001.): Infectious risk associated with wastewater reuse: an epidemiological approach applied to the case of Clermont-Ferrand, France. *Water Science Technology* 43:53–60.
17. Dobrowolski, J., O'Neill, M., Duriancik, L., Throwe, J. (2008.): Opportunities and challenges in agricultural water reuse: Final report. USDA-CSREES, p. 89.
18. Elgallal, M.; Fletcher, L.; Evans, B. (2016.): Assessment of potential risks associated with chemicals in wastewater used for irrigation in arid and semiarid zones: A review. *Agric. Water Manag.* 177, 419–431.
19. Ensink, H.H., Mehmood, T., Vand der Hoeck, W., Raschid-Sally, L., Amerasinghe, F.P., (2004.): A nation-wide assessment of wastewater use in Pakistan: an obscure activity or a vitally important one? *Water Policy* 6, 197–206
20. EPA, (2012) Guidelines for Water Reuse. Environmental Protection Agency (EPA), Wasghinton DC (EPA/600/R-12/618).
21. EUR –lex: Pročišćavanje komunalnih otpadnih voda( <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/HR/LSU/?uri=CELEX:31991L0271> )Pristupljeno 1.03.2021.
22. FAO, 2012. Coping with water scarcity. An action framework for agriculture and food security. FAO Water Reports. Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO), Rome. ISBN: 978-92-5-107304-9.
23. FAO., (2008) Drylands, people and land use. In: Koohafkan, P., Stewart, B.A. (Eds.), *Water and Cereals in Drylands*. Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO), Roma. ISBN: 978-92-5-1060520, pp. 5–16.
24. Food and agriculture organization (2010): Irrigation and drainage paper, No. 46 (Effective rainfall), Rome. <http://www.fao.org/in-action/aicca/en/>

25. Füssel, H.-M. (2012.): Climate change, impacts and vulnerability in Europe 2012 (EEA Report No 12/2012) - Version of 20.06.2013. European Environment Agency (EEA)
26. Füssel, H.-M. (2012.): Climate change, impacts and vulnerability in Europe 2012 (EEA Report No 12/2012)- Version of 20.06.2013. European Environment Agency (EEA)
27. Ganjegunte, G.; Ulery, A.; Niu, G.; Wu, Y. (2017.):Organic carbon, nutrient, and salt dynamics in saline soil and switchgrass (*Panicum virgatum* L.) irrigated with treated municipal wastewater. *Land Degrad. Dev.*, 29, 80–90.
28. Hofwegen, P.; Svendsen, M. (2000): A Vision of Water for Food and Rural Development, The Hague: World Water Forum
29. IEA (International Energy Agency) <https://www.iea.org/> Pristupljeno: 28.4.2021.
30. Jelić Mrčelić, G., (2007): Desalinizacija – naša budućnost // I. regionalno savjetovanje o pitkoj vodi Šibenik, Hrvatska, (pozvano predavanje, podatak o recenziji nije dostupan, pp prezentacija, znanstveni)
31. Jimenez B., Asano T., (2008.) Water reclamation and reuse around the World (Chapter1). *Water Reuse: An International Survey of Current Practice, Issues and Needs*. IWA Publishing, London; 648 p.
32. Katonci, D.,(2012): Navodnjavanje Glasnik Zaštite Bilja, Vol. 35 No. 3., pregledni rad
33. Keraita, B.N., Drechsel, P.,( 2004.): Agricultural use of untreated urban wastewater in Ghana. In: Scott, C.A., Faruqui, N.I., Raschid-Sally, L. (Eds.), *Wastewater Use in Irrigated Agriculture*. CABI Publishing, Wallingford, UK
34. Koehler., A.(2008.): Water use in LCA: managing the planet’s freshwater resources *Int. J. Life Cycle Asses.*, 13 (2008), pp. 451-455
35. Kovač, A.P.,(2018.): Ponovna upotreba komunalne otpadne vode, Završni rad, Sveučilište u Zagrebu Prehrambeno-biotehnološki fakultet.
36. Lai, T.V., (2000.): Perspectives of peri-urban vegetable production in Hanoi. Background paper prepared for the Action Planning Workshop of the CGIAR Strategic Initiative for Urban and Peri-urban Agriculture (SIUPA), Hanoi, 6–9 June. Convened by International Potato Center (CIP), Lima
37. Llamas, M.R. and Custodio, E. (2003.): Intensive Use of Groundwater: A New Situation Which Demands Proactive Action. In: Llamas, M.R. and Custodio, E., Ed.,

- Intensive Use of Groundwater, Challenges and Opportunities, A. A. Balkema Publishers, Lisse, 13-34.
38. Mađar, S. i Šoštarić, J. (2009.): Navodnjavanje poljoprivrednih kultura priručnik. Poljoprivredni fakultet Osijek
  39. Malus, D., Vouk, D., (2012.): Priručnik za učinkovitu primjenu biljnih uređaja za pročišćavanje sanitarnih otpadnih voda; Sveučilište u Zagrebu, Građevinski fakultet. pp 9-17, 31-33.
  40. Mara, D., (2004.): Domestic Wastewater Treatment in Developing Countries. London: Earthscan Publications, pp.1-7
  41. Mara, D., Cairncross, S., (1989.) Guidelines for safe use of wastewater and excreta in agriculture and aquaculture: Measures for public health protection
  42. MARD (Ministry of Agriculture and Rural Development) (2006.): Israel's agriculture at a glance. The Israel Export & International Cooperation Institute.
  43. Margeta J., (2007.): Oborinske i otpadne vode: teret onečišćenja i mjere zaštite, Sveučilište u Splitu, Građevinsko-arhitektonski fakultet, Split.
  44. McCornick PG, Hijazi A, Sheikh B. (2004.): From wastewater reuse to water reclamation: progression of water reuse standards in Jordan. In: Scott CA, Faruqi NI, Raschid-Sally L, editors. Wastewater Use in Irrigated Agriculture: Confronting the Livelihood and Environmental Realities. CABI Publishing, Wallingford, UK; p. 113–25.
  45. McCornick, P., (2007.): Agricultural use of marginal-quality water—opportunities and challenges. In: Molden, D. (Ed.), Water for Food; Water for Life. A Comprehensive Assessment of Water Management in Agriculture. Earthscan, 8–12 Camden High Street, London, pp. 425–457
  46. Megersa, G., Abdullahi, J., (2014.): Irrigation system in Israel: International Journal of Water Resources and Environmental Engineering 7(3):29-37 DOI: 10.5897/IJWREE2014.0556
  47. Mexico CAN (Comision Nacional del Agua), (2004.): Water Statistics. National Water Commission, Mexico City.
  48. Millennium Ecosystem Assessment, (2005.): Ecosystems and human well-being: wetlands and water, <http://www.millenniumassessment.org/documents/document.358.aspx.pdf>

49. Minhas, P.S.; Ramos, T.B.; Ben-Gal, A.; Pereira, L.S.,(2020.): Coping with salinity in irrigated agriculture: Crop evapotranspiration and water management issues. *Agric. Water Manag.* 227, 105832.
50. Mintoš Svoboda Lj., (2008.): Strategija održivog razvitka Hrvatske – vizija naše budućnosti, *Eko revija* 22, godište IV, 22-24
51. Muyen, Z.; Moore, G.;Wrigley, R.J.,(2011.): Soil salinity and sodicity effects of wastewater irrigation in South East Australia. *Agric. Water Manag.* 99, 33–41.
52. Oki.,T., Kanae S.,(2006.) *Global Hydrological Cycles and World Water Resources Science* 313(5790):1068-72
53. Ondrašek G. (2015.): Nedostatak vode u agroekosustavima, Voda u agroekosustavima, Sveučilište u Zagrebu, Zagreb. Sveučilišni udžbenik, na hrvatskom.
54. Phogat, V.; Mallants, D.; Cox, J.; Šimunek, J.; Oliver, D.; Awad, J., (2020.) Management of soil salinity associated with irrigation of protected crops. *Agric. Water Manag.* 227, 105845.
55. Prilagođavanje navodnjavanja klimatskim promjenama Strategija regionalnog razvoja Republike Hrvatske, 2011.–2013., 2010., dostupno na: [https://razvoj.gov.hr/UserDocsImages/arhiva/STRATEGIJA\\_REGIONALNOG\\_RAZVOJA.pdf](https://razvoj.gov.hr/UserDocsImages/arhiva/STRATEGIJA_REGIONALNOG_RAZVOJA.pdf) Pristupljeno:10.3.2021.
56. Priručnik za hidrotehničke melioracije, knjiga 2, (2007.) : Elementi planiranja sustava za navodnjavanje. Građevinski fakultet Sveučilišta u Rijeci
57. Qadir M, Wichelns D, Raschid-Sally L, Singh Minhas P, Drechsel P, Bahri A., (2007.): Agricultural use of marginal-quality water—opportunities and challenges. In: Molden D, editor. *Water for Food, Water for Life. A Comprehensive Assessment of Water Management in Agriculture*. Chapter 11. Earthscan, London; and International Water Management Institute, Colombo; p. 425–57.
58. Qadir, M., Wichelns, D., Raschid-Sally, L., Singh Minhas, P., Drechsel, P., Bahri, A., McCornick, P., (2007.): Agricultural use of marginal-quality water—opportunities and challenges. In: Molden, D. (Ed.), *Water for Food; Water for Life. A Comprehensive Assessment of Water Management in Agriculture*. Earthscan, 8–12 Camden High Street, London, pp. 425–457.
59. Ramsar Convention Secretariat, (2016.): *An Introduction to the Ramsar Convention on*

- Wetlands,[http://www.ramsar.org/sites/default/files/documents/library/handbook1\\_5ed\\_introductiontoconvention\\_e.pdf](http://www.ramsar.org/sites/default/files/documents/library/handbook1_5ed_introductiontoconvention_e.pdf) (04.03.2021)
60. Sekulić, B. (1998.): Potreba za vodom otoka Hrvatske. Okrugli stol Voda na hrvatskim otocima, zbornik radova, 45-62, Hvar
  61. Sewell, H.G.:( 1971.): Environmental Quality Management, Prentice-Hall Inc.,VIII+311, New York
  62. Shiklomanov, I.A., (1993.): World fresh water resources. In: Gleick, P.H. (Ed.), Water in Crisis: A Guide to the World's Fresh Water Resources. Oxford University Press, New York, pp. 13–24.
  63. Shuval, H.I., Adin A., Fattal, B., Rawitz, E., Yekutieli, P., (1986.): Wastewater Irrigation in Developing Countries: Health Effects and Technical Solutions. World Bank Technical Paper No. 51, Washington, DC.
  64. Shuval, H.I., Wax, Y., Yekutieli, P., Fattal, B., (1989.): Transmission of enteric disease associated with wastewater irrigation: a prospective epidemiological study. American Journal of Public Health 79, 850-852, <https://doi.org/10.2105/AJPH.79.7.850>
  65. Sinković K., (2002.): Ekološka poljoprivreda : "poznata" novost u poljoprivrednoj proizvodnji, Hrvatska pčela 121 (10), 200-203
  66. Sofroniou, A.; Bishop, S.R.,(2014.): Water Scarcity in Cyprus: A Review and Call for Integrated Policy. Water 6, 2898–2928
  67. Somot, S.; Sevault, F.; Déqué, M., Crépon, M. (2008.): 21st century climate change scenario for the Mediterranean using a coupled atmosphere-ocean regional climate model. Global and Planetary Change
  68. Somot, S.; Sevault, F.; Déqué, M., Crépon, M. (2008.): 21st century climate change scenario for the Mediterranean using a coupled atmosphere-ocean regional climate model. Global and Planetary Change
  69. Strategija upravljanja vodom NN 91/2008. Pristupljeno 20.02.2021.
  70. Šimunić, I., Senta, A., Tomić, F. (2006.): Potreba i mogućnost navodnjavanja poljoprivrednih kultura u sjevernom dijelu Republike Hrvatske. Agronomski glasnik 1 ,13-31.
  71. Šperac, M., Kaluđer, J., Šreng, Ž., (2013.): Biljni uređaji za pročišćavanje otpadnih voda; e-gfos 7:76-86.

72. Tedeschi, S. (2001.): Društvena opravdanost izgradnje uređaja za pročišćavanje otpadnih voda grada Zagreba, *Građevinar* 53(4), 205-210
73. Tomić, F.; Krička, T.; Guberac V. (2013.): Kako unaprijediti hrvatsku poljoprivredu, plenarna izlaganja, 48. Hrvatski i 8. Međunarodni simpozij agronoma, Dubrovnik
74. Torsvik, V., Ovreas, L., (2002.): Microbial diversity and function in soil: from genes to ecosystems. *Curr. Opin. Microbiol.* 5, 240–245.
75. Toze, S., (2006.): Reuse of effluent water—benefits and risks. *Agric. Water Manag.* 80,147-159.
76. U.S. EPA (1998.): Principles of Environmental Impact Assessment Review: Appendix A: Environmental Impact Assessment Checklist
77. UNEP (1997.): International Environmental Technology Centre, Source Book of Alternative Technologies for Freshwater Augmentation in Latin America and the Caribbean, Unit of Sustainable Development and Environment, General Secretariat, Organization of American States, Washington, D.C. (<http://www.oas.org/usde/publications/unit/oea59e/begin.htm#Contents>)
78. Urbano, V.R.; Mendonça, T.G.; Bastos, R.G.; Souza, C.F.,(2017.) Effects of treated wastewater irrigation on soil properties and lettuce yield. *Agric. Water Manag.* 181, 108–115
79. Vörösmarty, C., McIntyre, P., Gessner, M. (2010.): Global threats to human water security and river biodiversity. *Nature* 467, 555–561 <https://doi.org/10.1038/nature09440>
80. Vymazal, J., 2010. Constructed Wetlands for Wastewater Treatment; *Water* 2(3):530-549.;
81. Wastewater Engineering Treatment and Reuse, McGraw-Hill Companies, Inc., 2003
82. WHO (2006a) Guidelines for the Safe Use of Wastewater, Excreta and Greywater vol. 2.
83. Wichelns, D., and J. D. Oster (2006), Sustainable irrigation is necessary and achievable, but direct costs and environmental impacts can be substantial, *Agric. Water Manage.*, 86, 114–127, doi:10.1016/j.agwat.2006.07.014.
84. Wichelns, D., Oster., J.D., (2006.): Sustainable irrigation is necessary and achievable, but direct costs and environmental impacts can be substantial, *Agricultural Water Management*, vol. 86, issue 1-2, 114-127

85. World Health Organization (WHO) and United Nations Children's Fund, (2000.):  
Global water. Supply and Sanitation Assessment 2000 Report. World Health  
Organization and the United Nations Children's Fund Publishing, Geneva,  
Switzerland. World Health Organization (WHO), France. ISBN: 92 4 154683 2.

## 12. SAŽETAK

Voda je postala najznačajniji globalni resurs u današnjem vremenu, no njezini potencijali u proizvodnji hrane još uvijek nisu dovoljno iskorišteni i učinkovito organizirani. Poljoprivreda, kao jedna od najvećih grana biotehničkih znanosti značajan je potrošač vode. U budućnosti se očekuje da će klimatske promjene pojačati potrebu za navodnjavanjem zbog nestašica vode, te uzrokovati dodatni teret na korištenje vode i zemljišta. Važno je osigurati održivo korištenje voda, budući da je voda iscrpljiv resurs. Sveprisutni su nezapamćeni pritisci i konkurencija za vodne resurse upravo zbog faktora rasta i mobilnosti stanovništva, ekonomskog razvoja, urbanizacije. Danas se u Republici Hrvatskoj navodnjavaju relativno male poljoprivredne površine u odnosu na potrebe i kapacitete – imamo bogat vodni resurs te plodna tla, međutim poljoprivreda stagnira. Pročišćavanje otpadnih voda je inkorporiranje otpadnih voda pri čemu nastaje voda koja se koristi u druge svrhe. Upotreba pročišćenih otpadnih voda smanjuje potrošnju vode, energije, te štedi novac. Pročišćene otpadne vode mogu se koristiti u poljoprivredi, akvakulturi, industriji, komunalne potrebe ali i za vodoopskrbu. Prema tome, upotreba pročišćenih otpadnih voda bila bi potencijalno rješenje za integraciju u planiranju ali i razvoju sustava navodnjavanja u poljoprivredi. Iskorištenje vode iz HEP proizvodnje ima velik potencijal te široku namjenu za korištenje u skoroj budućnosti.



### **13. SUMMARY**

Water has become the most important global resource today, but its potential in food production is still not sufficiently exploited and efficiently organized. Agriculture, as one of the largest branches of biotechnical sciences, is a significant consumer of water. In the future, climate change is expected to increase the need for irrigation due to water shortages, and cause an additional burden on water and land use. It is important to ensure the sustainable use of water, as water is a depleted resource. Unprecedented pressures and competition for water resources are ubiquitous precisely due to the factors of growth and mobility of the population, economic development, urbanization. Today, in the Republic of Croatia, relatively small agricultural areas are irrigated in relation to needs and capacities - we have a rich water resource and fertile soils, but agriculture is stagnating. Wastewater treatment is the incorporation of wastewater to produce water that is used for other purposes. The use of treated wastewater reduces water consumption, energy, and saves money. Treated wastewater can be used in agriculture, aquaculture, industry, utilities, but also for water supply. Therefore, the use of treated wastewater would be a potential solution for integration in the planning and development of irrigation systems in agriculture. The use of water from HEP production has great potential and a wide purpose for use in the near future.

#### 14. POPIS SLIKA

| <b>Broj slike</b> | <b>Naziv slike</b>  | <b>Stranica</b> |
|-------------------|---|-----------------|
| <b>Slika 1.</b>   | Navodnjavanje površine u EU   | 10              |
| <b>Slika 2.</b>   | Udio površina za navodnjavanje i navodnjavanje poljoprivrednim površinama u uporabi u RH u periodu od 2007-2016. godine | 12              |
| <b>Slika 3.</b>   | Postupci recikliranja vode  | 15              |
| <b>Slika 4.</b>   | Primjer biljnog pročišćivača  | 17              |
| <b>Slika 5.</b>   | Moguće interakcije u korijenskoj zoni močvara za pročišćavanje otpadnih voda  | 19              |
| <b>Slika 6.</b>   | Primjer toka potencijalne transmisije patogena  | 29              |
| <b>Slika 7.</b>   | Prikaz bakterijske raznolikosti uočene u pročišćenim otpadnim vodama i poljoprivrednom tlu.                             | 31              |

## 15. POPIS TABLICA

| <b>Broj tablice</b> | <b>Naziv tablice</b>                        | <b>Stranica</b> |
|---------------------|---|-----------------|
| <b>Tablica 1.</b>   | Temeljne značajke vodnog bogatstva Hrvatske | 7               |
| <b>Tablica 2.</b>   | Potencijal za iskorištenje otpadnih voda    | 27              |

---

## TEMELJNA DOKUMENTACIJSKA KARTICA

Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku  
Fakultet agrobiotehničkih znanosti Osijek  
Sveučilišni diplomski studij  
Smjer: Ekološka poljoprivreda

Diplomski rad

Iva Lončarević

### Korištenje vode iz HEP postrojenja u navodnjavanju poljoprivrednih kultura

**Sažetak:** Voda je postala najznačajniji globalni resurs u današnjem vremenu, no njezini potencijali u proizvodnji hrane još uvijek nisu dovoljno iskorišteni i učinkovito organizirani. Poljoprivreda, kao jedna od najvećih grana biotehničkih znanosti značajan je potrošač vode. U budućnosti se očekuje da će klimatske promjene pojačati potrebu za navodnjavanjem zbog nestašica vode, te uzrokovati dodatni teret na korištenje vode i zemljišta. Važno je osigurati održivo korištenje voda, budući da je voda iscrpljiv resurs. Sveprisutni su nezapamćeni pritisci i konkurencija za vodne resurse upravo zbog faktora rasta i mobilnosti stanovništva, ekonomskog razvoja, urbanizacije. Danas se u Republici Hrvatskoj navodnjavaju relativno male poljoprivredne površine u odnosu na potrebe i kapacitete – imamo bogat vodni resurs te plodna tla, međutim poljoprivreda stagnira. Pročišćavanje otpadnih voda je inkorporiranje otpadnih voda pri čemu nastaje voda koja se koristi u druge svrhe. Upotreba pročišćenih otpadnih voda smanjuje potrošnju vode, energije, te štedi novac. Pročišćene otpadne vode mogu se koristiti u poljoprivredi, akvakulturi, industriji, komunalnim potrebama ali i za vodoopskrbu. Prema tome, upotreba pročišćenih otpadnih voda bila bi potencijalno rješenje za integraciju u planiranje ali i razvoju sustava navodnjavanja u poljoprivredi. Iskorištenje vode iz HEP proizvodnje ima velik potencijal te široku namjenu za korištenje u skoroj budućnosti.

**Rad je rađen pri:** Fakultet agrobiotehničkih znanosti Osijek

**Mentor:** izv. prof. dr. sc. Brigita Popović

**Broj stranica:** 46

**Broj slika i grafikona:** 7

**Broj tablica:** 2

**Broj literaturnih navoda:** 142

**Broj priloga:** -

**Jezik izvornika:** Hrvatski

**Ključne riječi:** navodnjavanje, vode, održivo korištenje, ponovna upotreba

**Datum obrane:**

**Stručno povjerenstvo za obranu:**

1. doc. dr. sc. Monika Marković, predsjednik
2. izv.prof.dr.sc Brigita Popović, mentor
3. doc. dr. sc. Vladimir Zebec, član
4. izv. prof. dr. sc. Vesna Rastija, zamjenski član

**Rad je pohranjen:** Knjižnica Fakulteta agrobiotehničkih znanosti Osijek, Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku, Vladimira Preloga 1, Osijek.

---

**BASIC DOCUMENTATION CARD**

**Josip Juraj Strossmayer University of Osijek  
Faculty of Agrobiotechnical Sciences Osijek  
University Graduate Studies**

**Graduate thesis**

**Iva Lončarević**

**Use of water from HEP plant in irrigation of agricultural crops**

**Abstract:** Water has become the most important global resource today, but its potential in food production is still not sufficiently exploited and efficiently organized. Agriculture, as one of the largest branches of biotechnical sciences, is a significant consumer of water. In the future, climate change is expected to increase the need for irrigation due to water shortages, and cause an additional burden on water and land use. It is important to ensure the sustainable use of water, as water is a depleted resource. Unprecedented pressures and competition for water resources are ubiquitous precisely due to the factors of growth and mobility of the population, economic development, urbanization. Today, in the Republic of Croatia, relatively small agricultural areas are irrigated in relation to needs and capacities - we have a rich water resource and fertile soils, but agriculture is stagnating. Wastewater treatment is the incorporation of wastewater to produce water that is used for other purposes. The use of treated wastewater reduces water consumption, energy, and saves money. Treated wastewater can be used in agriculture, aquaculture, industry, utilities, but also for water supply. Therefore, the use of treated wastewater would be a potential solution for integration in the planning and development of irrigation systems in agriculture. The use of water from HEP production has great potential and a wide purpose for use in the near future.

**Thesis performed at:** Faculty of Agrobiotechnical Sciences Osijek

**Mentor:** izv. prof. dr. sc. Brigita Popović

**Number of pages:** 46

**Number of figures:** 7

**Number of tables:** 2

**Number of references:** 142

**Number of appendices:** -

**Original in:** Croatian

**Key words:** irrigation, water, sustainable use, reuse

**Thesis defended on date:**

**Reviewers:**

1. Ph. D. Monika Marković, member-president
2. Ph. D. Brigita Popović, menthor
3. Ph. D. Vladimir Zebec, , member
4. Ph. D. Vesna Rastija, , member

**Thesis deposited at:** Library, Faculty of Agrobiotechnical Sciences Osijek, Josip Juraj Strossmayer University of Osijek, Vladimira Preloga 1, Osijek.