

# Akumulacija štetnih tvari iz onečišćene vode u hranidbenom lancu

---

**Smiljanec, Filip**

**Undergraduate thesis / Završni rad**

**2021**

*Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj:* **University of Zagreb, Faculty of Geotechnical Engineering / Sveučilište u Zagrebu, Geotehnički fakultet**

*Permanent link / Trajna poveznica:* <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:130:990277>

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

*Download date / Datum preuzimanja:* **2024-07-03**



*Repository / Repozitorij:*

[Repository of Faculty of Geotechnical Engineering - Theses and Dissertations](#)



SVEUČILIŠTE U ZAGREBU  
GEOTEHNIČKI FAKULTET

FILIP SMILJANEC

AKUMULACIJA ŠTETNIH TVARI IZ ONEČIŠĆENE VODE U  
HRANIDBENOM LANCU

ZAVRŠNI RAD

VARAŽDIN, 2021.



Sazivam članove ispitnog povjerenstva  
za 16. 07. 2021. u 9 sa  
Obranu ovog rada kandidat će vršiti i pred  
ispitnim povjerenstvom u Varaždinu  
Varaždin, 02. 07. 2021.

Predsjednik  
ispitnog povjerenstva

*12. prof. dr. sc. Sanja Kovač*

**Članovi povjerenstva**

- 1) *Doc. dr. sc. Jelena Labarec*
- 2) *Prof. dr. sc. Sanja Kovač*
- 3) *Doc. dr. sc. Ivana Brčić*

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU  
GEOTEHNIČKI FAKULTET

ZAVRŠNI RAD

AKUMULACIJA ŠTETNIH TVARI IZ ONEČIŠĆENE VODE U  
HRANIDBENOM LANCU

KANDIDAT:  
Filip Smiljanec

MENTOR:  
Jelena Loborec, doc. dr. sc

VARAŽDIN, 2021.



Sveučilište u Zagrebu  
GEOTEHNIČKI FAKULTET



## ZADATAK ZA ZAVRŠNI RAD

Pristupnik: FILIP SMILJANEC

Matični broj: 2652 - 2016./2017.

### NASLOV ZAVRŠNOG RADA:

AKUMULACIJA ŠTETNIH TVARI IZ ONEČIŠĆENE VODE U  
HRANIDBENOM LANCU

- Rad treba sadržati:
1. Uvod
  2. Otpadne vode
  3. Utjecaj štetnih tvari iz otpadne vode na okoliš
  4. Zaštita voda
  5. Akumulacija štetnih tvari kroz hranidbeni lanac
  6. Zaključak
  7. Literatura

Pristupnik je dužan predati mentoru jedan uvezen primjerak završnog rada sa sažetkom. Vrijeme izrade završnog rada je od 45 do 90 dana.

Zadatak zadan: 19.03.2021.

Rok predaje: 02.07.2021.

Mentor:

*Jelena Loborec*  
Doc.dr.sc. Jelena Loborec



Predsjednik Odbora za nastavu:

*Sanja Kovač*  
Izv.prof.dr.sc. Sanja Kovač



## IZJAVA O AKADEMSKOJ ČESTITOSTI

Izjavljujem i svojim potpisom potvrđujem da je završni rad pod naslovom:

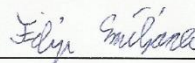
Akumulacija štetnih tvari iz onečišćene vode u hranidbenom lancu

rezultat mog vlastitog rada koji se temelji na istraživanjima te objavljenoj i citiranoj literaturi te je izrađen pod mentorstvom **doc.dr.sc. Jelena Loborec**.

Izjavljujem da nijedan dio rada nije napisan na nedozvoljen način, odnosno da je prepisan iz necitiranog rada te da nijedan dio rada ne krši bilo čija autorska prava. Izjavljujem također, da nijedan dio rada nije iskorišten za bilo koji drugi rad u bilo kojoj drugoj visokoškolskoj, znanstvenoj ili obrazovnoj ustanovi.

U Varaždinu, 30.06.2021.

Filip Smiljanec  
(Ime i prezime)



(Vlastoručni potpis)

**IZJAVA MENTORA O POSTOTKU SLIČNOSTI ZAVRŠNOG RADA S VEĆ  
OBJAVLJENIM RADOVIMA**

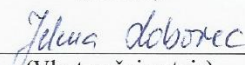
Izjavljujem i svojim potpisom potvrđujem da je završni rad pod naslovom:

**Akumulacija štetnih tvari iz onečišćene vode u hranidbenom lancu**

pregledan anti-plagijat programskim paketom PlagScan te da postotak sličnosti cjelovitog završnog rada, s već objavljenim radovima, ne prelazi 20%, kao i da pojedinačni postotak sličnosti završnog rada sa svakom literaturnom referencom pojedinačno ne prelazi 5%.

U Varaždinu, 29.6.2021.

Doc.dr.sc. Jelena Loborec  
(Mentor)

  
(Vlastoručni potpis)



**Sažetak:**

U ovom radu prikazan je utjecaj onečišćujućih tvari iz otpadne vode na okoliš općenito, a posebno na živi svijet te zdravlje ljudi. Čovjek svojim načinom života upotrebljava resurse iz okoliša i time im mijenja kvalitetu, ne razmišljajući uvijek kako to ponovo može utjecati na njega. To posebno vrijedi za vodu koja je jako rasprostranjena, bez koje nema života, a ujedno je i najosjetljiviji resurs. Onečišćenje i zaštita vode su važan problem inženjerstva okoliša. U radu je posebna pažnja posvećena akumulaciji štetnih tvari iz vode kroz lanac prehrane u prirodi te je objašnjeno kako i kojim putem štetne tvari dolaze natrag do čovjeka.

**Ključne riječi:** voda, hranidbeni lanac, štetne tvari, zdravlje

## **Abstract**

This paper presents the impact of contaminants from waste water on the environment in general, and especially on wildlife and human health. People use natural resources from their environment and change their quality with their way of living without thinking how this could in turn affect them.. This especially refers to water since it is widespread and there is no life without it, and also because it is the most delicate resource. Water pollution and protection is an important problem that environmental engineering deals with. The paper particularly pays attention to the accumulation of harmful substances from water through the food chain in nature and explains how these substances eventually find their way back to people.

**Key words:** water, food chain, harmful substances, health

## Sadržaj

1. Uvod .....	1
2. Otpadne vode .....	3
2.1. Vrste otpadnih voda .....	3
2.2 Karakteristike otpadnih voda .....	4
2.3 Karakteristike kućanskih otpadnih voda .....	5
2.4 Karakteristike industrijskih otpadnih voda .....	6
2.5 Oborinske otpadne vode .....	7
2.6 Svojstva otpadnih voda .....	9
3. Utjecaj štetnih tvari iz otpadne vode na okoliš .....	12
3.1 Utjecaj štetnih tvari na životinje .....	13
3.2 Utjecaj štetnih tvari na zdravlje ljudi .....	15
4. Zaštita voda .....	18
4.1. Mjere zaštite voda.....	18
4.2 Zakonska regulativa o zaštiti voda .....	19
5. Akumulacija štetnih tvari kroz hranidbeni lanac .....	22
6. Zaključak .....	25
7. Literatura .....	26

# 1. Uvod

Jedna od najvažnijih tvari na Zemlji je voda, sastoji se od kemijskih elemenata kisika i vodika te postoji u krutom, tekućem i plinovitom stanju. Život bez vode nije moguć, voda je glavni sastojak živih organizama, zauzima više od dvije trećine površine na Zemlji i zaslužna je za način života koji poznajemo.

Do nedavno je među ljudima vladala ideja o tome kako je voda neiscrpan resurs te se zbog takvog razmišljanja razvio i nemaran odnos prema njenom korištenju. Danas, porastom broja stanovnika, stvara se sve veća količina otpadnih voda. Otpadne vode su vode koje su upotrijebljene u neku određenu svrhu i zbog toga je došlo do promjene njihovih kemijskih, bioloških te fizikalnih svojstava. Ako je količina otpadnih tvari u vodi veća od količine koja je propisana standardom o kvaliteti voda, voda se smatra onečišćenom i prijetnja je okolišu. Također, onečišćenje vode se događa kada štetne tvari raznim ispustima uđu u vodena tijela kao što su jezera, rijeke, oceani itd. Onečišćujuće tvari se ne zadržavaju na jednom mjestu niti ne nestanu, već različitim procesima prodiru u podzemlje i dolaze do podzemne vode, koja se u našim kućanstvima koristi u svakodnevnim aktivnostima, uključujući i za piće. Takva voda je opasna za čovjekovo zdravlje. Svake godine zbog zagađene vode oboli oko milijardu ljudi (Landrigan i sur, 2017). Bakterije i virusi glavni su uzročnici bolesti onečišćene vode za piće, no problemi za zdravlje se javljaju i s mnogim drugim štetnim tvarima, poput nitrata, teških metala ili organskih spojeva.

Širenje štetnih tvari u okoliš iz otpadne vode može se smanjiti ili spriječiti tehnološkim postupcima pročišćivanja otpadnih voda. Neki od tih postupaka su mehaničko pročišćivanje koje odvaja krute tvari rešetkama ili taloženjem iz otpadne vode te biološko pročišćivanje kojim se razgrađuju organske tvari iz otpadnih voda uz pomoć bakterija. Novije tehnologije omogućavaju uvođenje naprednih postupaka pročišćavanja koji iz vode uklanjaju različite anorganske i organske tvari. Ipak, takvi su postupci skupi i primjenjuju se u posebnim situacijama, rijetko. Mnogo više uspjeha za sigurnost vode za piće postiže se odgovarajućom zaštitom voda.

Cilj ovog rada je objasniti ciklus hranidbenog lanca, počevši od dospjeća štetnih tvari u vodu i njihov utjecaja na živi svijet u njoj, pa sve do krajnjih korisnika, ljudi i životinja. U prvom dijelu rada, nakon uvoda, obrađene su otpadne vode, opisane su klasifikacije

otpadnih voda te karakteristike i svojstva svake pojedine vrste. Nakon toga, detaljno je predstavljen utjecaj onečišćujućih tvari na okoliš, životinje i ljude. Također, prikazan je i sustav zaštite voda u Republici Hrvatskoj. Na kraju, opisuje se način akumulacije štetnih tvari iz onečišćene vode u lancu prehrane u prirodi.

## 2. Odpadne vode

Voda se u prirodi nalazi u atmosferi, na površini ili u podzemlju. Atmosferska voda je glavni dio hidrološkog ciklusa jer oborinama prihranjuje zalihe površinskih i podzemnih voda. Površinske vode mogu biti slatke i slane. Slane (mora i oceani) čine najveći dio površinskih voda, ali ta voda nije za piće pa ne ulazi u hranidbeni lanac. Slatke površinske vode obuhvaćaju jezera, potoke, močvare te rijeke. Podzemne vode mogu se promatrati kao stare i mlade vode. Stare vode su one vode kod kojih se voda temeljnica vrlo sporo kreće, dugo se zadržava u podzemlju, obogaćuje se mineralima, postaje tvrđa te ima stalnu temperaturu i dobru kvalitetu, dok se mlada voda kratko nalazi u podzemlju, pod utjecajem je oborina i nečistoća s površine.

Zbog svoje pokretljivosti i mogućnosti otapanja različitih tvari (poznata je kao „univerzalno otapalo“ te je u stanju otopiti više tvari nego bilo koja druga tekućina na Zemlji) voda je veoma osjetljiva na sve vrste onečišćenje. Voda koju čovjek iskoristi za neku namjenu (u kućanstvu, industriji ili za navodnjavanje) promijeni svoja svojstva i postane otpadna voda.

### 2.1. Vrste otpadnih voda

U otpadne vode ubrajaju se :

- **kućanske otpadne vode** – otpadne vode koje su nastale upotrebom u sanitarnim objektima u hotelima, kućanstvima, u industrijskim pogonima, uredima te u objektima u kojima stalno ili privremeno borave ljudi.
- **industrijske otpadne vode** – otpadne vode koje su nastale korištenjem vode u procesima proizvodnje i rada, u industrijskim, proizvodnim i ostalim proizvodnim pogonima.
- **oborinske otpadne vode** – otpadne vode nastale oborinama, a te oborine se onečišćuju u kontaktu s krovovima, asfaltiranim površinama, površinama tla i slično.

Svaka od ove tri vrste otpadnih voda imaju karakterističan sastav otpadnih voda (Glancer-Šoljan i sur, 2001). Otpadne vode sa sobom nose različita onečišćenja i štetne posljedice, a neke od njih su prikazane u tablici 1.

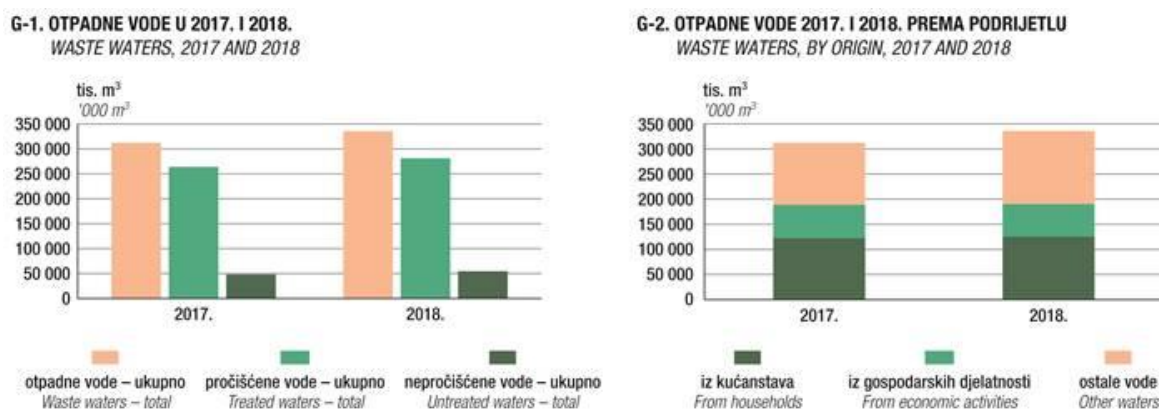
Tablica 1. Vrste i posljedice onečišćenja otpadnih voda (Štrkalj, 2014).

VRSTA ONEČIŠĆENJA OTPADNIH VODA	ŠTETNE POSLJEDICE	OSTVARENA DRUŠTVENA KORIST OD PROČIŠĆAVANJA OTPADNIH VODA
<b>KRUPNI KRUTI MATERIJAL : papir, tkanine, plastika</b>	Neuredan krajolik; uslijed dodira mogu nastati opasnosti po zdravlje ljudi i životinja	Obale rijeka, jezera, mora i njihova okolica postaju sigurni za radne aktivnosti i rekreaciju
<b>ORGANSKE TVARI: otpaci hrane, fekalne tvari i neke industrijske otpadne vode</b>	Zbog prisutnosti bakterija i drugih viših vrsta vodenog svijeta, smanjuje se količina otopljenog kisika u vodi, pa se javljaju pomori riba i drugih organizama	Zaštita ribarstva i sportskog ribolova; ugodniji okoliš za život, rad i rekreaciju
<b>ULJA I MASTI</b>	Na površini vode formira se opasan tanki nepropusni sloj, koji smanjuje mogućnost apsorpcije kisika iz atmosfere	Poboljšano otapanje atmosferskog kisika u vodi pomaže održavanju vodene flore i faune
<b>NUTRIENTI: dušik, fosfor i tragovi štetnih tvari</b>	Djeluju kao gnojiva koja stimuliraju rast algi, morskih trava i ostalog vodenog bilja	Poboljšani i sigurniji uvjeti za uzgoj riba i školjaka; ugodniji okoliš za život, rad i rekreaciju
<b>BAKTERIJE I VIRUSI</b>	Onečišćenje voda koje se koriste za vodoopskrbu ili natapanje poljoprivrednih površina na kojima se uzgajaju kulture za prehranu	Sigurniji opći zdravstveni uvjeti za uzgoj školjaka, riba i drugih organizama
<b>TOKSIČNE TVARI IZ INDUSTRIJSKIH OTPADNIH VODA</b>	Pojava uništenja ili oštećenja vodene flore i faune; akumulacije štetnih tvari u mesu riba i školjaka, mogu štetno djelovati na zdravlje ljudi	Poboljšani uvjeti za život vodene flore i faune; poboljšani opći zdravstveni uvjeti

## 2.2 Karakteristike otpadnih voda

Onečišćenja mogu biti fizikalna, kemijska i biološka. U fizikalna onečišćenja svrstavaju se toplinsko onečišćenje koje je nastalo ispuštanjem rashladnih tekućina iz industrijskih i drugih postrojenja, promjena boja vode, pojava različitih mirisa, prisutnost pijeska, mulja i sl. U kemijska onečišćenja svrstava se pojava lužina, kiselina, pesticida, raznih soli i drugih spojeva koji su opasni za okoliš i ljudsko zdravlje. U biološka onečišćenja smještaju se virusi, bakterije, alge i različiti drugi organizmi koji mogu izazvati razne bolesti. Porijeklo nastanka otpadnih voda ima najveći utjecaj na njena svojstva. Zakonski se reguliraju granične vrijednosti emisija onečišćujućih tvari u otpadnim vodama, ali s obzirom na velik broj parametara u njima, koristi se

svoga nekoliko parametara pomoću kojih se određuje stupanj pročišćenja. Jedan od parametara je BPK (biokemijska potrošnja kisika), KPK (kemijska potrošnja kisika), te količina fosfora, metala, dušika i suspendiranih tvari (Šperac i sur, 2013). BPK (biokemijska potrošnja kisika) je mjera za količinu kisika koji je potreban za oksidaciju organskih tvari u vodi. Voda koja je preopterećena organskom tvari je onečišćena, jer joj BPK prelazi neku određenu vrijednost. KPK (kemijska potrošnja kisika) je parametar kojim se mjeri stupanj opterećenja ili onečišćenje otpadnih voda (Mara, 2004). O kojim se to količinama radi može se vidjeti na Slici 1. koja prikazuje otpadne vode po mjestu nastanka i količini pročišćene i nepročišćene vode tijekom 2 godine (2017. i 2018. godine). u Republici Hrvatskoj prema Godišnjem provedbenom planu statističkih aktivnosti Republike Hrvatske (NN, br. 12/20).



Slika 1. Otpadne vode i otpadne vode prema podrijetlu (Godišnji izvještaj o javnoj odvodnji, 2019)

## 2.3 Karakteristike kućanskih otpadnih voda

Kućanske otpadne vode se formiraju na sanitarnim čvorovima javnih, industrijskih, stambenih te drugih objekata koje koriste ljudi, koji uzrokuju onečišćenja u čvrstom ili tekućem obliku. Slika 2. prikazuje kako izgleda ispuštanje otpadnih voda iz kućanstva prema podzemnim vodama. U kućanske otpadne vode se ubrajaju i otpadne vode od pranja posuđa i rublja, spremanja hrane, čišćenja prostorija itd (Mara, 2004). Na sastav tih voda i koncentraciju otpadnih voda ponajviše utječu klimatske promjene, način života te izgrađenost vodoopskrbnog sustava. Najčešći pokazatelji svojstava



kućanskih otpadnih voda su: biokemijska potrošnja kisika, sadržaj mikroorganizama fekalnog porijekla (virusi i bakterije) i sadržaj koloidno dispergiranih tvari. Temperatura otpadnih kućanskih voda povišena je u prosjeku nekih 10°C pa je time ubrzan proces razgradnje organskih otpadnih sadržaja uz utrošak kisika, pa samim tim je prisutna i opasnost od truljenja (Tušar , 2004).

Na osnovu tereta onečišćujućih tvari mogu se razlikovati dvije vrste kućanskih otpadnih voda (Europska agencija za okoliš, 1998):

- **sive otpadne vode** – otpadne vode iz bazena, tuševa i kupaonica, ne sadrže veliki broj krutih tvari i mogu se prenamijeniti ako postoji razdvojen sustav odvodnje otpadnih voda.
- **crne otpadne vode** - otpadne vode iz sanitarnih čvorova i kuhinja, sadrže infekcije.



Slika 2. Otpadne vode iz kućanstva ([http://www.cawater-info.net/all\\_about\\_water/en/?p=3216](http://www.cawater-info.net/all_about_water/en/?p=3216))

## 2.4 Karakteristike industrijskih otpadnih voda

Industrijske otpadne vode dijele se u 2 osnovne skupine (Tušar, 2004.):

- **biološki razgradive** – otpadne vode koje se mogu miješati s otpadnim gradskim vodama, tj. mogu se odvoditi zajedničkom kanalizacijom (npr. iz prehrambene industrije).

- **biološki nerazgradive** - otpadne vode koje se moraju pročititi prije miješanja s gradskom otpadnom vodom (npr. iz kemijske metalne industrije)

Veliki broj industrija danas upotrebljava velike količine vode kao rashladne vode (Slika 3.), pri tome se temperatura vode povećava, veći dio vode ispari, a kao posljedica se javlja povećanje koncentracije soli u otpadnoj vodi i toplinsko onečišćenje vode (Glancer-Šoljan i sur, 2001). Pojedine industrijske otpadne vode mogu imati velike količine sastojaka koji su otrovni ili teško razgradivi te štetno utječu na živi svijet. Neki od tih sastojaka su metali, lužine, nafta, kiseline, masti, mineralna ulja, sintetski kemijski spojevi, radioaktivni izotopi. Osobina industrijskih otpadnih voda je da se okoliš i priroda ne mogu sami nositi sa ovakvim otpadnim vodama, tj. fenomenom zvanim samopročišćavanje, taj fenomen nije dostatan da se bori sa velikim količinama ovakvih voda pa tako dolazi do zagađenja okoliša i prirode sa katastrofalnim posljedicama.



Slika 3. Industrijske otpadne vode (<http://www.envimac-water.com/offer/26/industrial-waste-water-treatment>)

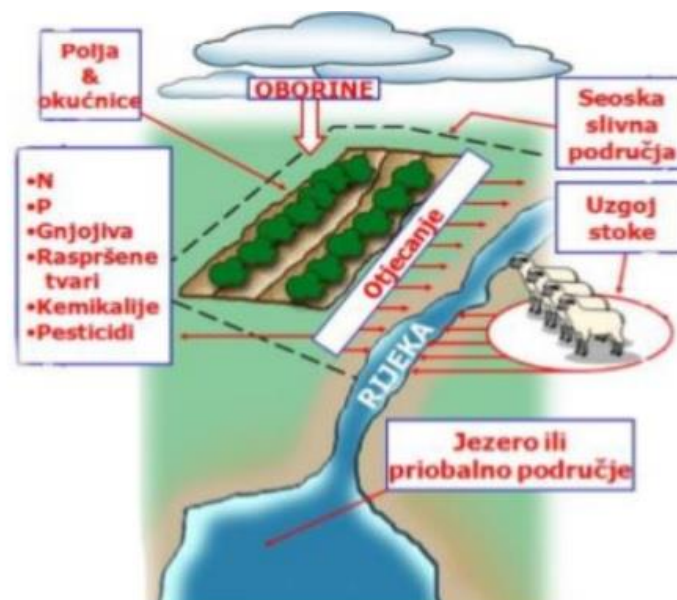
## 2.5 Oborinske otpadne vode

Oborinske otpadne vode (Slika 4.), nastaju kao površinsko otjecanje od padalina ili snijega. U ove vode spadaju i otpadne vode od čišćenja cesta, parkirališta, uličnih površina itd. Kvaliteta i količina ovih voda ovisi o jačini i učestalosti pojava padalina, o

broju i količini motornog prometa, vrsti prometnih površina, zagađenju atmosfere...itd. Jedan od problema koji se javlja je taj što te otpadne vode sa industrijskih površina nose velike količine opasnih tvari, poput olova, arsena, bakra (Glancer-Šoljan, 2001). Također, sa asfaltnih površina nose naftne produkte što ugrožava sanitarne čvorove. Nažalost, ove vode se ne pročišćavaju jer se smatraju čistima, a to baš i nije tako zbog upravo navedenih razloga.

Podjela oborinskih otpadnih voda (Štrkalj, 2014). :

- **krovne oborinske vode** – relativno čiste, njihovo onečišćenje ovisi direktno o stupnju zagađenosti zraka na nekoj lokaciji. Smatraju se najčišćim oborinskim vodama.
- **oborinske vode prikupljene sa prometnica, parkinga** – vode koje su onečišćene mastima, uljima, te krutim tvarima. Ove vode se smatraju srednje zagađenim oborinskim otpadnim vodama.
- **oborinske vode prikupljene sa uređenih platoa u industriji i obrtima** – oborinske vode koje su prikupljene sa površina na kojima se odvija manipulacija opasnim materijalima, ove vode se smatraju visoko onečišćenim oborinskim otpadnim vodama.



Slika 4. Nastanak (poljoprivrednih) oborinskih otpadnih voda (Štrkalj, 2014.)

## 2.6 Svojstva otpadnih voda

Otpadne vode karakteriziraju mješavina raznovrsnih onečišćenja. Zbog toga svojstva otpadnih voda najviše ovise o mjestu nastanka i njihovom porijeklu (kućanske, industrijske, oborinske, procjedne itd.)

**Glavni pokazatelji svojstva** otpadnih voda (Simeon, 1980). :

1. krupni otpaci (površinski)
2. otopljene i raspršene tvari
3. hranjive soli
4. mikroorganizmi
5. otrovne tvari
6. perzistentne (postojane) tvari
7. otopljeni plinovi
8. radioaktivne tvari
9. povećana temperatura vode
10. ostala onečišćenja

**1. Krupni otpaci (površinski)** – predstavljaju papir, kore od voća, krpe te ostali organski otpad. Da bi se razgradio krupni organski otpad, troši se kisik, pa se zbog toga smanjuje količina otopljenog kisika u vodi (Simeon, 1980).

**2. Otopljene i raspršene tvari** - tvari koje se nalaze u otpadnim vodama organskog i anorganskog porijekla. U otpadnim vodama se nalaze u otopljenom stanju, lebdećem i koloidnom stanju. Otopljene tvari su uzrok promjene boje u vodi, a lebdeće tvari i koloidi tvore mutnoću. Kada je povećana mutnoća vode, spriječeno je prodiranje sunčeve svjetlosti, a to usporava fotosintezu. Zbog tog razloga je u većim dubinama smanjena količina kisika, pa se povećava zona anaerobne razgradnje organske tvari, a time se stvaraju plinovi i neugodni mirisi (Simeon, 1980).

**3. Hranjive soli** – tvari koje nastaju iz otpadnih voda i razgradnjom organske tvari. Te tvari su vezane uz nastanak soli dušika i fosfora, koji sudjeluju u stvaranju bjelančevina i potiču razvoj zelenih biljaka i planktona (Simeon, 1980).

**4. Mikroorganizmi** – organizmi koji su sastavljeni od jednostaničnih i višestaničnih organizama i nalaze se u svim otpadnim vodama. Dvije skupine mikroorganizama su od velikog značaja za pročišćavanje otpadnih voda :

- Mikroorganizmi razlađači – ova vrsta mikroorganizama , biološki razgrađuje organsku tvar do anorganske, može se pojaviti anaerobno stanje jer se troši otopljeni kisik (Simeon, 1980).
- Mikroorganizmi iz probavnog trakta ljudi i životinja – ova vrsta mikroorganizama je glavni pokazatelj kućanskih otpadnih voda, također se nalaze i u industrijskim otpadnim vodama. Najznačajniji su mikroorganizmi koji mogu prouzročiti razna oboljenja kao što su kolera, tuberkuloza, hepatitis ... Infekcija se može prenositi korištenjem nečiste vode (dodir kože) ili upotrebom proizvoda iz vode ( npr. školjke koje se konzumiraju sirove) (Simeon, 1980).

**5. Otrovne tvari** –tvari koje mogu prouzročiti bolesti živih organizama, kancerogene i fizičke promjene, nenormalno ponašanje, te na kraju i smrt. Tim otrovnim tvarima smatraju se teški metali (olovo, živa, cink, nikal ...) i otrovni spojevi (fluoridi, cijanidi...). U većim količinama, ove tvari su vrlo otrovne (Simeon, 1980).

**6. Postojane tvari** - tvari koje su organski i sintetski biološki nerazgradive ili teško razgradive, a važnijeg značaja su :

- Mineralna ulja – dolaze iz industrijskih i kućanskih otpadnih voda, ometaju otapanje kisika u vodi.
- Pesticidi – nalaze se u industrijskim otpadnim vodama, ali dolaze i ispiranjem poljoprivrednih zemljišta. Klorirani ugljikovodici (DDT, aldrin, dieldrin ) su najopasniji pesticidi, te je danas proizvodnja i primjena ovog proizvoda u potpunosti zabranjena (Simeon, 1980).
- Deterdženti – dolaze iz industrijskih i kućanskih otpadnih voda. Unosom velikih količina fosfata uzrokuje se eutrofikacija. Prema molekularnoj strukturi razlikujemo meki i tvrdi deterdžent (Simeon, 1980).

- Plastične tvari – nalaze se u obliku konca, vrećica, mrežica i dolaze iz industrijskih i kućanskih otpadnih voda (Simeon, 1980).

**7. Otopljeni plinovi** – postoje u otpadnim vodama u različitim koncentracijama. Najznačajniji je kisik koji omogućuje život. Kraj kisika, tu su još i ugljični dioksid te sumporovodik.

**8. Radioaktivne tvari** – tvari koje mogu biti prirodnog i umjetnog porijekla. Prirodni izvori zračenja su materijali za gradnju, zemaljski, kozmički, radioaktivni elementi u našem organizmu, dok pod umjetne izvore podrazumijevamo radioaktivne elemente koji se nalaze u industrijskim otpadnim vodama, pogotovo u nuklearnim elektranama (Simeon, 1980).

**9. Povećana temperatura vode** – prvenstveno je posljedica ispuštanja rashladnih voda iz velikih industrijskih postrojenja, nuklearnih elektrana i termoelektrana. U toplijoj vodi se nalazi manje otopljenog kisika, pa se ubrzava metabolizam živih organizama, a time se brže kisik troši pa se pojavljuje manjak kisika što uzrokuje promjenu životnih uvjeta staništa (Simeon, 1980).

**10. Ostala onečišćenja** – uz sva ova navedena onečišćenja, u otpadnim vodama su prisutne i ostale tvari (zapaljive, eksplozivne, korozivne, kiseline i lužine). One mogu biti štetne za kanalizacijsku mrežu i građevine na njoj, a također mogu negativno djelovati i na procese kojima se pročišćava otpadna voda.

### 3. Utjecaj štetnih tvari iz otpadne vode na okoliš

Razine onečišćujućih tvari u otpadnim vodama konstantno rastu, što u konačnici utječe na okoliš. Onečišćujuće tvari (Tablica 2.), uključuju sve kemikalije koje vlasnici kuća ispuštaju iz svojih odvoda: boje, otapala, ulje, pesticidi, ljudske fekalije itd. Kombinacija ovih proizvoda predstavlja rizik i za ljude i za životinje. Često postavljano pitanje glasi „Koliko je loša otpadna voda za okoliš?“. Najneposredniji učinak otpadnih voda na okoliš je taj što otpadna voda doprinosi kontaminaciji i uništavanju prirodnih staništa i životinja koje žive u tim staništima izlažući ih štetnim tvarima koje inače ne bi bile prisutne u prirodi. Također otpadna voda je jedan od najgorih izvora i uzročnika bolesti. Prema izvoru WHO (World Health Organisation, 2018), više od 3.4 milijuna ljudi umire svake godine od bolesti uzrokovane vodom. Osim bolesti koje nosi otpadna voda preko mikroorganizama, kombinacija ljudskog otpada, otapala i boja stvara miris koji izlaže ljude štetnim plinovima. Otpadna voda se također često obrađuje i prerađuje za upotrebu pri navodnjavanju. Procesi pročišćavanja nisu u potpunosti efektivni, pa u vodi ostaje dio tvari koje nisu poželjne. Tlo općenito djeluje kao filter onečišćenja iz vode pa na česticama tla ostaju zadržane različite štetne tvari iz vode koje mu degradiraju kvalitetu. Najčešće se radi o različitim organskim i anorganskim spojevima koji smanjuju brzinu uroda tla, a mogu uzrokovati i neplodnost tla. Štetne tvari iz otpadne vode utječu i na vodene ekosustave. Kada velika količina biorazgradivih tvari završi u vodi, organizmi će ih početi razgrađivati i koristiti puno otopljenog kisika. Otopljeni kisik je kritičan za razvoj morskog života, a kako se osiromašuje, može biti opasan po život riba.

Otpadna voda također sadrži ulje i mast koje je teže razgraditi i može se smjestiti na površini vode. Na taj način se blokira svjetlost koja je potrebna za fotosintezu vodenih biljaka. Istovremeno, ulje i masti mogu ubiti ribu i zahvatiti perje ptica. Kao i teški metali, poput olova i žive, oni su toksični i za ljude i za životinje. Ako je netko konzumirao vodu ili jeo ribu iz kontaminiranog izvora, mogao bi imati ozbiljnih problema sa zdravljem, a isto se događa i sa životinjama i biljkama koje žive u vodi. Jedan od problema je i temperatura otpadne vode. Kada se neobrađena otpadna voda ispusti, često je topla ili vruća, što može podići temperaturu vode i time dodatno poremetiti ekosustav. Ribe su vrlo osjetljive na temperaturu vode, povećanje temperature im može poremetiti

disanje, hranjenje i kretanje. Osim toga, temperatura vode utječe i na količinu kisika u njoj.

Tablica 2. Onečišćivači u otpadnim vodama  
(<https://repositorij.vuka.hr/islandora/object/vuka%3A1392/datastream/PDF/view>)

ONEČIŠĆIVAČ	VAŽNOST
TEŠKI METALI	Izvori teških metala mogu biti komercijalne ili industrijske aktivnosti. Ukoliko će otpadna voda nakon obrade ponovno ići u uporabu, tada ih je potrebno ukloniti.
HRANJIVE TVARI	Ove tvari uključuju dušik, fosfor i ugljik te ukoliko se ispuste u vodeni okoliš, doći će do povećanog razvoja biljnih i životinjskih vrsta. Ukoliko se u poprilično velikoj količini ispuste u tlo, kao posljedica toga može doći do zagađenja podzemnih voda.
SUSPENDIRANE TVARI	Naslage mulja i anaerobni uvjeti mogu nastati njihovim posredstvom, ukoliko se otpadna voda ispusti u okoliš, a ne bude podvrgnuta prethodnoj obradi.
PATOGENI	Njihovom prisutnošću u vodi se mogu prenijeti zarazne bolesti.
STABILNI ORGANSKI SPOJEVI	Tu se ubrajaju površinski aktivne tvari, fenoli i pesticidi. Njih je vrlo teško ukloniti konvencionalnim metodama obrade.
BIORAZGRADIVE ORGANSKE TVARI	Sastoje se od masnoća, ugljikovodika, proteina te se mogu odrediti pomoću KPK (kemijska potrošnja kisika) ili BPK (biološka potrošnja kisika). Može doći do iscrpljivanja prirodnih izvora kisika i razvoja septičnih uvjeta, ukoliko je ova vrsta organskih tvari prisutna u većoj količini u otpadnoj vodi koja bi se kao neobrađena ispustila u okoliš.
OTOPLJENI ANORGANSKI SPOJEVI	Ukoliko će se otpadna voda nakon obrade ponovno upotrijebiti, kalcij, natrij i sumpor kao anorganski spojevi se moraju ukloniti iz vode.

### 3.1 Utjecaj štetnih tvari na životinje

Osim izravno konzumacijom onečišćene vode, postoji još načina kako otpadne vode utječu na životinje. Svježije rasprostranjeni mulj koji nastaje u postupku pročišćavanja



otpadnih voda predstavlja veliku opasnost za životinje. Životinje u njemu pronalaze hranjive tvari, a budući da taj mulj (Slika 5.), sadrži kemijske toksine i iznad toga patogene, predstavlja ozbiljan zdravstveni rizik za živa bića (Kowalski, 2018). Štetne tvari iz mulja akumuliraju se u crvima i kukcima tijekom vremena. Ptice i sisavci koji jedu te životinje kao rezultat toga akumuliraju i toksine u svojim organima. Patogeni koji se nalaze u mulju šire se tjelesnim tekućinama (krv, mlijeko, mokraća, slina...) i mogu uzrokovati smrtonosnu bolest priona (Kowalski, 2018). Prioni su najsitnije čestice, sitnije od virusa, a izgrađene su od proteina. Uzrokuju proteinske bolesti, kao kravlje ludilo, Creutzfeld-Jakobovu bolest i kuru bolest, koje u kasnijim stadijima dovode do grčeva, demencije i paraliziranosti. Razdoblje inkubacije može trajati do 10 godina, a prioni napadaju isključivo živčani sustav (mozak i leđnu moždinu). Životinje koje su pogođene tom bolesti su sisavci, vodozemci, insekti te morski svijet (Kowalski, 2018). Poznato je da kemikalije koje razgrađuju hormone u mulju uzrokuju deformacije u vodozemcima. Ispuštanje otpadnih voda u lukama i lučkim područjima te kanalizacija koja potječe iz postrojenja za obradu otpada su neki od izvora koji utječu na onečišćavanje priobalnih područja. Zbog toga se u vodi može naći povećan broj patogena koji dovode do potrošnje kisika i širenja bolesti.



Slika 5. Mulj iz obrađene otpadne vode (Kowalski, 2018).

## 3.2 Utjecaj štetnih tvari na zdravlje ljudi

Postoji povezanost između štetnih tvari iz otpadnih voda i problema sa zdravljem čovjeka. Bolesti koje uzrokuju mikroorganizmi poznati su kao patogeni i ti patogeni šire bolesti izravno među ljudima. Mnoge bolesti koje se prenose vodom šire se sa čovjeka na čovjeka (Halder & Islam, 2015). Obilne kiše i poplave povezane su s ekstremnim vremenskim uvjetima i izazivaju različite bolesti u razvijenim zemljama, ali i u onima u razvoju (Ahmad i sur, 2014). 10% stanovništva ovisi o hrani i povrću koje se uzgaja u onečišćenoj vodi (Corcoran i sur, 2010). Veliki broj zaraznih bolesti koje se prenose vodom povezane su s fekalnim onečišćenjem izvora vode, a kao rezultat se pojavljuju problemi sa zdravljem. To uključuje različite bolesti kao što su respiratorne bolesti, rak, problemi sa probavom, neurološki poremećaji i kardiovaskularne bolesti (Ullah i sur, 2014). Dušikove kemikalije uzrokuju rak i tzv. Sindrom plavog djeteta (eng. „blue baby sindrom“) koji se karakterizira plavom ili ljubičastom kožom djeteta, a uzrok tome je nedostatak kisika koji protječe u tijelu (Krishnan & Indu, 2006). Stopa smrtnosti zbog raka viša je u ruralnim područjima nego u urbanim, jer u urbanim područjima stanovnici upotrebljavaju pročišćenu vodu za piće, a u ruralnim upotrebljavaju pretežno neprerađenu vodu iz lokalnih vodozahvata. Siromašni stanovnici su izloženi većem riziku od bolesti zbog nepravilnih sanitarnih uvjeta, higijene i vodoopskrbe. Zagađena voda ima i velike negativne utjecaje na žene koje su tijekom trudnoće izložene kemikalijama (olovu, živi) jer je ugroženo zdravlje fetusa. Također, voda zagađena teškim metalima dovodi do ciroze jetre, gubitka dlake i zatajenja bubrega (Salem i sur, 2000).

Nepročišćena voda za piće jedan je od uzroka bakterijskih bolesti. Bakterija *Kampilobakterioza* jedan je od najčešćih uzroka trovanja hranom u Europi i SAD-u. Visoka temperatura, bol u truhu i mišićima, glavobolja glavni su simptomi dijareje. Jedna od bolesti uzrokovana nepročišćenom vodom je i zaraza kolerom. Simptomi ove bolesti su proljev, mučnina, povraćanje, a u nekim slučajevima može doći i do zatajenja bubrega i dehidracije. Bakterija *Salmonella*, također se nalazi u zagađenoj vodi, inficira probavni trakt i ako se ne liječi, može doći do smrti. Bakterijske bolesti se liječe antibioticima (Fleming, 1928.).

Virusne bolesti ili infekcije su uzrokovane virusima. Hepatitis je virusna bolest koju uzrokuje zagađena voda i utječe na rad jetre. Žutica, gubitak apetita, umor i visoka temperatura simptomi su hepatitisa. Ako dugo traje, može dovesti do smrti. Liječi se cjepivom. Encefalitis je bolest koja se širi ugrizom zaraženog komarca. Većina ljudi ne pokazuje nikakve simptome, ali neki od simptoma su glavobolja, visoka temperatura, bol u mišićima, no u teškim slučajevima dolazi do kome i paralize. Za tu bolest ne postoji cjepivo. Dječja paraliza je bolest, čiji su simptomi kašalj, temperatura, mučnina, proljev, a ponekad i paraliza. Liječi se isključivo simptomatsko. Gastroenteritis je upala želuca i crijeva praćena grčevima u trbuhu, povraćanjem i proljevom. Bolest može biti opasna kod dojenčadi, male djece i osoba s invaliditetom. Neki virusi i bakterije su navedeni u tablici 3. (Štrkalj, 2014).

Neki od teških metala koji se nalaze u onečišćenoj vodi su arsen, olovo, kadmij i živa. Arsen se skuplja u jetri, slezeni, bubrezima, plućima i probavnom traktu. Simptomi anorganskog trovanja arsenom, uključuju bol u trbuhu, mučninu, povraćanje, proljev, nizak krvni tlak te grčeve u mišićima. Simptomi težeg trovanja arsenom uključuju, probleme s radom srca, krvarenja u crijevima, žutica, te nakupljanje kiseline u bubrezima (Sofilić, 2014.).

Olovo je otrovno za centralni i periferni živčani sustav, jer izaziva štetne neurološke učinke. Simptomi trovanja olovom su povraćanje, bol u abdomenu, nedostatak apetita, velika količina bjelančevina u krvi, te promjene u radu bubrega. Najosjetljivija populacija na olovo su djeca, a simptomi kod njih su vidljivi u problemima s učenjem, inteligencijom, te ponašanjem (Sofilić, 2014).

Kadmij se upotrebljava za mnoge predmete, uključujući akumulatore, a eksploatacijom i obradom olova, bakra i cinka dolazi do otpuštanja kadmija putem otpadnih voda i dimnih plinova. Simptomi trovanja kadmijem su povraćanje, umor, glavobolja, visoka temperatura. Također, može doći i do problema s radom bubrega, a karakterizira se izlučivanjem vrlo velikih razina proteina u urinu. Živa može utjecati na rad pluća, bubrega i mozga. Simptomi trovanja uključuju umor, depresiju, slabost i glavobolju (Sofilić, 2014).

Tablica 3. Kemijski i biološki agensi u pitkoj vodi

Biološki agensi i bolesti	Kemijski agensi
<p><b>Bakterije:</b> šigele, salmonele, vibrio, E.coli, streptokok fekalnog izvora, spirohete, pesudomonas</p> <p><b>Bolesti:</b> bacilarna dizenterija, trbušni tifus, paratifus, kolera, gastroenteritis, legionarska bolest, leptorpiroza, tularemija</p>	<p>Nitrati i nitriti                      Olovo                      Arsen                      Fluor                      PAH                      Mineralna gnojiva                      Fosfor                      Pesticidi                      Fitofarmaceutska sredstva                      PCB's</p>
<p><b>Virusi:</b> virus hepatitisa A, poliovirusi, Norwalk Norwalk like virus, rotavirus, calicivirus, abenivirusi, Cocksacki, ECHO</p>	
<p><b>Paraziti i helminti:</b> kriptosporidoza, amebna dizenterija, amebni meningoencefalitis, giardiaza, trihurijaza, ascardioza, shistomijaza, drakunkulijaza</p>	
<p><b>Insekti-vektori bolesti:</b>  <b>Komarci:</b> malarija, filarijaza, žuta groznica  <b>Muhe:</b> tripanosomijaza</p>	

## 4. Zaštita voda

Zaštita voda predstavlja načelo jedinstva vodnog sustava i održivog razvoja radi osiguranja odgovarajućeg vodnog režima (kakvoća i količina voda), a temelji se na odredbama *Državnog plana za zaštitu voda (NN 8/99)*, *Zakona o vodama (NN 66/19)* te drugih dokumenata, kao što su: *Zakon o zaštiti okoliša (NN 118/18)*, *Zakon o zaštiti prirode (NN 80/13)*, *Nacionalna strategija zaštite okoliša (NN 46/02)* i *Nacionalni plan djelovanja na okoliš (NN 46/02)*, *Zakon o komunalnom gospodarstvu (NN 68/18)*. Mjere zaštite propisane su i Pravilnikom o uvjetima za utvrđivanje zona sanitarne zaštite izvorišta (NN 66/11). Važno je poznavati i međunarodne uvjete koje je Republika Hrvatska potpisala u postupcima ratifikacije, a ti uvjeti se odnose na provedbu mjera i izgradnju vodnih građevina za zaštitu voda.

Zaštita voda provodi se temeljem *Državnog plana zaštite voda*, koji uključuje pasivne i aktivne mjere u zaštiti voda i mora od onečišćenja s kopna kao što su: *mjere za očuvanje kakvoće voda, mjere za sprječavanje i smanjenje onečišćenja voda, opće administrativne mjere, provedbene mjere, mjere za slučajeve iznenadnih i izvanrednih onečišćenja, plan građenja objekata za zaštitu voda, te izvore i načine financiranja*. Pasivne mjere zaštite voda čine *vodne građevine za zaštitu voda, uređaji za prethodno čišćenje (industrija), te uređaj za čišćenje otpadnih voda stanovništva i industrije (sustav za prikupljanje, čišćenje i dispoziciju otpadnih i oborinskih voda)* prema odluci Hrvatskog sabora o proglašenju zakona o vodama (NN 66/19).

### 4.1. Mjere zaštite voda

Voda zbog svojih prirodnih svojstava ne može biti u ničijem vlasništvu, zato se definira kao opće dobro. Vode kao opće dobro imaju posebnu zaštitu Republike Hrvatske. Svaki korisnik vode dužan je koristiti vodu na način i u opsegu kojim se voda čuva od rasipanja i štetnih promjena njezinih svojstava i ne omogućuje zakonsko pravo korištenja voda drugim osobama.

Zakonom je navedeno da se zaštita voda od onečišćavanja provodi zbog očuvanja života i zdravlja ljudi i zaštite okoliša i prirode, te omogućavanja neškodljivog i nesmetanog korištenja voda za različite namjene.

Zaštita voda provodi se u skladu s Državnim planom za zaštitu voda (NN 8/99) i Županijskim planom za zaštitu voda. Županijski plan za zaštitu voda mora biti u skladu s Državnim planom za zaštitu voda. Državni plan za zaštitu voda donosi Vlada Republike Hrvatske. Županijski plan za zaštitu voda donosi županijska skupština na prijedlog „Hrvatskih voda“.

Ove navedene mjere bi zaštitile vodu u prirodi:

- zamjena postojeće tehnologije čišćom tehnologijom,
- smanjenje opterećenja otpadnim vodama iz tehnoloških procesa,
- rekonstrukcija i izgradnja uređaja za pročišćavanje otpadnih voda iz sustava javne odvodnje,
- rekonstrukcija i izgradnja sustava javne odvodnje,
- smanjenje onečišćenja voda od agro-tehničkih sredstava,
- uklanjanje kopnenih izvora onečišćenja mora
- gradnja novih sanitarnih i saniranje postojećih deponija za otpad,

Nadzor nad provedbom općih/ administrativnih mjera zaštite vode u prirodi provodi vodopravna inspekcija, ali i sanitarna inspekcija, ako je u pitanju onečišćenje vode koje bi moglo ugroziti zdravlje čovjeka.

## 4.2 Zakonska regulativa o zaštiti voda

Ovim se zakonom uređuju pravni status voda, vodnoga dobra i vodnih građevina, upravljanje kakvoćom i količinom voda, zaštita od štetnog djelovanja voda, detaljna melioracijska odvodnja i navodnjavanje, djelatnosti javne vodoopskrbe i javne odvodnje, posebne djelatnosti za potrebe upravljanja vodama, institucionalni ustroj obavljanja tih djelatnosti i druga pitanja vezana za vode i vodno dobro.

Zaštita voda **Članak 46** (NN 66/19).

(1) Zaštita voda ima za cilj:

- spriječiti daljnje pogoršanje, zaštititi i poboljšati stanje vodnih ekosustava te, s obzirom na potrebe za vodom, kopnenih ekosustava i močvarnih područja izravno ovisnih o vodnim ekosustavima
- promicati održivo korištenje voda na osnovi dugoročne zaštite raspoloživih vodnih resursa
- osigurati postupno smanjenje onečišćenja podzemnih voda i sprječavati njihovo daljnje onečišćenje, te pridonijeti ublažavanju posljedica poplava i suša
- bolje zaštititi i poboljšati stanje vodnog okoliša, među ostalim i putem specifičnih mjera za postupno smanjenje ispuštanja, emisija i rasipanja opasnih tvari s prioritetne liste, te prekid ili postupno ukidanje ispuštanja, emisija ili rasipanja opasnih tvari s prioritetne liste

(2) Ostvarenjem ciljeva iz stavka 1. ovoga članka pridonosi se:

- očuvanju života i zdravlja ljudi
- znatnom smanjenju onečišćenja podzemnih voda
- zaštiti kopnenih površinskih voda i morskih voda
- sprječavanju daljnjeg pogoršanja te zaštiti i poboljšanju stanja vodnih ekosustava te, s obzirom na potrebe za vodom, kopnenih ekosustava i močvarnih područja izravno ovisnih o vodnim ekosustavima
- osiguravanju dodatnih količina površinskih i podzemnih voda dobre kakvoće potrebnih za održivo, uravnoteženo i pravično korištenje voda

(3) Zaštita voda ostvaruje se donošenjem provedbenih propisa iz ovoga poglavlja, nadzorom nad stanjem kakvoće voda i izvorima onečišćenja, kontrolom onečišćenja, zabranom ispuštanja onečišćujućih tvari u vode i zabranom drugih radnji i ponašanja koje mogu izazvati onečišćenje vodnoga okoliša i okoliša u cjelini.

(4) Provedba mjera zaštite voda od onečišćenja ne može izravno ili neizravno povećati onečišćenje kopnenih voda.

(5) Zaštita voda uključuje uvijek i zaštitu vodnog okoliša, a gdje je primjenjivo i drugih sastavnica okoliša.

Također, postoji i zakonska obveza za sve koji iz proizvodnih procesa ispuštaju tehnološke otpadne vode, odnosno obveza za njihovim adekvatnim zbrinjavanjem. Prema odredbama iz Pravilnika o graničnim vrijednostima pokazatelja opasnih i drugih tvari u otpadnim vodama ( NN 94/08), u Tablici 4 su za pojedine pokazatelje kakvoće voda prikazane dozvoljene koncentracije opasnih tvari u tehnološkim otpadnim vodama, odnosno njihove granične vrijednosti.

Tablica 4. Dozvoljene koncentracije opasnih tvari, odnosno granične vrijednosti (Vouk,2011.)

Pokazatelji i tvari	za ispuštanje u površinske vode	za ispuštanje u sustav javne odvodnje
pH-vrijednost	6,5 -9,0	6,5 – 9,5
BPK <sub>5</sub> mg O <sub>2</sub> / L	25	-
KPK mg O <sub>2</sub> / L	125	-
Ukupni fosfor mg P / L	2 ( 1 za jezera )	-
Ukupni dušik mg N / L	10	-
Ukupna suspendirana tvar mg/L	35	-
Ukupna ulja i masnoće mg / L	20	100

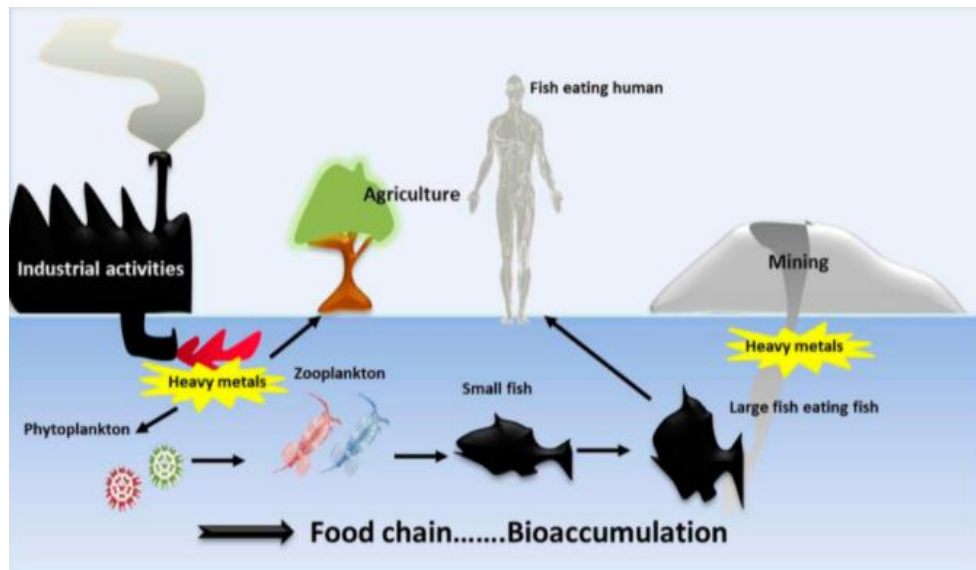


## 5. Akumulacija štetnih tvari kroz hranidbeni lanac

Zbog globalne industrijske revolucije, onečišćenje ekosustava teškim metalima dovelo je do jednog od najvažnijih ekoloških problema, akumulaciju u živim tkivima, posebice ljudskim te ranih razvojnih stadija riba i životinjskog svijeta. Na bioakumulaciju teških metala u tkivima riba može utjecaji nekoliko čimbenika, uključujući koncentraciju metala, vrijeme izlaganja, način unosa metala i razni uvjeti okoliša, kao što je temperatura vode. Prepoznavši opasnost kontaminacije teškim metalima i utjecajima na ekosustav, morali su se pronaći novi načini praćenja i kontrole onečišćenja. Najznačajniji izvori onečišćenja okoliša teškim metalima je industrijska aktivnost (Klepeis i sur, 2001). Teški metali kao što su olovo, živa, kadmij, bakar, prirodno se pojavljuju u dubokim slojevima zemlje i prisutni su u tlu, stijenama i sedimentima. Osim toga, geološko raspadanje, antropogene emisije iz sirovih rudnika, dobivanje metala iz podzemnih rudnika i rudarske djelatnosti dovode do povećanja koncentracija teških metala u okolnom okolišu i onečišćenja vode (Sankhla i sur, 2016). Razni teški metali ne mogu se degradirati, stoga se akumuliraju u jezerskim sedimentima (estuariju ili moru). Biološki gledano, teški metali svrstavaju se u skupinu esencijalnih metala (npr. Fe, Ni, Cu i Zn) koji su neophodni za metabolizam ribe te skupinu neesencijalnih metala (npr. Hg, Pb i Cd), koji su toksični čak i u tragovima i koji imaju nepoznate funkcije u biološkim sustavima (Wakawa i sur, 2008).

Ribe su posebno osjetljive i vrlo izložene onečišćujućim tvarima zbog prehrane i života u vodenim ekosustavima. Teški metali ulaze u ribu izravnom apsorpcijom iz vode kroz škrge i kožu ili gutanjem kontaminirane hrane. Slika 6. pokazuje kako metali dopijevaju do njih te kako se oni dalje akumuliraju i šire sve do čovjeka. Metali potom ulaze u krvotok riba i postupno se akumuliraju u tkivima, posebno u jetri, gdje se transformiraju i izlučuju ili prenose potrošačima kroz prehrambeni lanac (Amini i sur, 2013). Glavne prijetnje za potrošače ribe povezane su s izloženošću kadmiju, živi, arsenu i olovu. Za ljude postoji nekoliko različitih izvora onečišćenja teškim metalima, kao što su baterije nikla i kadmija te pušenje cigareta, što se smatra glavnim izvorom izloženosti kadmiju, izazivajući ozbiljne učinke poput oštećenja bubrega i prijeloma kostiju (Khafaga i sur, 2019). Međutim, ljudi mogu biti izloženi metalima i na druge načine, a najznačajniji je preko hrane. Živa i olovo su najpoznatiji metali koji dopijevaju do čovjeka preko hrane. Iako ima mnogo izvora kontaminacije teškim metalima, većina

ih stigne do organizama u vodi, što opasno utječe na ribe i potrošače riba. Ti se izvori izloženosti obično povećavaju zbog razvoja ljudskih aktivnosti, povećane industrijalizacije i ispuštanja otpada u riblje okruženje (Haseena i sur, 2017). Bioakumulirana živa može izazvati oštećenje mozga za potrošače ribe i morskih plodova (Kaur, 2011).



Slika 6. Bioakumulacija teških metala i njihov efekt na prehrambeni lanac (El-Sayed i sur, 2020).

Živa je jedini metal koji postoji u tekućem obliku. Može djelovati pomalo kao voda, ali uopće nije poput vode, posebno u potencijalnim štetnim djelovanjima, koje može imati na ljude i ekosustave. Glavni izvor žive u okolišu proizlazi iz ljudske aktivnosti, putem proizvodnje električne energije na ugljen i zbrinjavanja industrijskog otpada (USGS, 2003). Jednom kada se živa ispusti u okoliš, mikroorganizmi koji se nalaze u tlu i u vodenom okolišu mogu je pretvoriti u biološki toksičan oblik metil-žive (MeHg). Živa je izuzetno otrovna, može se apsorbirati dodirrom, udisajem ili konzumacijom. Ona se nakuplja u tijelu svaki puta kada je tijelo njoj izloženo i vrlo ju je teško ukloniti. Ako se je nakupi previše u organizmu, može doći do trovanja živom, što je veoma neugodno i potencijalno smrtonosno. Najveći problem leži u tome jer se lako apsorbira u prehrambeni lanac. Štetni oblik žive, odnosno metil-živa, brzo prelazi biološke membrane i može se akumulirati u organizmu, što dovodi do štetnih posljedica. Drugim

riječima, sitni organizmi mogu apsorbirati živu, a zatim sitne morske ribe jedu te organizme, te potom veća riba jede manju. To znači da velike ribe koje konzumiraju manje ribe, zapravo jedu akumuliranu živu sadržanu u akumuliranoj ribi. Ta bioakumulacija može uzrokovati visoke razine žive u ribama grabežljivicama (koje konzumiraju ljudi) i mogu imati štetan utjecaj na ljude i na životinje. Razine metil-žive u ribama grabežljivicama je više od milijun puta veća od razine metil-žive u vodi u kojoj riba živi. Živa uništava živčano tkivo i utječe na živčani sustav i mozak (Sofilić, 2014). Neurotoksini uzrokuju utrnulost, slabost ili paralizu zahvaćenog dijela tijela u odraslih osoba. U razvoju fetusa, živa može uzrokovati prirodene mane i trajno oštećenje mozga. Životinje koje se oslanjaju na brzinu i koordinaciju dobivanja hrane, kao što su orlovi, vidre, jastreb, su posebno izložene riziku. Također, javljaju se deformacije u njihovu razvoju. Živa oslabljuje riblja jaja, otvarajući ih povećanom bakterijskom kontaminacijom.

Osim toga, ljudi su izloženi i utjecaju olova iz zraka, građevnih materijala, hrane i benzina. Olovo se smatra jednom od najopasnijih tvari i onečišćivala okoliša koji utječu na sve biološke sustave. Izloženost olovu inducira patološke promjene kroz toksine u bubrezima i endokrinom sustavu. Visoka razina olova u životinjama, rezultirala je reproduktivnim neuspjehom. Olovo je jedan od globalnih onečišćivala okoliša, tako da životinje lako mogu biti izložene njegovom utjecaju (Sofilić, 2014).

Trovanje olovom, osobito kod životinja proizlazi iz brojnih izvora u okolici, počevši od kontaminirane hrane za životinje te tla od industrijskog onečišćenja ili prometa. Konzumiranje velike količine olova, rezultira trovanjem i smrću životinja (McDowell, 2003). Akumulirani olovo otrovan je u većini njegovih kemijskih oblika, bilo da se inhalira ili proguta u vodi ili hrani za životinje. Međutim, zbog spore eliminacije, štetne razine olova mogu se akumulirati u tkivima nakon dugotrajne izloženosti malim količinama (Ercal i sur, 2001). Izloženost olovu, široko je prepoznata kao značajan problem javnog zdravlja posljednjih desetljeća, a visoke razine kontakta s olovom na radu, sada su strogo kontrolirane zbog njihovih štetnih učinaka na zdravlje. Međutim, izloženost olovu u okolišu, kao što je ono u vodi iz slavine (zbog olova iz vodovodnih cijevi), kontaminaciji hranom i prašini iz kućanstva i dalje zagađuje okoliš u svakodnevnom životu. Izloženost olovu, također se smatra štetnim i povezanim sa abnormalnostima u ponašanju, problemima sa sluhom, neuromuskularnom slabošću i oštećenim kognitivnim funkcijama kod ljudi i životinja (Flora i sur, 2012).

## 6. Zaključak

Čovjek živi ispunjavajući svoje potrebe, nedovoljno svjestan različitih problema koji se zbog njegovog ponašanja događaju u prirodi, posebno u različitim vodenim okruženjima. Kvaliteta vode uvelike utječe na kvalitetu okoliša i kvalitetu života općenito. Voda narušene kvalitete voda može uzrokovati bolesti koje će loše utjecati na živi svijet, ujedno i na zdravlje ljudi. Onečišćenje vode u prirodi moguće je smanjiti zaštitnim mjerama te pravilnim upravljanjem vodama, pogotovo odgovarajućim postupcima pročišćavanja otpadnih voda.

Pojava onečišćenja još od industrijske revolucije do danas postupno postaje sve raširenija, tako se onečišćenja različitim štetnim tvarima poput teških metala danas nalaze i u najsitnijim organizmima. Budući da jako teško nestaju, teški metali su pogodni za akumulaciju u različitim tkivima, a nagomilavanjem kroz hranidbeni lanac koncentracije postaju sve veće. Najveći problem je što je na vrhu hranidbenog lanca upravo čovjek, pa onečišćenje koje svojim aktivnostima unosi u okoliš na kraju ponovno dolazi do njega. U literaturi postoji niz provedenih istraživanja o bioakumulaciji žive i olova u različitim organizmima te je dokazan njihov štetan utjecaj na različite načine. Sigurno postoji puno više tvari koje se ponašaju na sličan način. Ispuštanje štetnih tvari u okoliš treba se svesti na najmanju moguću mjeru.

## 7. Popis literature

1. Ahmad S., Yousafzai, A.M., Bari, F., Ullah, T. (2014): Assessment of heavy metals in surface water of River PanjkoraDir Lower, KPK Pakistan. *J Bio and Env Sci.* 5: 144-52.
2. Amini, Z., Pazooki, J., Abtahi, B., Shokri, M.R. (2013): Bioaccumulation of Zn and Cu in Chasar bathybius (Gobiidae) tissue and its nematode parasite *Dichelyne minutus*, southeast of the Caspian Sea, Iran. *Indian J. Geomarine Sci.* **2013**, 42, 196–200.
3. Biondić R. (2009): Hrvatske vode, Strategija upravljanja vodama, Zagreb: <raspoloživo na: [https://www.voda.hr/sites/default/files/dokumenti/strategija\\_upravljanja\\_vodama.pdf](https://www.voda.hr/sites/default/files/dokumenti/strategija_upravljanja_vodama.pdf)> , pristupljeno 20.4. 2021.
4. Boyd, C.E (2015): School of Fisheries, Aquaculture and Aquatic Sciences, Auburn University, Auburn, AI, USA
5. Characteristics of Water Pollution in Typical Reservoirs, [Internet] <raspoloživo na : [https://www.researchgate.net/publication/292613439\\_Characteristics\\_of\\_Water\\_Pollution\\_in\\_Typical\\_Reservoirs](https://www.researchgate.net/publication/292613439_Characteristics_of_Water_Pollution_in_Typical_Reservoirs) > , pristupljeno 20.4. 2021.
6. Clean water space, Causes of water pollution, <raspoloživo na : [http://www.cawater-info.net/all\\_about\\_water/en/?p=3216](http://www.cawater-info.net/all_about_water/en/?p=3216) > , pristupljeno 25.3. 2021.
7. Copper in Drinking-water, Background document for development of WHO *Guidelines for Drinking-water Quality*, [Internet] <raspoloživo na : [https://www.who.int/water\\_sanitation\\_health/dwq/chemicals/copper.pdf](https://www.who.int/water_sanitation_health/dwq/chemicals/copper.pdf) > , pristupljeno 13.5. 2021.
8. Corcoran E., Nellesmann C., Baker E. (2010): Sick water? The central role of wastewater management in sustainable development. A Rapid Response Assessment. United Nations Environment Programme.
9. Damijanović D. (2019): Otpadne vode i utjecaj na čovjeka, <raspoloživo na : <https://repozitorij.vuka.hr/islandora/object/vuka%3A1392/datastream/PDF/view> >, pristupljeno 28.4. 2021.

10. David H.F, Bella L. i G. Liptak: (1999): Groundwater and Surface Water Pollution.
11. Division of Public Health, SEWAGE, [Internet] <raspoloživo na <https://dhss.delaware.gov/dhss/dph/files/sewagefaq.pdf> > , pristupljeno 24.3.2021.
12. Effects of Wastewater On The Environment, [Internet] <raspoloživo na : <https://www.organicawater.com/effects-wastewater-environment/> > , pristupljeno 17.4.2021.
13. El-Sayed E.M., Ahmed A.A, Asmaa F.K, Samar S.E. (2020): Promatranje onečišćenja teškim metalima u ekosustavu, < raspoloživo na : [https://www.mdpi.com/2076-2615/10/5/811/htm#fig\\_body\\_display\\_animals-10-00811-f001](https://www.mdpi.com/2076-2615/10/5/811/htm#fig_body_display_animals-10-00811-f001) > , pristupljeno 17.4.2021.
14. Envimac water, Industrial waste water treatment, <raspoloživo na : <http://www.envimac-water.com/offer/26/industrial-waste-water-treatment>>, pristupljeno 25.3.2021.
15. Environment, Homes pollute linked percent pollution, [Internet] <raspoloživo na : <https://phys.org/news/2009-08-homes-pollute-linked-percent-pollution.html> > , pristupljeno 21.3.2021.
16. Environmental Risk Assessment and Remediation (2017), Volume 1, Water pollution and human health, [Internet], <raspoloživo na : <https://www.alliedacademies.org/articles/water-pollution-and-human-health-7925.html> > , pristupljeno 17.4.2021.
17. Ercal N., Gurer-Orhan H., Aykin-Burns N. (2001), Toxic metals and oxidative stress Part. I: Mechanisms involved in metal-induced oxidative damage. *Curr. Top. Med. Chem.* 2001;1(6):529–539.
18. Flora G., Gupta D., Tiwari A. (2012): Toxicity of lead: A review with recent updates. *Interdiscip. Toxicol.* 2012;5(2):47–58
19. Glancer-Šoljan, M., Landeka Dragičević, T., Šoljan, V., & Ban, S., (2001): Biološka obrada otpadnih voda. Interna skripta.
20. Europska agencija za okoliš ( 1998. ): Urban wastewater projects-a layperson's guide , Vodoprivredno-projektni biro, d.d. Zagreb ( 1998. ), Vodoprivredno-projektni biro d.d. Zagreb, 1999, str.12

21. Sve o antibioticima, Farmacia, < raspoloživo na : <https://www.farmacia.hr/farmacia-preporucuje/clanci/57/sve-o-antibioticima/> > , pristupljeno 13.4. 2021.
22. Halder J.N., Islam M.N., (2015): Water pollution and its impact on the human health. *Journal of environment and human*. 2015;2(1):36-46.
23. Haseena, M., Malik, M.F., Javed, A., Arshad, S.; Asif, N., Zulfiqar, S., Hanif, J. (2017): Water pollution and human health. *Environ. Risk Assess. Remediat.* **2017**, 1, 16–19.
24. Health Effects of Excess Copper, [Internet] <raspoloživo na : <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK225400/> > , pristupljeno 13.5. 2021.
25. Impact of Wastewater on Surface Water Quality in Developing Countries: A Case Study of South Africa, [Internet] <raspoloživo na : <https://www.intechopen.com/books/water-quality/impact-of-wastewater-on-surface-water-quality-in-developing-countries-a-case-study-of-south-africa> > , pristupljeno 3.5. 2021.
26. Javna odvodnja (2019): Pčodaci o javnoj odvodnji, godišnji provedbeni plan statističkih aktivnosti Republike Hrvatske 2020. god. (NN, br 12/20.) , <raspoloživo na : [https://www.dzs.hr/Hrv\\_Eng/publication/2020/06-01-03\\_01\\_2020.htm](https://www.dzs.hr/Hrv_Eng/publication/2020/06-01-03_01_2020.htm) > , pristupljeno 20.3. 2021.
27. Kaur, P., Aschner, M., Syversen, T. (2011): Biochemical factors modulating cellular neurotoxicity of methylmercury. *J. Toxicol.* **2011**, 2011, 721987.
28. Khafaga, A.F., El-Hack, M.E.A., Taha, A.E., Elnesr, S.S., Alagawany, M. (2019): The potential modulatory role of herbal additives against Cd toxicity in human, animal, and poultry: A review. *Environ. Sci. Pollut. Res.* **2019**, 26, 4588–4604.
29. Klepeis, N.E., Nelson, W.C., Ott, W.R., Robinson, J.P., Tsang, A.M., Switzer, P., Behar, J.V., Hern, S.C., Engelmann, W.H. (2001): The National Human Activity Pattern Survey (NHAPS): A resource for assessing exposure to environmental pollutants. *J. Expo. Sci. Environ. Epidemiol.* **2001**, 11, 231.

30. Kowalski, D. (2018): Sewage Sludge Victims, <raspoloživo na : <http://www.sludgevictims.com/effects-on-wildlife.html> > , pristupljeno 29.5. 2021.
31. Krishnan S., Indu R. (2006): Groundwater contamination in India: Discussing physical processes, health and sociobehavioral dimensions. IWMI-Tata, Water Policy Research Programmes, Anand, India. 2006.
32. Landrigan, P.J., Fuller R., Chiles T., (2017) : The Lancet Commission on pollution and health, < raspoloživo na : <https://www.thelancet.com/commissions/pollution-and-health> > , pristupljeno 20.3. 2021.
33. Mara, D., (2004), Domestic Wastewater Treatment in Developing Countries. London: Earthscan Publications, pp.1-7.
34. Masson-Delmotte, V., Zhai, P., Pörtner, H.O, Roberts D., Skea J., Shukla P.R., Pirani A., Moufouma-Okia W., Péan C., Pidcock R., Connors S., Matthews J.B.R., Chen Y., Zhou X., Gomis M.I., Lonnoy E., Maycock T., Tignor M., Waterfield T. (2018): Global Warming of 1.5°C. An IPCC Special Report on the impacts of global warming of 1.5°C above pre-industrial levels and related global greenhouse gas emission pathways, in the context of strengthening the global response to the threat of climate change, sustainable development, and efforts to eradicate poverty <raspoloživo na : [https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/sites/2/2019/06/SR15\\_Full\\_Report\\_High\\_Res.pdf](https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/sites/2/2019/06/SR15_Full_Report_High_Res.pdf) >, pristupljeno 4.4. 2021.
35. McDowell L.R. (2003): *Minerals in Animal and Human Nutrition*. 2nd ed. Amsterdam: Elsevier Science; 2003. pp. 361–364
36. Narodne novine, NN 12/2020, (17.1.2020.), Hrvatski sabor, Godišnji provedbeni plan statističkih aktivnosti Republike Hrvatske 2020. godine, < raspoloživo na : [https://narodne-novine.nn.hr/clanci/sluzbeni/2020\\_01\\_12\\_213.html](https://narodne-novine.nn.hr/clanci/sluzbeni/2020_01_12_213.html) >, pristupljeno 14.4. 2021.
37. Narodne novine, NN 46/2018, (18.5.2018.), Hrvatski sabor, Zakon o izmjenama i dopunama Zakona o vodama, 2018, <raspoloživo na : [https://narodne-novine.nn.hr/clanci/sluzbeni/2018\\_05\\_46\\_867.html](https://narodne-novine.nn.hr/clanci/sluzbeni/2018_05_46_867.html) >, pristupljeno 14.4. 2021.
38. Narodne novine, NN 66/2019, (10.7.2019.), Hrvatski sabor, Zakon o vodama , < raspoloživo na : [https://narodne-novine](https://narodne-novine.nn.hr/clanci/sluzbeni/2019_07_66_1000.html)



- [novine.nn.hr/clanci/sluzbeni/full/2019\\_07\\_66\\_1285.html](http://novine.nn.hr/clanci/sluzbeni/full/2019_07_66_1285.html) > , pristupljeno 5.4. 2021.
39. Narodne novine, NN 94/08, (13.8.2008), Hrvatski sabor, Pravilnik o graničnim vrijednostima opasnih i drugih tvari u otpadnim vodama, < raspoloživo na : [https://narodne-novine.nn.hr/clanci/sluzbeni/2008\\_08\\_94\\_2963.html](https://narodne-novine.nn.hr/clanci/sluzbeni/2008_08_94_2963.html) > , pristupljeno 20.5. 2020.
40. Narodne novine, NN 8/1999, ( 14.1.1999.), Hrvatski sabor, Državni plan za zaštitu voda, < raspoloživo na : [https://narodne-novine.nn.hr/clanci/sluzbeni/1999\\_01\\_8\\_98.html](https://narodne-novine.nn.hr/clanci/sluzbeni/1999_01_8_98.html) >, pristupljeno 25.3. 2021.
41. Otpadne vode, [Internet], <raspoloživo na : [aq-metal.net/otp-vode](http://aq-metal.net/otp-vode) > , pristupljeno 23.3. 2021.
42. Otpadne vode, [Internet], <raspoloživo na: [enciklopedija.hr/natuknica.aspx?ID=45899](http://enciklopedija.hr/natuknica.aspx?ID=45899) > , pristupljeno 20.3. 2021.
43. Salem HM., Eweida EA., Farag A. (2000): Heavy metals in drinking water and their environmental impact on human health. ICEHM. 2000:542-56.
44. Sankhla, M.S., Kumari, M., Nandan, M., Kumar, R., Agrawal, P. (2016): Heavy metals contamination in water and their hazardous effect on human health—A review. *Int. J. Curr. Microbiol. Appl. Sci.* **2016**, 5, 759–766
45. Seth M.S. (2019): Troubled water: What's Wrong with What We drink
46. Sofilić T. (2014): Ekotoksikologija, Sisak, <raspoloživo na : [http://bib.irb.hr/datoteka/743709.Tahir\\_Sofilic\\_EKOTOKSIKOLOGIJA.pdf](http://bib.irb.hr/datoteka/743709.Tahir_Sofilic_EKOTOKSIKOLOGIJA.pdf) >, pristupljeno 20.3. 2021.
47. Source Water Protection (SWP), An official website of the United States government, [Internet] <raspoloživo na : <https://www.epa.gov/sourcewaterprotection/protecting-drinking-water-sources-dwsrf-set-asides> > , pristupljeno 9.4. 2021.
48. Šperac, M., Kaluđer, J., Šreng, T., (2013) : Biljni uređaji za pročišćavanje otpadnih voda, *Electronic Journal of the Faculty of Civil Engineering Osijek-e-GFOS*, 4(7), 76-86.
49. Štrkalj, A. (2014): Onečišćenje i zaštita vode, <raspoloživo na : [https://travelsdocbox.com/Eastern\\_Europe/68366371-Oneciscenje-i-zastitavoda.html](https://travelsdocbox.com/Eastern_Europe/68366371-Oneciscenje-i-zastitavoda.html)> , pristupljeno 28.3. 2021.
50. Tušar B. (2004) : Ispuštanje i pročišćavanje otpadne vode, CROATIA KNJIGA, Zagreb, 2004., str. 13-27, 38-40, 41-47

51. Ullah S., Javed M.W., Shafique M., (2014): An integrated approach for quality assessment of drinking water using GIS: A case study of Lower Dir. *Journal of Himalayan Earth Sciences*. 2014;47(2):163-74.
52. USGS, USGS Pennsylvania Water Science Center, (2003): < raspoloživo na : [https://www.usgs.gov/special-topic/water-science-school/science/mercury-contamination-aquatic-environments?qt-science\\_center\\_objects=0#qt-science\\_center\\_objects](https://www.usgs.gov/special-topic/water-science-school/science/mercury-contamination-aquatic-environments?qt-science_center_objects=0#qt-science_center_objects) > , pristupljeno 9.4. 2021.
53. Vouk D. (2011): Pročišćavanje otpadnih voda, Pravne okosnice i zakonodavni okviri, <raspoloživo na : <https://webgradnja.hr/clanci/prociscavanje-otpadnih-voda-pravne-okosnice-i-zakonodavni-okviri/293> > , pristupljeno 3.5. 2020.
54. Wakawa, R., Uzairu, A., Kagbu, J., Balarabe, M. (2008): Impact assessment of effluent discharge on physico-chemical parameters and some heavy metal concentrations in surface water of River Challawa Kano, Nigeria. *Afr. J. Pure Appl. Chem.* **2008**, 2, 100–106.
55. Water pollution and industries, [Internet], <raspoloživo na : [https://www.researchgate.net/publication/343095250\\_Water\\_pollution\\_and\\_industries](https://www.researchgate.net/publication/343095250_Water_pollution_and_industries) > , pristupljeno 28.3. 2021.
56. Water Pollution: Everything You Need to Know, [Internet] <raspoloživo na : <https://www.nrdc.org/stories/water-pollution-everything-you-need-know> > , pristupljeno 28.3. 2021.
57. Water Protection, Conservation Actions at Global and Local Scales in Marine Social-Ecological Systems, [Internet] <raspoloživo na : <https://www.sciencedirect.com/topics/earth-and-planetary-sciences/water-protection> > , pristupljeno 28.3. 2021.