

OTPADNE VODE, PROČIŠĆAVANJE I ZAKONSKA REGULATIVA

Protulipac, Dalibor

Master's thesis / Specijalistički diplomski stručni

2021

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **Karlovac University of Applied Sciences / Veleučilište u Karlovcu**

Permanent link / Trajna poveznica: <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:128:688616>

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

Download date / Datum preuzimanja: **2025-02-02**



VELEUČILIŠTE U KARLOVCU
Karlovac University of Applied Sciences

Repository / Repozitorij:

[Repository of Karlovac University of Applied Sciences - Institutional Repository](#)



zir.nsk.hr



DIGITALNI AKADEMSKI ARHIVI I REPOZITORIJI

VELEUČILIŠTE U KARLOVCU

ODJEL SIGURNOSTI I ZAŠTITE

**SPECIJALISTIČKI DIPLOMSKI STRUČNI STUDIJ
SIGURNOSTI I ZAŠTITE**

DALIBOR PROTULIPAC

**OTPADNE VODE, PROČIŠĆAVANJE I
ZAKONSKA REGULATIVA**

ZAVRŠNI RAD

KARLOVAC, 2021.

Karlovac University of Applied Sciences

Safety and Protection Department

Specialistgraduate professional study of Safety and Protection

Dalibor Protulipac

**WASTEWATER, TREATMENT AND
LEGISLATION**

Finalpaper

Karlovac, 2021.

Veleučilište u Karlovcu

Odjel Sigurnosti i zaštite

Specijalistički diplomski stručni studij sigurnosti i zaštite

Dalibor Protulipac

OTPADNE VODE, PROČIŠĆAVANJE I ZAKONSKA REGULATIVA

Završni rad

Mentor:

Dr. sc. Igor Peternel, viši predavač

Karlovac, 2021.

VELEUČILIŠTE U KARLOVCU

Stručni/specijalistički studij: Specijalistički diplomski stručni studij
(označiti) sigurnosti i zaštite

Usmjerenje: Zaštita na radu

ZADATAK ZAVRŠNOG RADA

Student: Dalibor Protulipac

Matični broj: 0420410072

Naslov teme: Otpadne vode, pročišćavanje i zakonska regulativa

Opis zadatka:

1. Uvod
2. Izvori zagađenja voda
3. Pročišćavanje otpadnih voda
4. Zakonske odredbe
5. Zaključak
6. Literatura

Zadatak zadan:
lipanj, 2020

Rok predaje rada:
veljača, 2021.

Predviđeni datum obrane:
veljača, 2021.

Mentor:

Predsjednik ispitnog povjerenstva:

Dr. sc. Igor Peternel, viši preavač.

Dr. sc. Zvonimir Matusinović, prof. v.š.

PREDGOVOR

Veliku zahvalnost dugujem svom mentoru Dr. sc. Igoru Peternelu, višem predavaču. koji mi je pomogao svojim savjetima pri izradi ovoga diplomskog rada, što je uvijek imao strpljenja i vremena za brojne upite, te što je pristao biti moj mentor.

Posebnu zahvalnost iskazujem svojoj supruzi koja me je uvijek podržavala i upućivala na pravi put i brinula se o djeci kako bih ja imao dovoljno vremena da završim studij. Tijekom izrade svog završnog rada stručnu pomoć pružio mi je i Dr.sc. Jurac Zlatko prof.v.š., te mu se ovim putem zahvaljujem.

Zahvalan sam svim profesorima Stručnog studija sigurnosti i zaštite na radu koji su mi prenijeli svoje znanje, te pružili daljnju motivaciju za kontinuirani rad i usavršavanje.

SAŽETAK

Ovaj rad opisuje vodu u prirodi u stalnom kruženju a koja je neophodna u mnoge svrhe, kao što su: piće, sanitarne svrhe, poljoprivredu, industriju, urbani razvoj i dr. Drastičnim povećanjem broja stanovnika, porastom industrijske proizvodnje, te prometa, sve je manje čistih rijeka i pitke, slatke vode za piće. U mnogim dijelovima svijeta prisutna je nestašica, postupno uništavanje i povećano zagađivanje slatkovodnih izvora. Onečišćavanje voda, mora, jezera, te za naš život tako važnih rijeka, predstavlja najstariji i najopsežniji oblik zagađivanja čovjekove okoline.

Također u ovom završnom radu obrađena je problematika otpadnih voda sa naglaskom na izvore zagađivanja voda, pročišćavanje zagađenih otpadnih voda, zakonsku regulativu, Navedene su i karakteristike otpadnih voda, njihova podjela i primjeri tretiranja industrijskih i komunalnih otpadnih voda, te neki od najznačajnijih zakona, pravilnika i uredbi vezanih za zaštitu voda i zaštitu okoliša.

SUMMARY

This paper describes constantly circulating water in nature which is necessary for many purposes, such as: for drinking, sanitation purposes, agriculture, industry, urban development, etc. Due to drastic population, industrial production, and traffic growth, the number of clean rivers and the volume of drinking freshwater are decreasing. Many parts of the world face drinking water shortage, gradual destruction, and increased pollution of freshwater sources. The pollution of water, seas, lakes, and rivers, which are very significant in our lives, represents the oldest and the most extensive form of pollution of the human environment.

This final paper also addresses the issue of waste water and focuses on the sources of water pollution, polluted waste water purification, and legislation. It includes the characteristics of waste waters, their classification, and examples of industrial and communal waste water treatment, as well as some of the most important laws, policies, and regulations related to water protection and environmental protection.

SADRŽAJ

1. UVOD.....	1
1.1. Važnost vode	2
1.2. Svojstva vode	5
1.2.1. Fizikalna svojstva vode.....	5
1.2.2. Kemijska svojstva vode	5
1.2.3. Biološka svojstva vode	6
1.2.4. Klasifikacija voda	7
1.3. Gospodarenje vodama	8
2. IZVORI ZAGAĐENJA VODA (ONEČIŠĆENJA).....	11
2.1. Vrste i posljedice onečišćenja vode	13
2.1.1. Fizičko onečišćenje.....	13
2.1.2. Biološko onečišćenje	13
2.1.3. Kemijsko onečišćenje	14
2.1.4. Radiološko onečišćenje.....	14
2.1.5. Najčešći izvori onečišćenja vode	14
2.1.6. Točkasti izvori onečišćenja.....	15
2.1.7. Raspršeni izvori onečišćenja voda	16
2.1.8. Kisele kiše	17
2.2. Izvanredna i iznenadna onečišćenja voda	19
2.2.1. Iznenadno onečišćenje	19
3. PROČIŠĆAVANJE OTPADNIH VODA	23
3.1. Tretman otpadnih voda.....	23
3.1.1. Što su otpadne vode?	23
3.1.2. Karakteristike otpadnih voda	24
3.1.3. Karakteristike kućanskih otpadnih voda	25
3.1.4. Karakteristike industrijskih otpadnih voda	25

3.1.5.	Karakteristike poljoprivrednih otpadnih voda	27
3.1.6.	Oborinske otpadne vode	28
3.1.7.	Procjedne vode.....	28
3.2.	Sustavi za odvodnju otpadnih voda.....	29
3.2.1.	Kanalizacija.....	30
3.2.2.	Vrste kanalizacijskog sustava	30
3.3.	Osnovni postupci obrade otpadnih voda	32
3.3.1.	Mehanička predobrada.....	32
3.3.2.	Fizikalno-kemijska obrada.....	33
3.3.3.	Problem prerade industrijskih voda	35
3.3.4.	Javni kanalizacijski sustav	37
3.4.	Pročišćavanje otpadnih voda- biljni uređaji	38
3.4.1.	Biljni pročišćivači	38
4.	ZAKONSKE ODREDBE.....	40
4.1.	Zaštita voda	40
4.2.	Sustavi zaštite voda iz točkastih izvora onečišćenja voda	42
4.2.1.	Priključenost stanovništva na kanalizacijski sustav.....	42
4.2.2.	Priključenost stanovništva na uređaje za pročišćavanje otpadnih voda.....	44
4.3.	Uređaji za pročišćavanje industrijskih / tehnoloških otpadnih voda.....	45
4.4.	Mjere zaštite voda raspršenih izvora onečišćenja	46
4.5.	Pravne okosnice i zakonodavni okviri	47
5.	ZAKLJUČAK.....	54
6.	LITERATURA	55
7.	POPIS SLIKA	57
8.	POPIS TABLICA	57

1. UVOD

Molekula vode (H₂O) sastoji se od dvaju atoma vodika i atoma kisika.

Voda je izvor života na Zemlji i nezamjenjivo prirodno bogatstvo. Najjednostavnija podjela vode jest podjela na slatke (~4% na Zemlji) i slane. Većina je voda na Zemlji slana (mora, oceani). Dobro je poznata i podjela vode na tekućice rijeke i stajaćice (npr. jezera, bare, močvare). Ledenjaci pak zauzimaju posebno mjesto gdje je voda u krutom obliku. Ljudi su od davnina činili velike napore da dođu do vode i da je sačuvaju, prvenstveno za vodoopskrbu, a kasnije i za mnoge druge namjene. Nažalost, upravo zahvaljujući čovjeku čiji je život bez vode nezamisliv, količine vode ne samo da su ograničene, već se i stalno smanjuju. Raspoložive količine pitke vode su vrlo male u odnosu na ukupne količine vode na Zemlji i nejednoliko raspoređene. Za mnoge biljne i životinjske vrste i za ljude posebno, važna je slatka voda, odnosno pitka voda, jer bez nje ne bi mogli živjeti. Sudbina čovjeka vezana je za sudbinu vode za piće.

Odnos čovjeka prema vodi je odnos i prema sebi samome, jer će mu to voda na bezbroj načina uzvratiti. Zato je krajnje vrijeme da čovjek kao pojedinac i ljudska zajednica kao cjelina promijene svoj odnos prema vodi.

Zakon određuje da su vode opće dobro, prirodna voda nema vrijednost u smislu kapitala, jer nju nije proizvela niti jedna industrija, ona nije stvoreni brand ili stečeno pravo poduzetnika, ona je besplatni dar prirode. Međutim, zbog porasta životnog standarda u znatnoj mjeri degradiramo okoliš i osnovne životne resurse, i to najviše kroz tehničko – tehnološki napredak.

Voda je jedan od najvažnijih prirodnih resursa, odnosno resurs bez kojeg nema života. Voda je svuda oko nas i u nama. Oko sedamdeset posto ljudskog tijela čini voda. Nema niti jednog živog bića, biljke ili životinje u čijem tijelu nema vode. U tijelima nekih živih bića voda čini više od devedeset posto, što svjedoči o vodi kao uzroku, uvjetu postanka i opstanka života na Zemlji. Voda je izvor života, ona stvara i razara, ona znači i život i smrt.¹

¹ Ožanić, N.: Voda – izvor života, Građevinski fakultet Sveučilišta u Rijeci, str. 1., www.gradri.hr (14.05.2007.)

1.1. Važnost vode

Važnost vode za održavanje života od izuzetnog je značaja. Voda je jedan od suštinskih elemenata okoliša i ondje se nalazi u četiri osnovna oblika: izvorišta i površinske slatke vode, podzemne vode, morska voda i para u atmosferi.

Najvažnije funkcije vode u biosferi su:²

- **voda je stanište znatnog broja organizama**
- **nezaobilazan je činitelj u procesima fotosinteze**
- **otapalo je za sve hranjive elemente tla**
- **hrana je većini živih organizama**
- **važan je prenosilac energije u svom biokemijskom ciklusu**
- **značajan je klimatski regulator zbog svojstva i procesa isparavanja i kondenzacije, te visokog toplinskog kapaciteta u ukupnoj toplinskoj bilanci zemlje.**

Voda se u biosferi nalazi u neprestanom kruženju. Hidrološki ciklus obuhvaća isparavanje, oborine, poniranje i otjecanje. S vodenih površina, tla i biljnog pokrova isparava se zbog djelovanja sunčeve energije i vjetra. U atmosferi se vodena para kondenzira i u obliku oborina ponovo vraća na Zemlju. U obliku oborina, na kopno padne 38.830 prostornih kilometara više nego što s njega ispari u atmosferu.

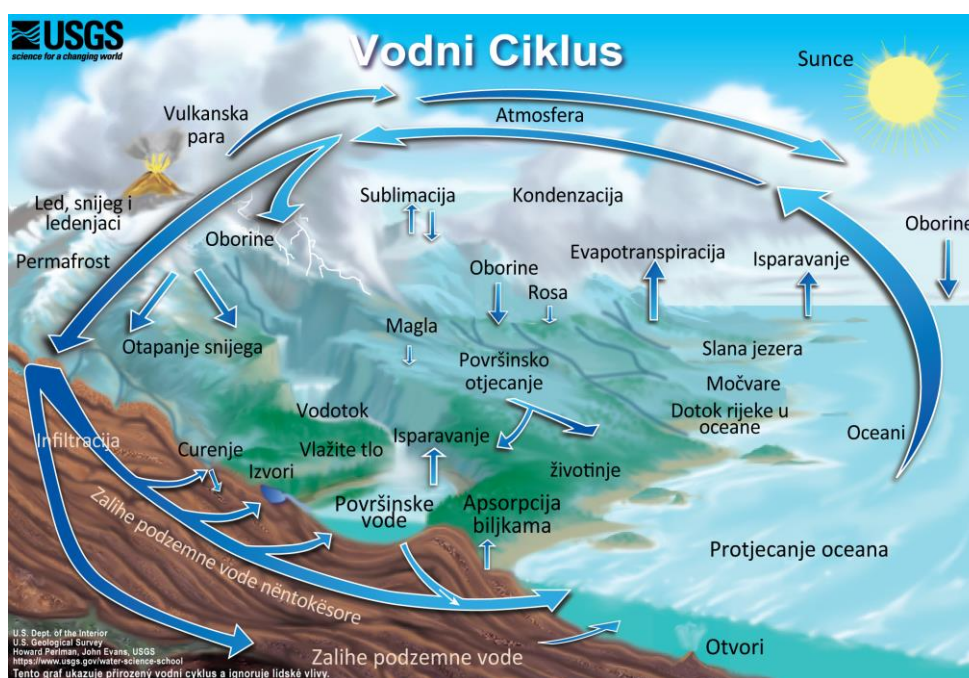
Voda se mijenja iz krutog stanja u plinovito i tekuće stanje putem ciklusa kruženja vode u prirodi. Važni klimatski povratni efekti su promjene u vodenoj pari, oblacima, uvjetima visokog leda i snijega te na površini tla. Ljudi ovise o predviđanju oborina, evaporacije, tečenja vode, akumulacije vode, te ekstrema, kao što su suša i poplava, kako bi planirali način upravljanja, dobivanja i korištenja vode. Zato je potrebno istraživanje općeg vodnog ciklusa.

Istraživanjima se nastoje utvrditi načini kako prirodni ciklusi i ljudske aktivnosti utječu na raspodjelu i kakvoću vode, jesu li promjene u vodnom ciklusu predvidljive, zatim kako kolebanja i promjene vodnog ciklusa utječu na društvo.

² Bolić, J.: Vode Hrvatske – monografija o vodama i vodoprovredi Republike Hrvatske, Ministarstvo vodoprivrede Republike Hrvatske, Zagreb, 1991., str. 36.

Važan dio istraživanja globalno vodnog ciklusa jest razvoj sveobuhvatnog i dosljednog globalnog promatračkog sustava – monitoringa. Voda je nepresušan prirodni resurs koji se ipak može regionalno i lokalno iscrpiti. U globalnim se mjerilima danas čovječanstvo suočava s pojavom očividnog prividnog nestajanja vode zbog velikih onečišćenja.

Potrošnja vode od strane čovjeka dvostruko je veća nego u prošlom stoljeću. Ljudi danas troše 54% raspoložive slatke vode i ukoliko u budućnosti ova potreba poraste znatno će ugroziti sve ostale ekosustave.



Slika 1. Ciklus kruženja vode³

Na slici 1. prikazan je ciklus kruženja vode u prirodi. Voda neprestano kruži i djelovanjem Sunca isparava s golemih morskih površina. Nastalu vodenu paru vjetrovi odnose na kopno gdje u obliku oborina (kiša, snijeg, tuča, rosa, magla) pada na Zemlju. Trećina te oborinske vode prodire u zemlju i akumulira se kao podzemna voda koja kao izvorska i bunarska ponovo izlazi na površinu. Trećina oborinske vode ponovo ispari, a trećina se potocima i rijekama vraća u more. Na taj način se kruženje vode ponavlja tijekom godine 42 puta. U kružni tok uključuju se biljke, životinje i ljudi koji koriste vodu.⁴

³ Izvor: <https://www.usgs.gov/media/images/dijagram-ciklusa-vode-water-cycle-diagram-croatian>

⁴ Ciklus vode, www.aquapur.hr (12.05.2007.)

Godina 2003. proglašena je odlukom Ujedinjenih naroda Međunarodnom godinom slatkih voda da bi se podigla svijest o njezinoj važnosti.⁵ Voda se prečesto tretira kao neograničeno besplatno dobro. Današnji problem vode nije samo u njenim količinama, u područjima gdje su zalihe vode dostatne ili čak obilne, prijeti im onečišćenje ili iscrpljivanje zbog povećane potražnje. Procjenjuje se da će do 2025. godine dvije trećine ljudi na Zemlji živjeti u područjima s umjerenim do jakim nedostatkom vode. Sukobljavanje interesa oko vodnih resursa uzrok je straha da pitanje vode sa sobom nosi mogućnost novog uzroka ratova – ratova za vodu. Postepeno se stvara svijest da je zaštita voda globalni, a ne lokalni problem. To je dovelo do stvaranja koncepta održivog razvoja u integralnom upravljanju vodnim resursima.⁶ Desetljeće od 2005. do 2015. godine proglašeno je međunarodnom dekadom akcije Voda za život.

U tablici 1. prikazana je rasprostranjenost vode.

Tablica 1. Volumni udjeli vode u %

morska voda	96,652%
polarni led i ledenjaci	1,702%
podzemna voda	1,631%
površinska voda (jezera i rijeke)	0,013%
voda u tlu	0,001%
voda u atmosferi	0,001%

⁵ Makvić, Ž.: Međunarodna godina slatkih voda, Hrvatska vodoprivreda, Hrvatske vode, Zagreb, XII, 2003., str. 44.

⁶ Gereš, D.: Međunarodna godina slatkih voda, Hrvatska vodoprivreda, Hrvatske vode, Zagreb, XII, 2003., str. 45.

1.2.Svojstva vode

Svojstva vode dijele se na: fizikalna, kemijska i biološka.

1.2.1. Fizikalna svojstva vode

Fizikalna svojstva vode su izražena:⁷

- **Molekulom vode**, koja je dana formulom H_2O , gdje na dva atoma vodika dolazi jedan atom kisika, a veza među atomima je kovalentne prirode.
- **Sa tri agregatna stanja vode:** plinovito (para), kruto i tekuće
- **Gustoćom vode** (specifična težina)
- **Temperaturom smrzavanja** koja kod atmosferskog pritiska iznosi 273,15 K i **temperaturom vrenja** koja iznosi 373,15 K.
- **Toplinskim svojstvom** , gdje voda služi za definiranje jedinice topline, tako da je u SI sistemu jedna kalorija ona količina topline koja je potrebna da se temperatura 1 grama vode poveća za 274,15 K.
- **Latentna toplina**, koja označava toplinu koja je potrebna da se ostvari promjena agregatnog stanja jedinice mase.
- **Viskoznošću** – otporom kretanju tekućine, ovisi o temperaturi.
- **Elektrovodljivošću**, koja označava provodljivost vode i ovisi o količini otopljenih soli u vodi i temperaturi kod koje se provodi mjerenje.
- **Optičkim svojstvom** koje definira prozirnost vode , a ovisi o valnoj dužini zrake svijetla koja kroz nju prolazi.

1.2.2. Kemijska svojstva vode

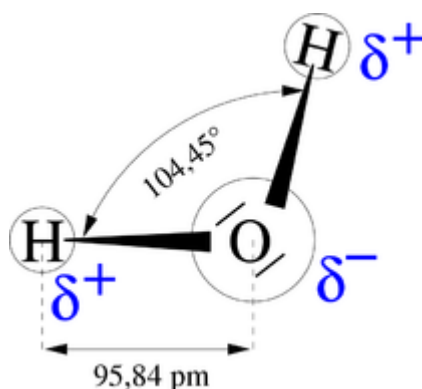
Molekula vode vrlo je stabilna, pa je zato za njeno raspadanje potrebna visoka temperatura, reakcija elektrolize ili radijacija. Zbog svog sastava vrlo je pogodna za stvaranje mnogih materijala pa je najveći broj mineralnih spojeva topiv u vodi, kao i velik broj plinova i organskih materija.

⁷ Jurac, Z.: Otpadne vode, Veleučilište u Karlovcu, Karlovac, 2009., str. 21. – 22.

Bipolarnim karakterom vode dovodi se do potpunog ili djelomičnog razaranja raznih veza između atoma i molekula tvari koja se razara, da bi se ove zamijenile novim vezama i molekulama vode i stvaranjem nove strukture. Tako dolazi do kemijske reakcije i stvaranja novih tvari u otopini.

Može se reći da se:

- **Plinovi** otapaju po Henrijevim zakonima tj. ovise o koeficijentu topljivosti (α), svojstvenom pojedinim plinovima i koncentraciji plina (c) u plinskoj fazi pod pritiskom (P) u dodiru s vodom.
- **Tekućine** se otapaju u vodi ovisno o polarnosti molekula promatrane tekućine.
- **Čvrste materije** daju prave otopine ako su im molekule istog reda veličine kao i molekule vode, dok materije većih molekula daju koloidne otopine. Ako je reakcija otapanja samo površinska dobije se koloidna disperzija ili gel.



Slika 2. Shematski prikaz molekule vode⁸

1.2.3. Biološka svojstva vode

Za biološka svojstva vode važne su količine slobodnog ugljičnog dioksida (CO₂), kisika (O₂) i mineralnih tvari. Važnu ulogu za biološka svojstva imaju svjetlost i temperatura.

Temperatura je važna za topljivost plinova u vodi, prije svega adsorpciju kisika od čega ovisi disanje riba i drugih živih organizama.

⁸ Izvor: <https://hr.wikipedia.org/wiki/Voda>

Zeleno podvodno bilje i drugo raslinje fotosintezom uzima ugljični dioksid iz vode oslobađajući kisik.

Mineralne tvari, kalij (K) i natrij (Na) omogućuju rast riba i drugih vodenih životinja; kalcij(Ca) je važan za skelet životinjskih organizama; magnezij (Mg) je osnova u klorofilu čija je uloga sintetizirajuća u procesu asimilacije, a sadržan je u krvi životinja i sastavni je dio fermenta; mangan (Mn) je bitan za rast podvodnog raslinja, a fosfor (P) za životinjske organizme.

Ugljični dioksid (CO₂) u vodi se nalazi slobodan ili u obliku slabe kiseline (H₂CO₃) ili bikarbonata (Na₂CO₃) te je njegova uloga značajna u promjeni materija koje se u vodi odigravaju.

1.2.4. Klasifikacija voda

Vlada Republike Hrvatske donijela je 1998. godine Uredbu o klasifikaciji voda koja se temelji na ECE – standardu.⁹ Ovom uredbom određuju se vrste voda koje odgovaraju uvjetima kakvoće voda u smislu njihove opće ekološke funkcije, kao i uvjetima korištenja voda određene namjene, a odnosi se na sve površinske vode, podzemne vode i mora u pogledu zaštite od onečišćenja s kopna i otoka.¹⁰

Vode (površinske, podzemne i vode obalnog mora) su prema namjeni i stupnju čistoće razvrstane u pet vrsta:

- **podzemne i površinske vode** koje su u svom prirodnom stanju ili nakon dezinfekcije upotrebljive za piće, ili u prehrambenoj industriji, te površinske vode koje se mogu koristiti i za uzgoj plemenitih vrsta riba (pastrva);
- **vode** koje su u prirodnom stanju prikladne za kupanje i rekreaciju, za sportove na vodi, uzgoj riba, ili koje se nakon odgovarajućeg pročišćavanja mogu koristiti za piće i druge namjene u industriji;

⁹ ECE – standard statističke klasifikacije kakvoće prirodnih površinskih voda za održavanje života u vodama

¹⁰ Uredba o klasifikaciji voda, Narodne novine, 1998., čl. 1.

- **vode koje se mogu koristiti u industrijama**, koje nemaju posebne zahtjeve za kakvoćom vode, te **u poljoprivredi**; to su vode koje se pročišćavaju da bi se koristile za posebne namjene;
- **vode koje se mogu iskoristiti isključivo za pročišćavanje** na područjima gdje je veliko pomanjkanje vode;
- **vode koje se ne mogu služiti gotovo ni za kakve namjene**, jer ne zadovoljavaju kriterije za namjene po Uredbi o klasifikaciji voda.¹¹

Pokazatelji za klasifikaciju voda se svrstavaju u dvije skupine:¹²

A) **obvezni pokazatelji za ocjenu opće ekološke funkcije voda**, to su:

fizikalno – kemijski, režim kisika, hranjive tvari, mikrobiološki i biološki.

B) **pokazatelji koji se ispituju temeljem posebnih programa sadržanih u planovima za zaštitu voda i ciljanim programima ispitivanja kakvoće voda**,

te zajedno s obveznim pokazateljima služe za širu ocjenu opće ekološke funkcije voda i utvrđivanja uvjeta za određene namjene, a to su:

metali, organski spojevi i radioaktivnost.

1.3. Gospodarenje vodama

Gospodarenje vodama je složeno djelovanje, kojim se uspostavlja uravnotežen odnos između potreba ljudi prema vodama i prirode u kojoj se nalazi voda, kao osnovno prirodno blago. Ono podrazumijeva raspolaganje vodama, brigu o vodama i zadovoljavanje potreba vodom u okvirima određene društvene zajednice.¹³

Gospodarenje vodama obuhvaća tri opća sustava:¹⁴

¹¹ Uredba o klasifikaciji voda, Narodne novine, 1998., čl. 7.

¹² Tedeshi, S.: Zaštita voda, Hrvatsko društvo građevinskih inženjera, Zagreb, 1997., str 60.

¹³ Ostojić. Ž.: Zaštita u gospodarenju vodama, Savjetovanje, Osnove strategije zaštite voda i mora od zagađivanja u Republici Hrvatskoj, Ministarstvo poljoprivrede i šumarstva, Zagreb, 1993., str 28.

¹⁴ Margeta, J.: Integralni pristup gospodarenju vodama, Građevinski godišnjak, Hrvatsko društvo građevinskih inženjera, Zagreb, 1999., str. 353.

- **sustav prirodnih voda**
- **sustav ljudskih djelatnosti**
- **sustav gospodarenja / upravljanja vodnim resursima.**

Sustav prirodnih voda obuhvaća hidrološki ciklus i sve njegove sastavnice: oborine, isparavanja, evapotranspiraciju, površinsko otjecanje i podzemne tokove uključujući biosferu, tlo, atmosferu i vodu. Taj sastav sačinjava voda i prirodna bogatstva vezana uz vodu koja se mogu koristiti za ljudske djelatnosti i usluge.

Sustav ljudskih djelatnosti obuhvaća mnoga čovjekova djelovanja koja utječu na sustav prirodnih voda i obrnuto. Te ljudske djelatnosti obuhvaćaju iskorištavanje voda za zadovoljenje potreba kao što je vodoopskrba kućanstva, navodnjavanje, odlaganje otpadnih voda, proizvodnja električne energije, plovidba, uzgoj riba, rekreacija te smanjenje šteta nastalih zbog poplava, onečišćenja voda i suša.¹⁵

Sustav gospodarenja / upravljanja vodnim resursima obuhvaća aktivnosti i odnose u javnom i privatnom sektoru, čiji je zadatak usklađivati opskrbu vodom s potrebama kako bi se ostvarili društveni ciljevi. Uloga ovog sustava je i zaštita voda od zagađenja, te zaštita čovjeka i njegovih bogatstava od velikih voda – poplava.

Za gospodarenje i upravljanje vodama u Hrvatskoj zadužene su Hrvatske vode i to provode kroz tri službe:¹⁶

- **korištenje voda**
- **zaštita od štetnog djelovanja voda**
- **zaštita voda i mora od onečišćenja.**

Koncepcija održivog razvoja za koji se Republika Hrvatska opredjelila zasnovan je na sljedećim načelima: racionalno upravljanje prirodnim resursima; očuvanje ekoloških sustava na kojima počiva ukupna kakvoća života sadašnjih i budućih generacija uz očuvanje biološke raznolikosti; otklanjanje nejednakosti koje ugrožavaju socijalnu

¹⁵ Dragičević, J.: Gospodarenje vodama, Gospodarstvo i okoliš, Zagreb, 2006., str. 642

¹⁶ Ožanić, N.: Voda – izvor života, Građevinski fakultet Sveučilišta u Rijeci, str. 5., www.gradri.hr (14.05.2007.)

koheziju, pravdu i sigurnost; ostvarenje predviđenog gospodarskog rasta; osiguranje integracije u globalno društvo, uz zadržavanje vlastita identiteta.

2. IZVORI ZAGAĐENJA VODA (ONEČIŠĆENJA)

Otpaci iz industrijskih postrojenja izazivaju velike štete u vodi pa je zato potrebno svaki tip vode, bez obzira da li je otrovna ili samo troši mnogo kisika, dobro proučiti i pronaći odgovarajući način čišćenja.

Razlikujemo nekoliko činioca onečišćenja i njegovog uklanjanja:

- **neotopljene tvari – koje se mogu izdvojiti fizički:**
 - čiste tvari u suspenziji (pijesak, oksidi, talog)
 - tvari lakše od vode koje plivaju na površini – masti, ulja i sl.
- **otopljene tvari koje se ne mogu izdvajati fizički:**
 - tvari koje se mogu apsorbirati (boje, deterdženti, radioaktivni elementi)
 - soli koje se mogu izdvojiti osmozom, elektrolizom ili izmjenom iona
- **tvari koje se mogu izdvojiti neutralizacijom:**
 - organske i anorganske kiseline ili baze, čije se soli mogu otapati, a nisu otrovne (sumporna kiselina, soda i sl.)
- **tvari koje se mogu izdvojiti samo oksidoredukcijom:**
 - oksidansi ili reducensi čije su oksidirane ili reducirane forme dovoljno topljive, a nisu otrovne
 - sulfidi, cijanidi, kromati
- **tvari koje se mogu izdvojiti taloženjem:**
 - metali koji mogu, ali ne moraju biti otrovni i koji se mogu istaložiti u obliku hidroksida neotopljenog kod određenog pH
 - sulfidi, fluoridi i neke organske i anorganske kiseline.
- **tvari koje se mogu ukloniti dekantacijom ili flokulacijom:**
 - uglavnom koloidne materije
 - tvari u emulziji (smole, razgradljiva ulja, emulzirani ugljikovodici)
- **tvari koje se mogu izdvojiti nekim od postupaka biološke prerade:**
 - biorazgradljive tvari kao šećeri, proteini, fenoli i sl.

U sljedećoj tablici navedene su posljedice onečišćenja i korist od pročišćavanja otpadnih voda.

Tablica 2. Vrste, posljedice i korist od pročišćavanja otpadnih voda

VRSTA ONEČIŠĆENJA OTPADNIH VODA	ŠTETNE POSLJEDICE	OSTVARENA DRUŠTVENA KORIST OD PROČIŠĆAVANJA OTPADNIH VODA
Krupni kruti materijal-papir, tkanine, plastične vrećice, kondomi itd.	Neuredan krajolik-nastaju naslage otpada na obalama rijeka, jezera i plaža; uslijed dodira mogu nastati opasnosti po zdravlje ljudi i životinja;	Obale rijeka, jezera, mora i njihova okolica i plaže ponovo su lijepe i sigurne za radne aktivnosti i rekreaciju; Unaprijeđena privreda koja se zasniva na rekreaciji i turizmu;
Organske tvari- otpaci hrane, fekalne tvari i neke industrijske otpadne vode	Zbog prisutnih bakterija i drugih viših vrsta vodenog svijeta koji se hrane organskom hranom, količina otopljenog kisika u vodi prijemnika se smanjuje, pa se javljaju pomori riba i drugih organizama te neugodni vonj nalik na trula jaja i truli kupus;	Zaštita ribarstva i sportskog ribolova; ugodniji okoliš za život, rad i rekreaciju; unaprijeđena privreda koja se zasniva na rekreaciji i turizmu;
Ulja i masti	na površini vode formira se neugledan, štetan i tanak nepropusni sloj, koji smanjuje mogućnost apsorpcije kisika iz atmosfere;	Poboljšano otapanje atmosferskog kisika u vodi pomaže održanju vodene flore i faune; ugodniji okoliš za život, rad i rekreaciju; unaprijeđena privreda koja se zasniva na rekreaciji i turizmu;
Neutrienti-dušik, fosfor i tragovi štetnih tvari	Djeluju kao gnojiva koja stimuliraju rast algi, morskih trava i ostalog vodenog bilja koje se nakuplja i truli kao organski otpad na obalama rijeka, jezera i plaža; Zbog navedenog također može doći i do cvjetanja algi čije se toksične tvari akumuliraju u školjkama, koje mogu biti opasne po zdravlje ljudi ako se koriste za prehranu;	Poboljšani i sigurniji uvjeti za uzgoj riba i školjki; Ugodniji okoliš za život, rad i rekreaciju; Unaprijeđena privreda koja se zasniva i na rekreaciji i turizmu;
Bakterije i virusi, uzročnici bolesti-kolera, tifus, salmonela	Onečišćenja voda koja se koriste za vodoopskrbu ili natapanje poljoprivrednih površina na kojima se uzgajaju kulture za prehranu; Onečišćenja voda koja se koriste za uzgoj riba i školjaka; Onečišćenja voda koje se koriste za sport i rekreaciju;	Sigurniji opći zdravstveni uvjeti za uzgoj školjaka, riba i drugih organizama; unaprijeđena privreda koja se zasniva na rekreaciji i turizmu;
Toksične tvari-iz industrijakih otpadnih voda	Ovisno o koncentraciji toksičnih tvari dolazi prijemniku: -do pojave uništenja ili oštećenja vodene flore i faune; -akumulacije štetnih tvari u mesu riba i školjaka koje, ako se koriste za prehranu, mogu štetno djelovati na zdravlje ljudi	Poboljšani uvjeti za život vodene flore i faune; Poboljšani opći zdravstveni uvjeti.

2.1. Vrste i posljedice onečišćenja vode

Onečišćenje voda je promjena kakvoće voda, koja nastaje unošenjem, ispuštanjem ili odlaganjem u vode hranjivih i drugih tvari, toplinske energije, te drugih uzročnika onečišćenja, u količini kojom se mijenjaju svojstva voda u odnosu na njihovu ekološku funkciju i namjensku uporabu. Onečišćenje voda je onečišćenje veće od dopuštenog. Onečišćenje voda se očituje pogoršanjem utvrđene vrste voda odnosno kategorije vode. Onečišćenjem voda dovodi se u opasnost zdravlje i život ljudi i mogu nastupiti poremećaji u gospodarstvu i drugim područjima poradi stanja kakvoće vodnog okoliša.¹⁷ Razlikujemo fizičko, kemijsko (anorgansko i organsko), biološko i radiološko onečišćenje.¹⁸

2.1.1. Fizičko onečišćenje

Fizičko onečišćenje manifestira se kao povećanje temperature vode, pojava mutnoće vode, pojava boje, mirisa i okusa vode. Povećanje temperature vode najčešća je posljedica ispuštanja rashladnih voda iz industrijskih i energetske objekata u površinske vode bez prethodnog hlađenja. Posebno je važan drastičan pad koncentracije otopljenog kisika u „zagrijanim“ vodama jer se zbog toga znatno smanjuje mogućnost razgradnje organske tvari u vodi. Mutnoća vode posljedica je prisutnosti sitnih čestica u vodi koje s vodom čine suspenzije ili koloidne otopine. Boja, miris i okus vode samo su fizičke manifestacije drugih vrsta onečišćenja.

2.1.2. Biološko onečišćenje

Biološko onečišćenje vode sastoji se u prisutnosti patogenih bakterija, virusa i drugih mikroorganizama koji mogu ugroziti ljudsko zdravlje. Ti mikroorganizmi najčešće dospijevaju u površinske vode otpadnim vodama iz naselja, a u podzemne vode dolaze iz propusne kanalizacije ili loše izvedenih sabirnih „septičkih jama“. Najveći dio mikroorganizama se u površinskim vodama zadržava i prenosi na veće udaljenosti. U sustavima javne vodoopskrbe primjenjuje se preventiva; dezinfekcija vode kloriranjem, ozoniranjem ili ultraljubičastim svjetlom.

¹⁷ Državni plan za zaštitu voda, Narodne novine, 1999., 8., čl. 3.

¹⁸ Mayer, D.: Voda, Prosvjeta d.o.o., Zagreb, 2004., str. 29. – 31.

2.1.3. Kemijsko onečišćenje

Kemijsko onečišćenje vode manifestira se kao prisutnost nekih iona kojih u „prirodnim“ vodama nema. Anorgansko kemijsko onečišćenje vode je posljedica njezina miješanja s industrijskim rudničkim ili drugim otpadnim vodama koje obično sadrže otrovne elemente. Do anorganskog kemijskog onečišćenja može doći i primjenom anorganskih mineralnih gnojiva ili pesticida na površinama iznad vodonosnih naslaga. Organsko kemijsko onečišćenje je degradacija kakvoće vode zbog njezina kontakta s različitim organskim spojevima, najčešće se tu radi o onečišćenju naftom i njezinim derivatima, organskim bojama, kiselinama itd.

2.1.4. Radiološko onečišćenje

Radiološko onečišćenje posljedica je doticaja podzemne vode s različitim prirodnim radioaktivnim elementima ili umjetnim radio-izotopima.¹⁹ Izvori takvog onečišćenja mogu biti ležišta uranskih ruda, rudnici urana pogodni za preradu uranske rude, nuklearne elektrane, odlagališta nuklearnog otpada.

2.1.5. Najčešći izvori onečišćenja vode

Najčešći izvori onečišćenja vode su:²⁰

- **industrijske otpadne vode**
- **odlagalište otpada**
- **migracija efluenata prema eksploatacijskom zdencu**
- **primjena agrotehničkih kemijskih sredstava**
- **onečišćeni površinski vodotok**
- **prerada i uskladištenje nafte**
- **ispuštanje otpadnih voda u podzemlje**
- **odlaganje opasnog industrijskog otpada.**

¹⁹ Radioaktivni izotopi su atomi jednog te istog elementa koji se međusobno razlikuju po masi, ali su identični po kemijskim osobinama, raspadaju se i tako uzrokuju radioaktivno zračenje.

²⁰ Ostojić, Ž.: Zaštita voda od onečišćenja u integralnom upravljanju vodama, Hrvatska vodoprivreda, Hrvatske vode, Zagreb, XI, 2002., posebno izdanje, str. 11.

Ispuštanjem većih količina otpadne tvari tijekom dužeg ili kraćeg vremena u prirodne sustave, nastaju poremećaji biološke ravnoteže. Uslijed promjena uvjeta staništa, bitno se mijenja sastav životinjskih zajednica. Organizmi koji žive u čistim vodnim sustavima izumiru ili napuštaju vodni sustav, a u onečišćenoj vodi razvijaju se samo neki organizmi koji mogu preživjeti u promjenjivim uvjetima.

Dva su glavna tipa poremećaja vodnih ekosustava zbog dugotrajnog unošenja zagađivanja.²¹

- **eutrofikacija**
- **udarno opterećenje.**

Eutrofikacija se definira kao proces promjene hranidbenog statusa u prirodnim vodama zbog prekomjernog unosa hranjivih tvari što dovodi do taloženja organskih tvari i nestašice kisika koji je potreban za njihovu razgradnju. Smatra se da je poljoprivredna djelatnost glavni faktor eutrofikacije površinskih voda.

Udarno onečišćenje događa se kod naglog ispuštanja otpadne vode u prirodne vode. Odgovor ekosustava je trenutačan i vidljiv jer nastaje pomor riba i drugih životinjskih vrsta.

2.1.6. Točkasti izvori onečišćenja

Za procjenu unosa onečišćenja iz točkastih izvora u vode, uspostavljen je sustav praćenja otpadnih voda, za komunalne otpadne vode na oko 200 i industrijske otpadne vode na oko 1.530 lokacija. Komunalne otpadne vode, kao i otpadne vode iz prehrambene industrije, su pretežno onečišćene organskim tvarima. Otpadne vode iz kemijskih i petrokemijskih; metaloprerađivačkih; drvnih, proizvodnja celuloze i papira; te tekstilnih industrija, mogu sadržavati opasne tvari koje djeluju otrovno, sporo su razgradive ili potpuno nerazgradive, te biokumulativne.

Točkasti izvori onečišćenja se odnose na naselja veća od 10.000 stanovnika i čine oko 45% ukupno procijenjenog tereta onečišćenja stanovništva. Značajan dio izvora

²¹ Vojvodić, V.: Onečišćenje voda, u Đukić, D.: Ekološki leksikon, Ministarstvo zaštite okoliša i prostornog uređenja, Barbat, Zagreb, 2001., str. 63.

onečišćenja čine naselja od 500 do 2.000 stanovnika, što čini 21% od ukupnog broja stanovnika. Naselja manja od 500 stanovnika su uključena u raspršene izvore onečišćenja, i čine 18% ukupnog procijenjenog onečišćenja od stanovništva.

Unosi onečišćenja su dijelom umanjeni pročišćavanjem otpadnih voda. Najveće smanjenje se ostvaruje na slivovima Istre, Kvarnerskog zaljeva, Lonje i Trebeža i donekle neposrednog sliva Save, gdje je u pogonu i većina izgrađenih uređaja za čišćenje otpadnih voda. Općenito, prisutna je niska razina izgrađenosti sustava javne odvodnje (kanalizacija i uređaji za čišćenja), u odnosu na europske norme, tako većina onečišćenja nekontrolirano odlazi u okoliš.²²

2.1.7. Raspršeni izvori onečišćenja voda

Izvori raspršenog onečišćenja su: s poljoprivrednih zemljišta (hranjive tvari od gnojidbe i sredstva zaštite bilja), erozija zemljišta, iz urbanih područja, ruralnih područja, prometnica, divljih i neuređenih odlagališta otpada, te posljedice ratnog razaranja. Razina kontrole je znatno niža nego što je to slučaj s točkastim izvorima onečišćenja.

Jedan od razloga zašto se ovim izvorima onečišćenja za sada pridaje znatno manja pozornost u odnosu na točkaste izvore onečišćenja je taj, jer su za točkaste izvore eksplicitno utvrđeni izvori financiranja u skladu sa Zakonom o financiranju vodnog gospodarstva, dok to nije slučaj za raspršene izvore onečišćenja. Kao glavna mjera za smanjenje raspršenih izvora onečišćenja danas je vodopravna dozvola potrebna za proizvodnju, odnosno stavljanje u promet kemijskih tvari i njihovih pripravaka, koji nakon uporabe dopijevaju u vode.²³

Najveći pritisak raspršenih izvora onečišćenja potječe od poljoprivrede i prometa, a najviše je prisutan u sjeverozapadnom dijelu Hrvatske i okolici većih gradova, a posebno Zagreba.

²² Stanje upravljanja vodama, Nacrt – Vodnogospodarska osnova Hrvatske, Strategija upravljanja vodama, Hrvatske vode, str. 65 – 68., www.voda.hr (05.04.2007.)

²³ Čosić Flajsig, G.: Postojeće stanje, načela i strateške smjernice u pitanju zaštite voda i vodnih ekosustava, 3. Hrvatska konferencija o vodama, Hrvatske vode, Zagreb, 2003., str. 570.

Raspršeno onečišćenje stanovništva iz naselja manjih od 500 stanovnika – prema iskustvu europskih zemalja, utvrđeno je da se komunalni problemi ne rješavaju sakupljanjem otpadnih voda i pročišćavanjem otpadnih voda putem konvencionalnih uređaja, nego smanjenjem onečišćenja na mjestu nastanka.

Raspršeno onečišćenje iz poljoprivrede – procijenjeno je temeljem sljedećih indikatora pritiska: zemljišne površine, kategorije iskorištavanja zemljišta i procjeni tla. Pritisak je vrednovan na temelju pokazatelja vezanih za redovne poljoprivredne aktivnosti, tako da su u procjenu tereta onečišćenja iz poljoprivrede uvrštena potrošnja mineralnih gnojiva, i količine organskog gnojiva na životinjskoj farmi. U poljoprivrednoj praksi je značajna upotreba pesticida, te je moguć njihov utjecaj na onečišćenje voda. Stvarni utjecaj od uporabe pesticida se može utvrditi isključivo mjerenjem, što je skup proces i provodi se samo u izuzetnim okolnostima.

Raspršeno onečišćenje od prometa – prema europskim iskustvima, cestovni promet čini preko 90% svih emisija onečišćenja od prometa, dok ostale vrste prometa (željeznica, avio promet, brodski promet, morski i unutarnji) generiraju oko 10%. Prema intenzitetu prometa najveći tereti onečišćenja su na neposrednom slivu Save, Drave, Kupe te Lonje i Trebeža. Kritične su dionice na prilazima većih gradova, gdje se osim tranzitnog, odvija i veći dio gradskog prometa. To se odnosi prije svega na Zagreb, Karlovac, Rijeku, Osijek, Split i Zadar. Udio ukupnog tereta onečišćenja od prometa je mali u usporedbi s ostalim izvorima kada se govori o organskom onečišćenju. Onečišćenje je izražajnije s obzirom na količine opasnih tvari.²⁴

2.1.8. Kisele kiše

Kisela kiša je oborina koja je onečišćena sumpor-dioksidom, dušik-oksidom, amonijakom i drugim kemijskim spojevima. Ljudsko djelovanje prouzročilo je neravnotežu u omjeru plinova u atmosferi što je uzrok kiša sa sniženom pH vrijednošću koje nazivamo kiselim kišama. PH vrijednost normalne kišnice iznosi otprilike 5,6. To otprilike odgovara 40 puta većoj količini kiseline u odnosu na neopterećenu kišnicu. Smanjenje pH vrijednosti za jednu mjeru znači prirast kiselosti za deseterostruko.

²⁴ Stanje upravljanja vodama, Nacrt – Vodnogospodarska osnova Hrvatske, Strategija upravljanja vodama, Hrvatske vode, str. 71 – 74., www.voda.hr (05.04.2007.)

Glavnu odgovornost za opterećenja uzrokovana kiselim kišama snose termoelektrane, dim iz kućanstva i ispušni plinovi u prometu. Štete nastale djelovanjem kiselih kiša obično nastaju sasvim daleko od stvarnih štetnih izvora.

Ako pH vrijednost u inače jako čistim brdskim potocima i jezerima prijeđe u kiselo područje može doći do izumiranja riba i drugih organizama.

Dospije li kiselina kiša u tlo oslobađaju se teški metali koji mogu opteretiti podzemne vode, a time i pitku vodu. Na taj način se čovjek izlaže pojačanom unošenju teških metala u organizam. Ispitivanja pokazuju da sumporna i dušična kiselina snose najveću odgovornost za kiselost kiše.



Slika 3. Nastanak kiselih kiša²⁵

Ekološki utjecaj kiselih kiša najizrazitiji je na vodi (bilo jezera, rijeke, mora ili oceani), jer sva voda iz kiše mora negdje i završiti. Prirodno, većina rijeka i jezera ima pH vrijednost između 6 i 8, što je vrlo velik raspon. Dušična i sumporna kiselina utječu na sav svijet u vodama. U tlu ostvaruju oslobađanje aluminija koji je otrovan za sve životinje u vodi. Dušične kiseline iz kiselih kiša uzrokuju smanjenje razine kisika u vodi. Posljedice su: bujanje algi, narušavanje zdravlja riba i školjaka i nestanak morske trave i koraljnih grebena.

²⁵ Izvor: <https://sites.google.com/site/ezasve/energija-i-ekologija/kisele-kise>

Onečišćenje voda predstavlja najkompleksniji globalni problem. Svako onečišćenje koje se emitira u životnu sredinu dospije do podzemnih voda, rijeka, jezera i mora. Onečišćenje iz zraka kiselim kišama prenosi se do tla ili vodenih površina. Onečišćenja zemlje slijevaju se u površinske i podzemne vodene tokove. Rijeke i jezera su pod konstantnim pritiskom onečišćenja otpadnim vodama iz urbanih sredina, kemijskim otpadom iz industrije i transporta, pesticidima sa poljoprivrednih površina.

Velike količine organske tvari koja otpadnim vodama dopijeva do rijeka, jezera i mora izaziva proces eutrofikacije čija su posljedica mutnoća, povišena temperatura, nekontrolirana primarna produkcija, smanjenje rastvorenog kisika, pomor ribe i drugih organizama.

Iako je 70% planete Zemlje pokriveno vodom, samo 2% te vode predstavlja resurs slatke vode, a prekomjernom eksploatacijom i onečišćenjem prouzrokovano je smanjenje zaliha pitke vode na globalnom nivou.²⁶

2.2. Izvanredna i iznenadna onečišćenja voda

Onečišćenja voda stalna su pojava u hrvatskom vodnom gospodarstvu. Državnim planom za zaštitu voda propisane su mjere koje treba provesti u slučaju izvanrednih iznenadnih onečišćenja voda.²⁷

2.2.1. Iznenadno onečišćenje

Iznenadno onečišćenje je kada dođe do iznenadnog izlivanja opasnih tvari i drugih tvari koje mogu pogoršati utvrđenu vrstu vode odnosno njenu kategoriju ili zagađiti površinske i podzemne vode ili more uslijed onečišćenja s kopna.

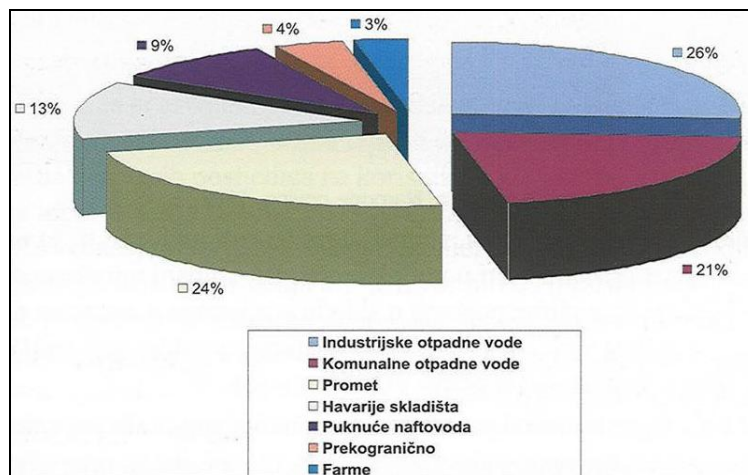
Uzroci iznenadnih onečišćenja su ispuštanje iz gospodarskih objekata i uređaja za prethodno čišćenje; kvarovi na odvodnim sustavima i uređajima za čišćenje; prometne nezgode s istjecanjem tekućih goriva i dr. opasnih tvari; havarije u industrijskim

²⁶ Jurac, Z.: Otpadne vode, Veleučilište u Karlovcu, Karlovac, 2009., str. 48. – 56.

²⁷ Makvić, Ž.: Izvanredna i iznenadna zagađenja voda u Hrvatskoj u 2000. godini, Hrvatska vodoprivreda, Hrvatske vode, Zagreb, X, ožujak 2001., 102, str. 12-14.

pogonima; neodgovorno odbacivanje i odlaganje štetnih i opasnih tvari; puknuće produktovoda, havarije skladišta (nafta/naftni derivati iz spremnika goriva, te druge opasne tvari).²⁸

U sljedećem grafikonu prikazani su uzroci iznenadnih onečišćenja od 2000. do 2005. godine (izraženo u postotku).



Grafikon 1. Uzroci iznenadnih onečišćenja 2000.-2005.²⁹

Kod iznenadnog onečišćenja razlikuju se tri stupnja ugroženosti koje proglašava vodopravni inspektor prema mjerilima, koji su prikazani u sljedećoj tablici.

²⁸ Izvješće o stanju okoliša u Republici Hrvatskoj, Konačni nacrt, Agencija za zaštitu okoliša, 2006., str. 103., www.azo.hr (01.06.2007.)

²⁹ Jurac, Z.: Otpadne vode, Veleučilište u Karlovcu, Karlovac, 2009., str. 59.

Tablica 3. Stupanj ugroženosti voda

I. stupanj ugroženosti	<ul style="list-style-type: none">- u vodni okoliš su dospjele manje količine opasnih tvari ili drugih tvari koje uzrokuju onečišćenje- brзом primjenom potrebnih mjera može se spriječiti širenje onečišćenja- ne očekuju se veće posljedice po ekološku funkciju voda i za njenu uporabu, postupa se u skladu s mjerama sadržanim u županijskom planu za zaštitu voda
II. stupanj ugroženosti	<ul style="list-style-type: none">- u vodni okoliš su dospjele veće količine opasnih tvari ili drugih tvari koje uzrokuju onečišćenje- brзом primjenom potrebnih mjera može se spriječiti širenje onečišćenja, ali su ugroženi izvori pitke vode ili drugi izvori pitke vode ili drugi izvori namijenjeni za razno korištenje voda i priobalnog mora- posljedice po ekološku funkciju voda, kao i njenu uporabu su znatne i potrebno je proglasiti mjere kojim se ograničava korištenje vode- postupa se u skladu s mjerama sadržanim u županijskom planu za zaštitu voda
III. stupanj ugroženosti	<ul style="list-style-type: none">- u vodni okoliš su dospjele količine opasnih tvari ili drugih tvari koje uzrokuju onečišćenje s mogućim prekograničnim posljedicama ili s mogućim posljedicama na susjedne županije- brзом primjenom potrebnih mjera može se spriječiti širenje onečišćenja, ali su ugroženi izvori pitke vode ili drugi izvori namijenjeni za razno korištenje voda i priobalnog mora- posljedice po ekološku funkciju vode, kao i na njenu uporabu su velike i potrebno je proglasiti mjere zabrane korištenja vode- postupa se u skladu s mjerama sadržanim u Državnom planu za zaštitu voda

Iz tablice 3. vidljivo je da je I. stupanj ugroženosti najblaži, tj. sa najmanje dospjele količine opasnih tvari u vodni okoliš. III. stupanj ugroženosti je najkritičniji i jedino se s njime postupa u skladu s mjerama sadržanim u Državnom planu za zaštitu voda, dok se s prva dva stupnja postupa u skladu s mjerama sadržanim u županijskom planu za zaštitu voda.

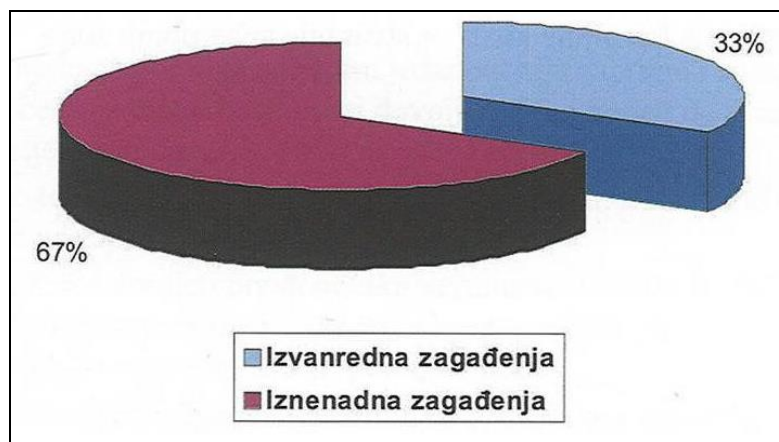
Mjere koje će se poduzeti u slučajevima iznenadnog onečišćenja su:³⁰

- obavješćivanje nadležnih tijela i javnosti te primjena operativnih planova poradi suzbijanja širenja i uklanjanja iznenadnog onečišćenja
- utvrđivanje uzroka, počinitelja, vrste i opsega onečišćenja, ocjena stupnja ugroženosti ekološke funkcije voda te zdravlja i života ljudi, kao i mogućnost širenja onečišćenja

³⁰ Ostojić, Ž.: Zaštita voda od onečišćenja u integralnom upravljanju vodama, Hrvatska vodoprivreda, Hrvatske vode, Zagreb, XI, 2002., posebno izdanje, str. 12.

- nadzor nad nastalim onečišćenjem i njegovim širenjem, informiranje javnosti i korisnika vode o kakvoći vode i po potrebi zabrana njezine uporabe
- obavljanje sanacijskih radova nad nastalim onečišćenjem u skladu s operativnim planovima, te uklanjanje uzroka iznenadnog onečišćenja.

Kad govorimo o izvanrednim i iznenadnim onečišćenjima na prve otpada 67%, dok na druge otpada 33%, što je vidljivo iz grafikona 2.



Grafikon 2. Odnos izvanrednih i iznenadnih onečišćenja³¹

U razdoblju od 2000. do 2005. godine zabilježeno je ukupno 860 onečišćenja vodotoka, podzemlja i mora, od čega su 192 izvanredna i 668 iznenadna. Godišnji broj izvanrednih onečišćenja u navedenom se razdoblju kretao od 7 (2005.) do 97 (2003.), a iznenadnih od 77 (2004.) do 157 (2002.). Budući da u 32% slučajeva nisu utvrđeni počinitelji onečišćenja, sve troškove analiza i sanacije snosile su Hrvatske vode.

³¹ Jurac, Z.: Otpadne vode, Veleučilište u Karlovcu, Karlovac, 2009., str. 61.

3. PROČIŠĆAVANJE OTPADNIH VODA

3.1. Tretman otpadnih voda

3.1.1. Što su otpadne vode?

To je upotrijebljena voda iz naselja i industrije kojoj su promijenjena fizikalna, kemijska i biološka svojstva tako da se ne može koristiti u poljoprivredi niti u druge svrhe. Ona sadrži: onečišćenu vodu, „stranu vodu“ i kišnicu.

Sve vode koje su iskorištene za nekakvu namjenu, bilo da je riječ o kućanskim, industrijskim ili poljoprivrednim vodama, potrebno je prikupiti, kao otpadnu vodu, te je na prikladan način obraditi i odvesti u prijemnike bez štetnih posljedica za okoliš i bez narušavanja prirodnog hidrološkog ciklusa. Prijemnici mogu biti prirodne vode – rijeke, jezera, mora, ali u nekim slučajevima veliki dio otpadne vode moguće je, uz određenu obradu, ponovno koristiti za prvobitne ili neke druge procese.

Uobičajena je podjela otpadnih voda prema podrijetlu na:

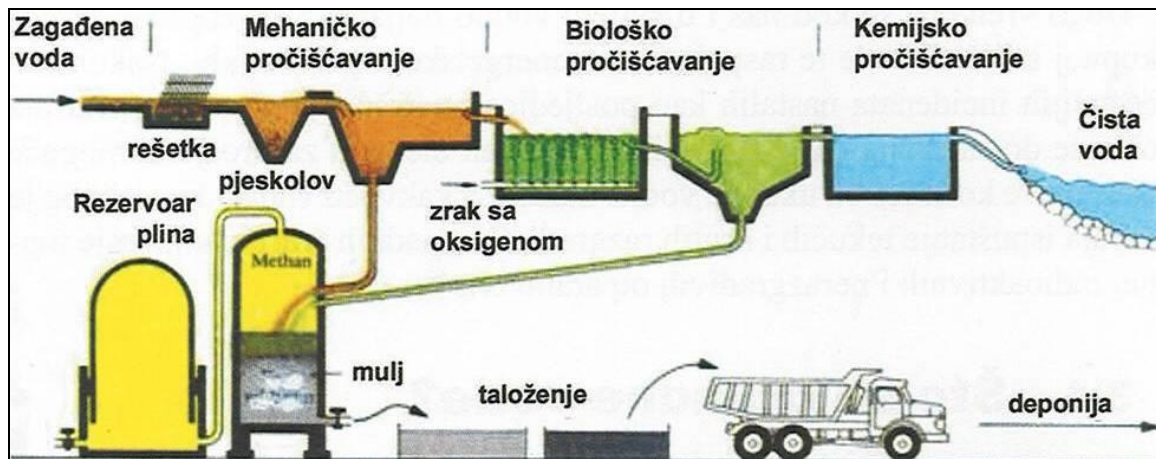
- **kućanske**
- **industrijske**
- **oborinske.**

Ponekad se zbog svojih pojava oblika, posebno razmatra i skupina voda koja se eventualno može odvojiti od industrijskih i nazvati trećom skupinom otpadnih voda prema podrijetlu:

- **poljoprivredne otpadne vode.**³²

Sustavi građevina, uređaja, cijevi i kanala kojima se prikupljaju, obrađuju i ispuštaju otpadne vode nazivaju se kanalizacijskim sustavom. Zbog različitog sastava otpadnih voda razlikuju se i materijali koji će biti primijenjeni u izgradnji sustava za odvodnju različitih tipova otpadnih voda.

³² Jurac, Z.: Otpadne vode, Veleučilište u Karlovcu, Karlovac, 2009., str. 63. – 68.



Slika 4. Shema mogućih načina pročišćavanja otpadnih voda³³

3.1.2. Karakteristike otpadnih voda

Materijali i oprema u kanalizacijskom sustavu izloženi su različitim utjecajima koji također ovise o brojnim faktorima – npr. poziciji pojedine cjeline u kanalizacijskom sustavu, geografskom položaju, klimatskim uvjetima itd., u kojima se kanalizacijski sustav nalazi.

Fizikalni, kemijski i biokemijski sastav otpadnih voda je također ovisan o mnogobrojnim faktorima, između ostalog i o potrošnji vode po osobi u kućanstvu, topografskim i geografskim uvjetima kanalizacijskog sustava, tipovima industrijskih otpadnih voda i ostalih, tzv. tuđih voda (oborinske, podzemne, drenažne) koje nekontrolirano ulaze u kanalizacijski sustav.

Fizikalne karakteristike otpadnih voda koje utječu na hidrauličko konstruiranje cjevovoda su vrlo slične karakteristikama pitke vode. Međutim, agresivnost (korozivnost) takvih voda može bitno odstupati od obične vode. U kanalizacijski sustav mogu dospjeti i jako lužnate ili jako kisele supstance i također pokrenuti ili ubrzati korozijske procese. Otpadne vode imaju u prosjeku i povišenu temperaturu, tako da se i na taj način ubrzavaju kemijski procesi korozije materijala.

Sustavi za odvod i obradu otpadnih voda mogu biti izvori za različite tipove onečišćenja okoliša, npr. emisije kemikalija, čestica, aerosola, mikroorganizama, neugodnih mirisa pa

³³ Jurac, Z.: Otpadne vode, Veleučilište u Karlovcu, Karlovac, 2009., str. 64..

čak i kao izvori buke – i svaki od njih mora biti kontroliran i održavan unutar zakonski predviđenih granica.

3.1.3. Karakteristike kućanskih otpadnih voda

Kućanske otpadne vode pretežno sadrže biorazgradive tvari (proteini, ugljikohidrati, lipidi), suspendirane tvari te veliki broj mikroorganizama (slika 5.)



Slika 5. Kućanske otpadne vode³⁴

Najvažniji pokazatelji sastava kućanskih otpadnih voda su:

- **sadržaj otpadnih tvari**
- **količina suspendiranih tvari**
- **ukupni dušik i fosfor**
- **broj patogenih mikroorganizama.**

U razvijenim zapadnim zemljama potrošnja sanitarne vode po stanovniku je u granicama od 150 do 500 litara na dan.

3.1.4. Karakteristike industrijskih otpadnih voda

³⁴ Izvor: <https://hr.acumeninterior.com/3692988-przydomowe-oczyszczalnie-ciek-w>

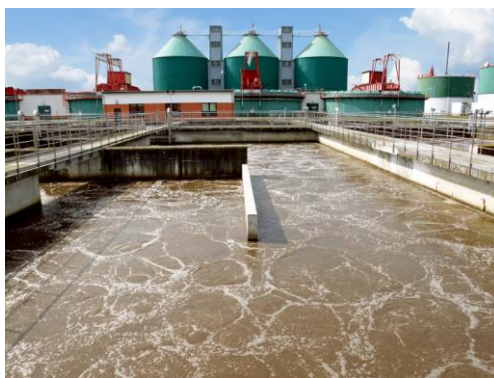
Postoji više vrsta industrijskih otpadnih voda, pa se i njihove karakteristike bitno razlikuju ovisno o tome uz koji tehnološki proces ili uz koji postupak pretvorbe energije (termoelektrane, hidroelektrane, nuklearne elektrane) su nastale.

Velik je broj različitih podjela industrijskih otpadnih voda, ovdje ću spomenuti tri podjele:

- **Tip tehnološkog procesa uz/iz kojega nastaju:** pretežno organske, pretežno anorganske otpadne vode te vode iz rashladnih i energetske postrojenja
- **Kompatibilnost s kućanskim otpadnim vodama.** Neke industrijske otpadne vode mogu se miješati s kućanskim otpadnim vodama, odnosno, biološki su razgradive. Ostale industrijske otpadne vode nazivaju se nekompatibilnim, odnosno biološki nerazgradivim vodama i ne smiju se ispuštati u isti sustav kojim se odvođe kućanske otpadne vode bez predobrade i dovođenja u kompatibilno stanje.
- **Mogućnost ponovnog korištenja u industrijskim procesima.** To su industrijske otpadne vode koje je moguće, nakon provedenog prikladnog tehnološkog tretmana, ponovno iskoristiti za industrijske potrebe i tako smanjiti opterećenje kanalizacijskog sustava i okoliša.

Najčešći parametri koji se prate u industrijskim otpadnim vodama su:

- **pokazatelji organskih tvari** – **BPK** (biokemijska potrošnja kisika), **KPK** (kemijska potrošnja kisika), **UOU** (ukupni organski ugljik)
- **mikroorganizmi**
- **pojedinačne tvari koje su posljedica tehnološkog procesa u industrijskom pogonu**, npr. teški metali, petrokemikalije, biocidi, ulja i masti, radioaktivne tvari itd.



Slika 6. Industrijske otpadne vode³⁵

3.1.5. Karakteristike poljoprivrednih otpadnih voda

Oborine ili sustavi za navodnjavanje poljoprivrednih zemljišta ne mogu dovesti točnu količinu vode potrebnu za pojedine agrokulture na pojedinim poljoprivrednim zemljištima. Sva dovedena voda se ne može apsorbirati ili ispariti/ishlapiti s mjesta dovođenja nego će se određeni „višak“ vode procijediti u dubinu do podzemnih voda ili otjecati do obližnjih površinskih voda. Taj tzv. višak vode predstavlja poljoprivredne otpadne vode.



Slika 7. Poljoprivredne otpadne vode³⁶

Poljoprivredne otpadne vode potrebno je odvesti s mjesta nastajanja, dodatno obraditi i što je više moguće ponovo iskoristiti u sljedećem ciklusu navodnjavanja zemljišta. Sastav poljoprivrednih otpadnih voda ovisi o primijenjenoj tehnologiji obogaćivanja zemljišta

³⁵ Izvor: <http://vodoservice.com/otpadne-vode/>

³⁶ Izvor: <https://euractiv.jutarnji.hr/euractiv/hrana-i-poljoprivreda/od-nove-godine-krece-primjena-uredbe-za-ponovnu-uporabu-vode-za-poljoprivredno-navodnjavanje-9774868>

gnojivom, hranjivim tvarima, primijenjenim herbicidima, biocidima, fungicidima i poljoprivrednim kulturama koje se pretežno na određenim poljima uzgajaju.

3.1.6. Oborinske otpadne vode

Nastale su od oborina koje se više ili manje onečišćuju u doticaju s nižim slojevima atmosfere, površinama tla, krovovima i sl., te ih je uputno prihvatiti u sustav kanalizacije (slika 8.).



Slika 8. Oborinske otpadne vode³⁷

Oborinske otpadne vode samo se uvjetno mogu smatrati čistim vodama. Primjer su tzv. kisele kiše koje ugrožavaju šume i tzv. crvene ili žute kiše koje nastaju kao posljedica ispiranja pustinjske prašine čak iz Afrike.

Onečišćenje oborinskih voda koje s gradskog područja dotječu u kanalizaciju, ovisi o mnogo čimbenika, npr. o vrsti površinskog pokrova, o intenzivnosti i vrsti prometa, o utjecaju industrija, o trajanju kiše određene jačine, o onečišćenosti zračnog bazena, o trajanju sušnog razdoblja koje je prethodilo kiši. U tu grupu svrstane su i vode koje potječu od topljenja snijega, koje također poprimaju karakteristike vrlo onečišćenih voda.

3.1.7. Procjedne vode

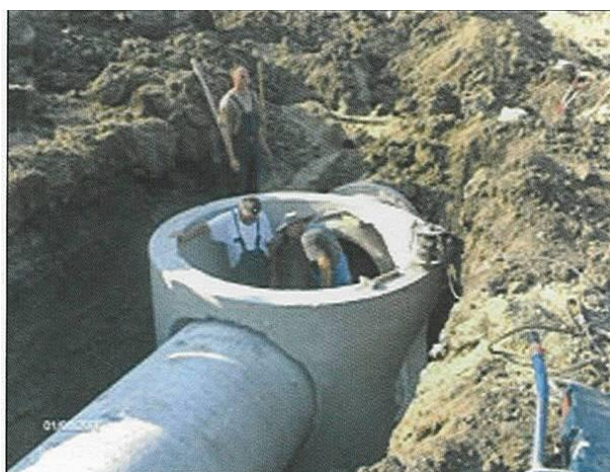
Procjedne vode su podzemne vode, čiste vode, filtrirane tečenjem kroz slojeve tla. Pri rješavanju odvodnje otpadnih voda, često kod objekata na padini brda ili kod dubokih

³⁷ Izvor: <https://exactosystem.com/3272-diy-roof-drains-instructions-for-self-manufacturing-a.html>

podruma dolazi do procjeđivanja podzemne vode, koja mora biti prikupljena posebnim sustavom kanalizacije-drenažom, i uključena u zajednički odvodni sustav.

3.2. Sustavi za odvodnju otpadnih voda

Kanalizacijski sustav odvodi otpadne tvari, ali i energiju (toplinu). Njime se odvede kućanske (sanitarne) vode, industrijske otpadne vode i poljoprivredne otpadne vode (slika 9.).



Slika 9. Kanalizacijski sustav³⁸

Ako se kućanske i industrijske (prije toga dodatno obrađene) vode usmjeravaju i odvede jednim sustavom, taj se sustav tada naziva – komunalni sustav ili gradska kanalizacija.

Brojne su izvedbe, odnosno tipovi kanalizacijskih sustava s obzirom na prihvata i odvođenje još i oborinskih voda. Tako se razlikuju razdjelni i mješoviti sustavi za odvođenje oborinskih i otpadnih voda. S obzirom na hidraulične uvjete u cjevovodu razlikuju se kanalizacijski sustavi s tlakom i bez tlaka (gravitacijski). Ukoliko je riječ o tlačnim sustavima, oni se mogu, ovisno o potrebama i mogućnostima izvesti kao sustavi s predtlakom ili s podtlakom (vakuumom). Gravitacijski sustavi su opterećeniji na koroziju s unutrašnje strane cijevi zbog prisustva zraka i neujednačenog nastrujavanja voda na stjenke cijevi.

³⁸ Jurac, Z.: Otpadne vode, Veleučilište u Karlovcu, Karlovac, 2009., str. 70.

Kanalizacijski sustavi su pretežno zatvorenog tipa (u cijevima). Ponekad, pretežno izvan naseljenih područja, otpadne vode se odvođe otvorenim kanalima.

3.2.1. Kanalizacija

Pod pojmom kanalizacije podrazumijeva se skup inženjerskih građevina i mjera koje služe za:

- **sakupljanje otpadnih voda u urbanim i industrijskim sredinama**
- **transport do mjesta pročišćavanja i ispozicije**
- **čišćenja do stupnja uvjetovanog lokalnim prilikama i zakonskim uredbama**
- **dispozicija pročišćene vode u odgovarajući prijemnik.**

Važno je da se pri transportu i dispoziciji otpadne vode ne ugrozi ekološka stabilnost područja sa kojeg se sakuplja otpadna voda i kojim se ona transportira te prijemnika u kojeg se disponira.

Put transporta otpadne vode treba biti što kraći i što brži (u prostornom smislu – ekološki aspekt, vremenski – minimalno vrijeme zadržavanja otpadne vode u kolektorima).

Elementi kanalizacijskog sustava su:

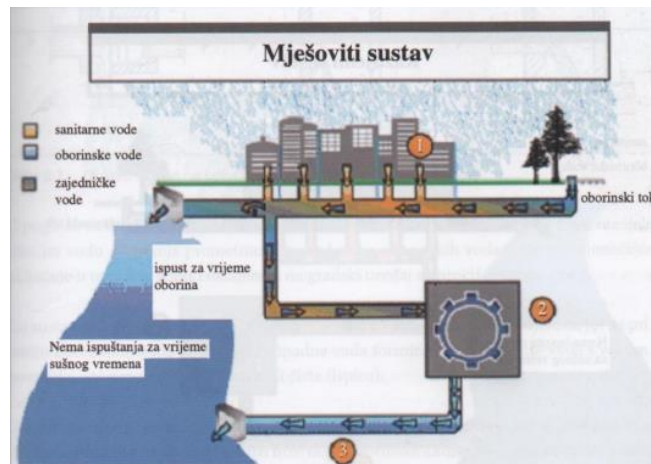
- **kanalizacijska mreža** (kolektorska mreža): sekundarna i glavna
- **objekti** (građevine): crpne stanice, ulazna okna, reviziona okna, preljevne građevine
- **uređaji za pročišćavanje otpadnih voda**
- **ispusti.**³⁹

3.2.2. Vrste kanalizacijskog sustava

Prema načinu prihvaćanja i odvodnje otpadnih voda kanalizacijske sustave dijelimo na:

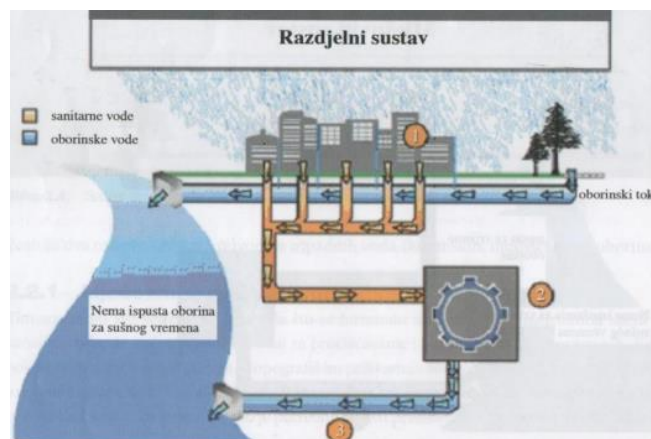
³⁹ Jurac, Z.: Otpadne vode, Veleučilište u Karlovcu, Karlovac, 2009., str. 70. – 71.

- **Mješoviti ili skupni** (u Hrvatskoj 99% mreža) – skuplja sve kategorije urbanih voda i odvodi ih (zajedničkim) kanalima i kolektorima uz uvjet da se industrijske otpadne vode pročiste na kvalitetu (stupanj zagađenosti) sanitarne otpadne vode.



Slika 10. Primjeri kanalizacijske mreže mješovitog sustava

- **Razdjelni ili odvojeni** (separatni) – sastoji se od dvije kanalizacijske mreže od kojih jedna odvodi oborinske vode, a druga odvodi sanitarne i industrijske otpadne vode (pod uvjetom da budu svedene na kakvoću sanitarnih otpadnih voda prije nego se upuste u kolektore).



Slika 11. Primjeri kanalizacijske mreže razdjelnog sustava

- **Polurazdjelni ili djelomično razdjelni** – mreža je ista kao kod razdjelnog sustava kanalizacije uz specijalne dopunske građevine na mreži za oborinsku vodu (kišni razdjelni preljevi – razdjelna okna). Sa sanitarnog i ekološkog aspekta ovakav sustav je povoljniji od razdjelnog jer se prvo otjecanje od kiše (najonečišćeniji dio) odvodi na uređaj za pročišćavanje zajedno sa sanitarnom otpadnom vodom.

- **Kombinirani** – sadrži nekoliko zasebnih sustava (mješoviti, razdjelni...). Ovaj sustav nastaje kao rezultat širenja naselja. U sušnom razdoblju kolektori kanalizacije su djelomično iskorišteni stoga se na njih može upustiti sanitarna kanalizacija novonastalih naselja pod uvjetom da se za ta naselja izgradi odvojena oborinska kanalizacija.⁴⁰

3.3. Osnovni postupci obrade otpadnih voda

Ne postoje jedinstveni sustavi obrade otpadnih voda. Svaka otpadna voda ima svoje posebne karakteristike, što se osobito odnosi na industrijske otpadne vode.

Koriste se sljedeći osnovni postupci:⁴¹

- **mehanička predobrada**
- **fizikalno-kemijska obrada**
- **biološka obrada.**

3.3.1. Mehanička predobrada

a) Rešetka

Može biti statička i pokretna, gruba i fina. Služi za odstranjivanje grubih plivajućih tvari (lišće, tkanine, iverje, granje), dlake (mesna industrija) i slično.

Podjela prema veličini mreže:

- fina rešetka 3-10 mm
- srednje fina 10-25 mm
- gruba rešetka 50-100 mm.

Kod ručno čišćenih rešetki uzima se veličina očiva veća od 20 mm.

- nagib cca 80°

⁴⁰ Jurac, Z.: Otpadne vode, Veleučilište u Karlovcu, Karlovac, 2009., str. 73. – 74.

⁴¹ Jurac, Z.: Otpadne vode, Veleučilište u Karlovcu, Karlovac, 2009., str. 76. – 78.

- brzina strujanja kroz rešetku cca 0,6-1 m/s
- otpor strujanja je cca 0,05-0,15 m.v.s. (0,4 m kod otpadnih voda).

b) Pjeskolovi

Odvajanje šljunka, pijeska i mineralnih čestica iz vode. Odvajanje čestica srednjeg promjera većeg od 200 μ m. Primjena slobodnog taloženja – sedimentacija. Bazeni dubine cca 1m, opterećenje 15-30 m³/m²h.

c) Mastolovi

Služe za uklanjanje ulja i masti, uljni separatori. Ulja i masti su specifično lakši od vode. U takvim bazenima je vrijeme retencije vode ca 3-5 min, brzine strujanja v_p =ca 15m/h. Na taj način zadržava se oko 80% masnih tvari. Temperatura mora biti veća od 30° C.

d) Fina sita

- **makrosita**“mesh“ **veće od 0,3 mm** (od 0,3 do nekoliko mm), izrađuje se od nehrđajućeg čelika
- **makrosita**“mesh“ **veće od 100 μ m**, koristi se za pitku vodu (planktoni) ili iz predtretirane otpadne vode.

Postoje posebne vrste rotacionih sita s automatskim čišćenjem.

3.3.2. Fizikalno-kemijska obrada

Specifična obrada, vezana uz vrstu otpadnih voda.⁴²

a) Neutralizacija

Kod procesa demineralizacije npr. vodi koja ima suvišak H₂SO₄ dodaje se vapno Ca(OH)₂ pa je uz vodu produkt gips – CaSO₄.

b) Taloženje

Odvajanje suspendiranih tvari iz vode koja se obrađuje gravitacijskim taloženjem. Vrlo često je potrebno utjecati na elektrokinetička svojstva koloidno suspendiranih tvari (koagulacija) radi ubrzanja taloženja. Taložiti se mogu samo one suspendirane tvari koje

⁴² Jurac, Z.: Otpadne vode, Veleučilište u Karlovcu, Karlovac, 2009., str. 78. – 80.

su specifično teže od vode i imaju dovoljno veliku dimenziju da bi utjecaj gravitacijskog polja nadvladao difuzijsko polje.

c) Flotacija

Odvajanje suspendiranih tvari (krutih i kapljevitih) podizanjem (uz pomoć finih mjehurića) na površinu. Ovaj postupak separacije suspendiranih tvari je pogodan za specifično lakše tvari, ali je moguće flotirati i tvari specifično teže od vode. I ovdje je poželjno intervenirati u slučaju velike dispergiranosti koloidnih sustava.

d) Filtracija

Nakon taloženja – primarnog bistrenja slijedi filtracija preko različitih filtracijskih materijala: kvarcni pijesak, antracit, lava, aktivni ugljen, koks i dr.

e) Kemijska oksidacija

Primjena jakih oksidacijskih sredstava kao što su O₃, H₂O₂, O₃/H₂O₂, klorni spojevi, i dr.

f) Dezinfekcija.

U sljedećoj tablici dan je prikaz dimenzija najčešćih nečistoća u vodama:

Tablica 4. Raspon nečistoća

RASPON NEČISTOĆA				
Grube disperzije anorganskog i organskog porijekla, mikroorganizmi	Koloidne disperzije		Molekularne disperzije	Plinovi
Φ 1-10 ⁻⁴ cm	Organske	Anorganske	Otopljene soli-ioni Φ10 ⁻⁷ -10 ⁻⁸ cm	CO ₂ , O ₂ , N ₂ , H ₂ S, CH ₄
	Ulja, masti, huminske tvari, mikroorganizmi Φ10 ⁻⁴ -10 ⁻⁶ cm	Gline, Fe ₂ O ₃ , SiO ₂ Φ10 ⁻⁴ -10 ⁻⁶ cm		

3.3.3. Problem prerade industrijskih voda

Dok se u preradi vode za piće koriste poznati procesi koji se sve više usavršavaju, industrijske grane proizvode otpadne vode razne kakvoće tako da nije moguće naći zajednički način pročišćavanja.

To iziskuje primjenu raznovrsnih procesa u koje ulaze postupci fizikalnog, kemijskog, ponekad i termičkog, pa čak i biološkog pročišćavanja.

Funkciju vode u industrijskim postrojenjima je višestruka:

- pretvaranje u energiju isparavanjem (nuklearna elektrana)
- prenošenje topline zbog kondenzacije pare, hlađenjem aparata i sl.
- transport sirovina ili otpadaka
- mehaničko djelovanje pod pritiskom od 50-150 atmosfera
- proizvodnja u industrijskim pogonima, tekstila, kože i sl.
- pranje plinova
- pripremanje kupki i dr.

Porast industrijskih potreba za vodom dobre kakvoće i potreba ekonomičnosti postrojenja nastoji se koristiti što manje čiste vode i ispustiti što manje onečišćene vode jer je cijena i jedne i druge visoka. Zato se voda prije ispuštanja nastoji pročistiti i što manje ispustiti u kanalizaciju.

Kod korištenja vode dolazi do njene promjene, fizičke, kemijske i biološke. Kako bi voda zadovoljila u raznim industrijama potrebno ju je prije korištenja prilagoditi, jer naprerađena može izazvati razna oštećenja. Tako npr. zbog prisutnosti kalcijevih soli dolazi do stvaranja kamenca u kotlovnica ili u turbinama, a zbog kisika otopljenog u vodi dolazi do hrđanja postrojenja.

U industriji se udio otpadnih voda stalno povećava pa je potrebno iste u slučaju da sadrže otrovne tvari, prije ispuštanja, preraditi u samoj tvornici. Zbog toga je izdan Pravilnik o graničnim vrijednostima i pokazateljima opasnih i drugih tvari u otpadnim vodama tj. uvjete koje moraju zadovoljiti otpadne vode prije ispuštanja u sustav javne odvodnje.

Količina otpadnih voda i utjecaj koji one vrše na vode koje nisu onečišćene može se vidjeti kontrolom sljedećih karakteristika:

- **Biorazgradljivost**

Izražena je kemijskom potrošnjom kisika prema sljedećoj jednadžbi:

$$\frac{KPK}{BPK_5}$$

KPK – kemijska potrošnja kisika

BPK₅ – biokemijska potrošnja kisika u 5 dana.

KPK i *BPK* raste sa povećanjem sadržaja organskih i anorganskih tvari u vodi.

- **Prisustvo amonijaka**

Svojim mirisom upozorava na onečišćenje.

- **Utjecaj pH**

Odstupanjem od veličine 7-7,5 pH pokazuje da u vodi ima industrijskog onečišćenja.

- **Oksidoredukcijski potencijal**

Redox potencijal – svojom vrijednošću pokazuje stupanj onečišćenja pa tako vrijednost od +300 mV sa redoks potencijalom rH=24 i pH=7 pokazuje da je u pitanju pretjerano oksidirana sredina.

- **Otrovnost**

Izražena je prisutnošću teških metala Cu^{++} , Cr^{6+} , koji već u malim količinama npr. 0,1 mg/l mogu potpuno zaustaviti djelovanje bakterija. Isto tako i sulfidi od 25 mg/l potpuno zaustavljaju biološke procese. Osim gornjih, postoji i cijeli niz drugih toksičnih materija čije je ispuštanje u vodu zabranjeno kao npr. cijanidi, antibiotici i dr.

- **Temperatura**

Odstupanjem od normalne ukazuje na onečišćenost vode i utječe na proces pročišćavanja.

3.3.4. Javni kanalizacijski sustav

Javni kanalizacijski sustav sakuplja i provodi otpadnu vodu kućanstava, oborinsku vodu (koja ispire i nosi onečišćenja sa prometnih i okolnih poljoprivrednih površina) kao i obrađenu i neobrađenu industrijsku otpadnu vodu. Sakupljena otpadna voda se nakon pročišćavanja ili nepročišćena, ispuštena u rijeku ili more uz obalu.

Pročišćavanje otpadnih voda smanjuje rizik onečišćenja okoliša i umanjuje prijetnju biljnom i životinjskom svijetu, kao i javnom zdravlju.

Izgradnja kanalizacijske mreže u Republici Hrvatskoj je u porastu, kao i povezivanje na javnu kanalizacijsku mrežu. 2004. godine, ukupna dužina kanalizacijske mreže gradova bila je 5.996 km, dok je dužina glavnih kanalizacija iznosila 1.314 km.

Prosjek priključenosti na kanalizacijsku mrežu u Hrvatskoj je 43% (približno 70% u velikim gradovima i ispod 40% u mjestima sa manje od 10.000 stanovnika). Stanovništvo priključeno na objekte za pročišćavanje otpadnih voda je u porastu (ukupno 83 uređaja).⁴³

⁴³ Jurac, Z.: Otpadne vode, Veleučilište u Karlovcu, Karlovac, 2009., str. 82.

3.4. Pročišćavanje otpadnih voda- biljni uređaji

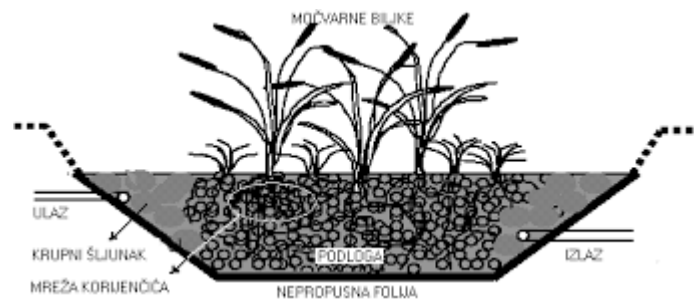
Uređaji koji su građeni tijekom 80-tih godina prošlog stoljeća često su predimenzionirani, budući su se temeljili na tadašnjim razvojnim i prostornim planovima, a projektirani su i za prihvat značajnog udjela industrijskih otpadnih voda te veću razinu priključivanja stanovništva na sustav odvodnje, koja nije realizirana predviđenom dinamikom. Problem u funkcioniranju sustava ponekad predstavlja i nemogućnost ispunjenja financijskih i kadrovskih zahtjeva poslovanja, što mjestimično rezultira usitnjenošću komunalnog sektora. Trenutno se u Hrvatskoj pročišćava oko 25% ukupne količine komunalnih otpadnih voda; veći dio toga, oko 76% pročišćava se na prvom stupnju, mehanički. Oko 18% se pročišćava na II stupnju, što čini samo oko 4,4% od ukupne količine komunalnih otpadnih voda. Dio industrijskih subjekata koji su priključeni na sustave javne odvodnje ima izgrađene uređaje za prethodno pročišćavanje otpadnih voda, čime bi kakvoća industrijskih voda trebala biti svedena na razinu kakvoće komunalnih otpadnih voda prije pročišćavanja. Na žalost, još uvijek se jedan dio otpadnih voda ispušta u prirodne prijemnike bez potrebnog stupnja pročišćavanja.

Slijedom navedenog, jasno je da se postojeći sustav pročišćavanja otpadnih voda u Hrvatskoj treba optimizirati i time poboljšati, naravno uz preduvjet osiguranja potrebnih financijskih sredstava i povećanja broja stručnih osoba za rad na uređajima. Kroz projekt CROWATER, stručnom osoblju i upraviteljima odabranih uređaja predstaviti će se najbolje raspoložive tehnologije, kojima će se ponuditi rješenja za određene probleme koji se javljaju u radu uređaja. Po završetku projekta bit će moguće koristiti isti koncept kojim bi se temeljem prethodno prikupljenih podataka i provedenih analiza omogućilo učinkovitije pročišćavanje otpadnih voda na postojećim i budućim uređajima za pročišćavanje.

3.4.1. Biljni pročišćivači

Biljni uređaji sastoje se od dvaju ili više međusobno povezanih bazena, iskopanih u zemlji do dubine od 50 do 60 cm. Dno i rubovi pokrivaju se nepropusnom plastičnom folijom, a zatim se ispune supstratom od šljunka, pijeska, zemlje, tucanika i šljake, te se u to posade močvarne biljke najčešće trska i rogoz. Otpadna voda ulazi cijevima u biljni

uređaj, struji ispod površine supstrata kroz korijenov sastav posađenih biljaka i pročišćena voda izlazi iz uređaja.



Slika 12. Biljni pročišćivač

Naime, bakterije koje se nalaze na korijenju biljaka razgrađuju organske spojeve iz vode u anorganske. Biljni uređaji imitiraju prirodno čišćenje toksičnih tvari i to u umjetno stvorenim ekosustavima močvara s površinskim i potpovršinskim tokom.



Slika 13. Primjeri biljnih pročišćivača

Otpadna voda pročišćava se biokemijskim i fizikalnim procesima. Korijenov sastav osim upijanja anorganskih spojeva obogaćuje potpovršinske slojeve kisikom.



Slika 14. Prikaz ulaznog i izlaznog primjerka vode

4. ZAKONSKE ODREDBE

4.1. Zaštita voda

Zaštita voda od onečišćenja provodi se radi očuvanja života i zdravlja ljudi i zaštite okoliša, te omogućavanja neškodljivog i nesmetanog korištenja voda za različite namjene.

Zaštita voda uključuje načelo održivog razvitka i jedinstvo vodnog sustava radi osiguranja odgovarajućeg vodnog režima (količina i kakvoća voda), koji se temelji na odredbama Zakona o vodama, Državnog plana za zaštitu voda, propisa iz područja zaštite voda od onečišćenja, te uvažavanju i drugih dokumenata, kao što su: Zakon o zaštiti prirode, Zakon o prostornom uređenju, Strategija prostornog uređenja Republike Hrvatske, Zakon o zaštiti okoliša, Nacionalna strategija zaštite okoliša i Nacionalni plan djelovanja na okoliš, Zakon o komunalnom gospodarstvu. U zaštiti voda važno je respektirati i međunarodne uvjete koje je Republika Hrvatska potpisala i potvrdila u postupcima ratifikacije, a odnose se na provedbu mjera i izgradnju vodnih građevina za zaštitu voda.



Slika 15. Zaštita voda

Poslovi zaštite voda se namjenski financiraju iz naknade za zaštitu voda, koja se plaća prema količini ispuštene otpadne vode i stupnju utjecaja na pogoršanje kakvoće i uporabivosti vode, a u skladu s mjerilima i uvjetima utvrđenim podzakonskim aktima. Jedna od najdjelotvornijih mjera zaštite voda je ekonomska mjera, odnosno primjena načela „onečišćivač plaća“.

Zaštita voda se provodi temeljem Državnog plana zaštite voda, koji uključuje aktivne i pasivne mjere u zaštiti voda i mora od onečišćenja s kopna kao što su: opće administrativne mjere, mjere za očuvanje kakvoće voda, mjere za sprječavanje i smanjenje onečišćenja voda, provedbene mjere, mjere za slučajeve izvanrednih i iznenadnih onečišćenja, plan građenja objekata za zaštitu voda, te izvore i načine financiranja.

Vodne građevine za zaštitu voda, uređaji za prethodno čišćenje (industrija), i uređaji za čišćenje otpadnih voda stanovništva i industrije, odnosno sustav za prikupljanje, čišćenje i dispoziciju otpadnih i oborinskih voda, čine pasivne mjere zaštite voda.

Aktivnim mjerama za zaštitu voda realizira se smanjivanje točkastih i raspršenih izvora onečišćenja, koje uključuju planiranje korištenja voda i prostora, te kontroliranu uporabu cijelog niza tvari u različitim granama društva, a posebno u poljoprivredi.⁴⁴

⁴⁴ Jurac, Z.: Otpadne vode, Veleučilište u Karlovcu, Karlovac, 2009., str. 86.

4.2. Sustavi zaštite voda iz točkastih izvora onečišćenja voda

Uspješnost zaštite voda iz točkastih izvora onečišćenja izravno ovisi o izgrađenosti sustava javne odvodnje koji je definiran kao sustavno i organizirano sakupljanje otpadnih voda, čišćenje i ispuštanje u prijamnik, te obrada mulja koji nastaje u procesu čišćenja.

4.2.1. Priključenost stanovništva na kanalizacijski sustav

Izgradnja, razvoj i pogon sustava javne odvodnje u nadležnosti su lokalne samouprave. Priključenost stanovništva na javne sustave odvodnje donekle zadovoljava u naseljima većim od 10.000 stanovnika, gdje se razina priključenosti kreće oko 70-75%. Najveći su problemi s odvodnjom otpadnih voda u malim naseljima do 2.000 stanovnika, u kojima živi oko 40% populacije. U Hrvatskoj postoji velik broj naselja s manje od 500 stanovnika (5.387 naselja) u kojima živi oko 800.000 stanovnika. U takvim naseljima zbog tehničko-tehnoloških i financijskih ograničenja, izgradnja i pogon centraliziranih sustava javne odvodnje teško su provedivi, pa su onečišćenja iz tih naselja tretirana kao raspršena.

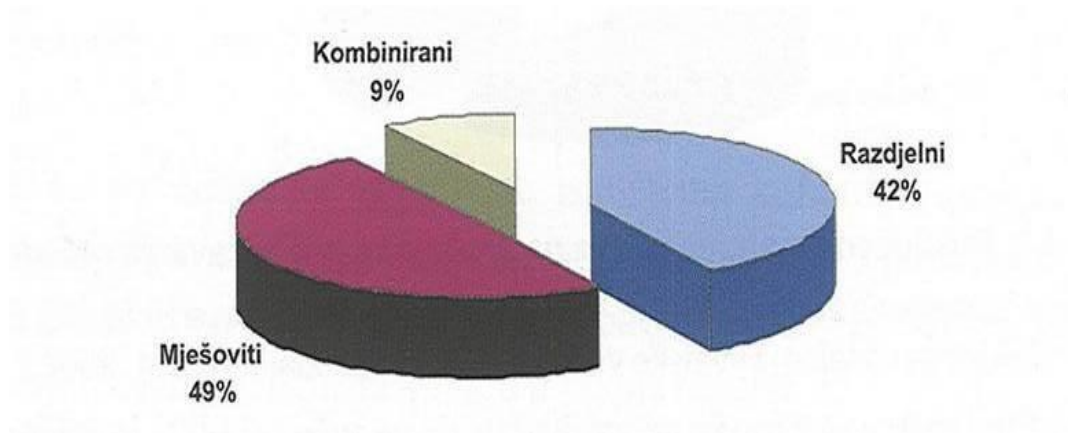
U tablici 5. dan je prikaz zastupljenosti kanalizacijskog sustava po veličini naselja.⁴⁵

Tablica 5. Zastupljenost kanalizacijskog sustava po veličini naselja

Veličina naselja	Tip kanalizacijskog sustava			Ukupno
	razdjelni	mješoviti	kombinirani	
Broj stanovnika	Broj naselja			
500 – 2.000	77	54	17	148
2.000 – 10.000	35	62	7	104
10.000 – 50.000	7	23	1	31
> 50.000	2	3	2	7
ukupno	121	142	27	290

⁴⁵ Stanje upravljanja vodama Nacr – Vodnogospodarska osnova Hrvatske, Strategija upravljanja vodama, Hrvatske vode, p. 78., www.voda.hr (05.04.2007.)

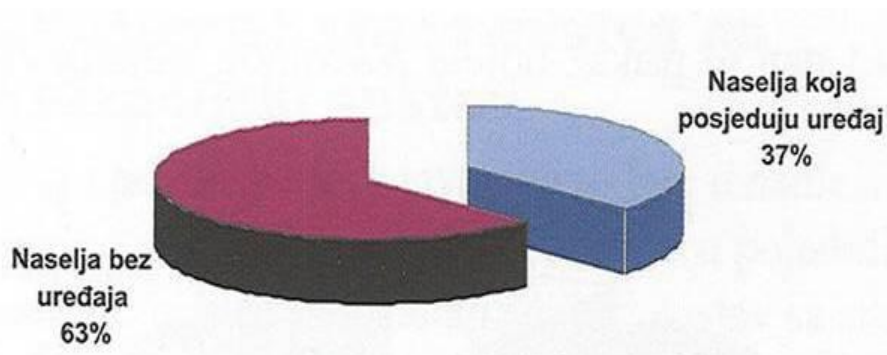
Iz tablice 5. vidljivo je da je najviše zastupljen mješoviti tip kanalizacijskog sustava, a zatim razdjelni tip kanalizacijskog sustava, što je vidljivo u grafikonu 4.



Grafikon 3. Udio pojedinog kanalizacijskog sustava 2005. godine

4.2.2. Priključenost stanovništva na uređaje za pročišćavanje otpadnih voda

U Hrvatskoj je u zadnjih nekoliko godina, primjetan napredak u pročišćavanju otpadnih voda. Od ukupno 290 naselja s izgrađenim kanalizacijskim sustavom 107 naselja posjeduje i uređaj za pročišćavanje otpadnih voda. Ukupno je izgrađeno 99 uređaja za pročišćavanje otpadnih voda, različitih prema stupnju izgrađenosti i kapacitetu (2005.). Od toga broja 72 uređaja su s prvim (mehaničkim) stupnjem pročišćavanja otpadnih voda, 20 uređaja sa drugim (biološkim) stupnjem pročišćavanja otpadnih voda, te 7 uređaja sa trećim (kombiniranim) stupnjem pročišćavanja otpadnih voda. U grafikonu 5. dan je prikaz priključenosti stanovništva na uređaje za pročišćavanje otpadnih voda.



Grafikon 4. Priključenost stanovništva na uređaje za pročišćavanje otpadnih voda

Na temelju grafikona 5. može se zaključiti da se više od 60% količine kućanskih otpadnih voda ispušta u prirodni prijemnik bez potrebnog stupnja čišćenja.

U skladu sa Zakonom o vodama, fizičke i pravne osobe koje, zbog svoje djelatnosti ili drugih aktivnosti za koje je potrebno vodopravna dozvola, ispuštaju u vode opasne tvari, dužne su o tome voditi očevidnih, a podatke dostavljati Hrvatskim vodama. Osobama koje otpadne vode ispuštaju u sustav javne odvodnje ili prirodni prijemnik, program ispitivanja se utvrđuje u vodopravnoj dozvoli za ispuštanje otpadnih voda.

Promijenjeni uvjeti gospodarstva zasnovani na tržišnim osnovama, uvjetovali su i promjene u koncepciji pročišćavanja industrijskih otpadnih voda, pa je veliki dio industrije izgradio samostalne uređaje za pročišćavanje otpadnih voda. Istovremeno, razina priključivanja stanovništva na kanalizacijski sustav sa središnjim komunalnim uređajem se nije realizirala planiranom dinamikom radi nepovoljnih gospodarskih uvjeta,

visokih troškova izgradnje sekundarne mreže i plaćanja priključka, pa veliki dijelovi naselja nisu još uvijek priključeni na središnji uređaj za pročišćavanje otpadnih voda.

4.3. Uređaji za pročišćavanje industrijskih / tehnoloških otpadnih voda

Za potrebe proizvodnje industrija koristi vodu iz više različitih izvora (vodotoci, podzemne vode i izvori, jezera, akumulacije i mora). Uz elektroprivredu, kao nesumljivo najvećeg potrošača vode izdvajaju se kemijska, prehrambena i naftna industrija. Samo petina otpadnih voda industrije podvrgnuta je postupcima pročišćavanja (21,85%), dok se preostala nepročišćena voda ispušta u recipijente vodotoke i mora.

Industrijski pogoni koji su priključeni na sustave javne odvodnje, u pravilu, imaju izgrađene uređaje za prethodno pročišćavanje otpadnih voda. Time se kakvoća industrijskih otpadnih voda svodi na razinu kakvoće komunalnih otpadnih voda. Prikupljene komunalne otpadne vode i dijelom pročišćene industrijske otpadne vode zatim se zajednički čiste na središnjim komunalnim uređajima.

Od ukupno ispuštene otpadne vode u iznosu 52 milijuna m³/god, u kanalizacijski sustav se ispušta 45%, a u vodne resurse 55%. Analizirajući pojedine vrste industrija, najviše otpadne vode u kanalizacijski sustav se ispušta iz prehrambene industrije (50%). Najveći udio otpadnih voda u kanalizacijski sustav uz prethodno pročišćavanje je iz prehrambene industrije (43%), otpadne vode prehrambene industrije bez prethodnog pročišćavanja, također bilježe najveći udio (71%). Najveći udio otpadnih voda koje se ispuštaju u vodne resurse otpada na kemijsku i petrokemijsku industriju (49%). Drvna industrija bilježi najveći iznos ispuštenih otpadnih voda u vodne resurse bez prethodnog pročišćavanja (31%), dok je najveći udio ispuštenih otpadnih voda u vodne resurse uz prethodno pročišćavanja iz kemijske i petrokemijske industrije (62%).⁴⁶

Industrija je u skladu s tehnološkim procesima proizvodnje razdijeljena u pet vrsta: prehrambena, drvna, proizvodnja celuloze i papira, metaloprerađivačka, tekstilna, te kemijska i petrokemijska. Prema količinama otpadne vode u Hrvatskoj, najveće količine

⁴⁶ Jurac, Z.: Otpadne vode, Veleučilište u Karlovcu, Karlovac, 2009., str. 89. – 90.

otpadaju na kemijsku i petrokemijsku industriju. Iznimka su slivovi Drave i Dunava gdje najveće količine otpadnih voda ispušta prehrambena industrija.

4.4. Mjere zaštite voda raspršenih izvora onečišćenja

Najvažnija mjera za kontrolu raspršenih izvora onečišćenja jest vodopravna dozvola za proizvodnju, odnosno stavljanje u promet kemijskih tvari i njihovih pripravaka koje služe za zaštitu bilja, a kojom se propisuje način i učestalost primjene.

Osim sredstava za zaštitu bilja, u tu skupinu proizvoda se svrstavaju sve one kemijske tvari i pripravci koji služe u obavljanju gospodarske djelatnosti u svrhu zaštite, dezinfekcije, pranja i čišćenja, odmašćivanja, odleđivanja cesta, te niz drugih pripravaka za različite namjene, a koji nakon uporabe izravno ili posredno dopijevaju u vode.

Izdavanje vodopravnih dozvola, za tu vrstu proizvoda, započelo je 1991. godine da bi se od 1995. godine, stupanjem na snagu novog Zakona o vodama, izdavanje vodopravnih dozvola naročito intenziviralo. Od godine 1996. do 2000. godine izdano je ukupno 1.354 dozvole, a 2003. i 2004. godine broj izdanih dozvola se popeo na oko 1.000 dozvola na godinu. Vodopravnim dozvolama se nalaže provedba i drugih mjera zaštite voda shodno značajkama pojedinog izvora onečišćenja.

Osim izdavanja vodopravnih dozvola kojima se kontrolira unos opasnih tvari u okoliš, mjera kontrole raspršenih izvora je i izgradnja modernih prometnica (kada prolaze kroz vodozaštitna područja) koja uključuje čišćenje otpadnih voda prije ispusta u neposredni okoliš, pojačani nadzor i uređenje divljih odlagališta otpada, te uklanjanje onečišćenja nastalih za vrijeme ratnih razaranja na područjima koja su bila u neposrednoj blizini djelovanja ratnih operacija.⁴⁷

⁴⁷ Jurac, Z.: Otpadne vode, Veleučilište u Karlovcu, Karlovac, 2009., str. 91.

4.5. Pravne okosnice i zakonodavni okviri

Projektiranje i građenje sustava odvodnje i pročišćavanja otpadnih voda u Hrvatskoj temelji se na pravnim normama – zakonskim i podzakonskim aktima (uredbama, pravilnicima, planovima). Najznačajniji zakoni, uredbе, pravilnici i planovi su:

- **Zakon o prostornom uređenju i gradnji** (NN 76/2007)
- **Zakon o zaštiti prirode** (NN 162/03)
- **Zakon o zaštiti okoliša** (NN 82/94, NN 128/99)
- **Zakon o financiranju vodnog gospodarstva** (NN 107/95, NN 150/05)
- **Zakon o komunalnom gospodarstvu** (NN 26/03, NN 82/04, NN 110/04, NN 178/04)
- **Zakon o otpadu** (NN 178/04)
- **Zakon o zaštiti zraka** (NN 178/04)
- **Zakon o gradnji** (NN 175/03)
- **Državni plan za zaštitu voda** (NN 8/99)
- **Strategija upravljanja vodama** (NN 91/08)
- **Uredba o klasifikaciji voda** (NN 77/98)
- **Uredba o opasnim tvarima u vodama** (NN 78/98)
- **Uredba o preporučenim i graničnim vrijednostima kakvoće zraka** (NN 101/96)
- **Pravilnik o graničnim vrijednostima pokazatelja opasnih i drugih tvari u otpadnim vodama** (NN 94/08)
- **Pravilnik o zdravstvenoj ispravnosti vode za piće** (NN 182/04)
- **Pravilnik o vrstama otpada** (NN 27/96)
- **Pravilnik o uvjetima za postupanje s otpadom** (NN 123/97)
- **Pravilnik o ocjeni prihvatljivosti zahvata za prirodu** (NN 89/07)
- **Pravilnik o zaštiti poljoprivrednog zemljišta od onečišćenja štetnim tvarima** (NN 15/92)
- **Pravilnik o dobroj poljoprivrednoj praksi u korištenju gnojiva** (NN 56/08)
- **Pravilnik o najvišim dopuštenim razinama buke u sredini u kojoj ljudi rade i borave** (NN 37/90)

- **Pravilnik o posebnim uvjetima koji moraju ispunjavati osobe koje obavljaju djelatnost odvodnje otpadnih voda** (NN 93/96, NN 53/97), NN 102/97)
- **Pravilnik o obračunavanju i plaćanju naknade za zaštitu voda** (NN 62/00)
- **Odluka o visini naknade za zaštitu voda** (NN 58/00)

Prema odredbama iz Državog plana za zaštitu voda (NN 8/99) dozvoljava se ispuštanje pročišćenih otpadnih voda u površinske vodotoke (rijeke, potoci, melioracijski kanali) i mora. Potrebni stupanj pročišćavanja ovisi prvenstveno o propisanoj kategoriji prijemnika (vodotoka) u koji se ispuštaju pročišćene otpadne vode te o veličini uređaja za pročišćavanje.

Kategorizacija vodotoka u Hrvatskoj definirana je Uredbom o klasifikaciji voda (NN 77/98). Klasifikacija voda određuje se na temelju graničnih vrijednosti pojedinih tvari i drugih svojstava (pokazatelja) dopuštenih za određenu vrstu vode. Ukupno se razlikuje pet kategorija voda. I i II kategorija u smislu ekološke funkcije zadovoljavaju odredbe „dobrog ekološkog stanja (kakvoće)“ i mogu se koristiti za različite namjene (vodoopskrba, sport, rekreacija i sl.). Ostale tri kategorije (III, IV i V) karakteriziraju značajni poremećaji prirodne biološke ravnoteže ekosustava i mogu se koristiti isključivo za plovidbu, energetske potrebe i sl., uz napomenu da se vode III kategorije mogu koristiti za potrebe navodnjavanja poljoprivrednih zemljišta.

Prema odredbama Strategije upravljanja vodama (NN 91/08), osnovna planiranja zaštite voda na lokalnoj razini jesu županijski planovi za zaštitu voda s mjerama zaštite voda i odlukama o odvodnji otpadnih voda. Ovdje je također potrebno istaknuti da do danas za pojedine županije nisu doneseni i usvojeni županijski planovi za zaštitu voda.

Uz kategorizaciju vodotoka, zaštita voda se prema Strategiji upravljanja vodama (NN 91/08) i Državnom planu za zaštitu voda (NN 8/99) provodi i u odnosu na podjelu područja prema osjetljivosti – vrlo osjetljiva područja, osjetljiva područja, manje osjetljiva područja i zaštićena područja. Osjetljivost područja ili voda (prijemnika) definirana je u prethodno navedenim dokumentima, a označava:

Osjetljivost područja označava vrijednost skupa ekoloških činitelja pojedinog dijela vodnog sustava, koji bi u slučaju promjena, izazvanih ispuštanjem otpadnih voda (ili općenito otpadnih tvari i/ili energije) mogli prouzročiti neželjene promjene životnih zajednica, odnosno poremećaja ekosustava.

Osjetljiva područja su oni vodni sustavi koji su eutrofizirali ili će eutrofizirati u bliskoj budućnosti, ako se ne provedu zaštitne mjere. Osjetljiva područja su vode II. i III. kategorije i u njih je dozvoljeno ispuštanje otpadnih voda uz treći stupanj čišćenja.

Manje osjetljiva područja su dijelovi vodnog sustava u koje se mogu ispuštati otpadne vode i za koje se može utvrditi, na temelju morfoloških, hidroloških i drugih odnosa strujanja, da će ispuštanje otpadnih voda prouzročiti nepovoljne utjecaje na ograničeni dio vodnog okoliša (to su vode III., IV. i V. kategorije).

Zaštićena područja (područja posebne zaštite voda) su dijelovi vodnog sustava na kojima je utvrđena potreba za dodatnim, strožim i sveobuhvatnim mjerama zaštite voda od onih koje se inače provode na cijelom teritoriju Republike Hrvatske.

Prema relevantnoj zakonskoj regulativi, u vode I. kategorije u pravilu je zabranjeno ispuštanje otpadnih voda, bilo u pročišćenom ili napročišćenom obliku. Iznimno i pod posebnim uvjetima može se dopustiti ispuštanje otpadnih voda i u vode I. kategorije. Prijedlog tih područja trebale bi izraditi Hrvatske vode u suradnji s Ministarstvom prostornog uređenja, graditeljstva i stanovanja te s Državnom upravom za zaštitu prirode i okoliša. U pojedinim slučajevima, gdje ne postoje ekonomski prihvatljiva rješenja kojima bi se strogo poštivale sve odredbe iz relevantne zakonske regulative, iznimno se i pod posebnim uvjetima može dopustiti ispuštanje pročišćenih otpadnih voda i u vode I. kategorije.

Prema zakonskoj regulativi, u „osjetljivim“ i „manje osjetljivim“ područjima dopušteno je ispuštanje otpadnih voda uz postizanje odgovarajućeg stupnja pročišćavanja.

Potreban stupanj pročišćavanja sanitarnih otpadnih voda definiran je Strategijom upravljanja vodama (NN 91/08) i Pravilnikom o graničnim vrijednostima pokazatelja opasnih i drugih tvari u otpadnim vodama (NN 94/08). Regulativom je definirano da se potrebni stupanj pročišćavanja nalazi u ovisnosti o osjetljivosti područja (kategorizacija vodotoka) i veličini aglomeracija, odnosno kapaciteta promatranog sustava (tablica 6.).

Tablica 6. Određivanje potrebnog stupnja pročišćavanja⁴⁸

Osjetljivost područja	Veličina uređaja	Stupanj pročišćavanja
Manje osjetljivo	do 2.000 ES	odgovarajući (najmanje I. stupanj)
	od 2.000 do 10.000 ES	odgovarajući (najmanje I. stupanj)
	više od 10.000 ES	prvi (I.) + drugi (II)
Osjetljivo	do 2.000 ES	odgovarajući (najmanje I. stupanj)
	od 2.000 do 10.000 ES	odgovarajući (najmanje II. stupanj)
	više od 10.000 ES	prvi (I.) + drugi (II.) + treći (III.)

Nazivlje osnovnih pojmova također je definirano u navedenoj regulativi, te se ovdje izdvajaju osnovni pojmovi:

I. stupanj pročišćavanja znači obradu komunalnih otpadnih voda fizičkim i/ili kemijskim procesom koji obuhvaća taloženje suspendiranih tvari ili druge procese u kojima se BPK₅ ulaznih otpadnih voda smanjuje za najmanje 20% prije ispuštanja, a ukupne suspendirane tvari ulaznih otpadnih voda smanjuju za najmanje 50%.

II. stupanj pročišćavanja znači obradu komunalnih otpadnih voda procesom koji općenito obuhvaća biološku obradu sa sekundarnim taloženjem ili druge procese.

III. stupanj pročišćavanja znači obradu komunalnih otpadnih voda procesom kojim se uz II. stupanj pročišćavanja još dodatno uklanja fosfor i/ili dušik, prema zahtjevima utvrđenim Pravilnikom.

Odgovarajuće pročišćavanje otpadnih voda znači obradu otpadnih voda bilo kojim procesom, koje nakon ispuštanja ne narušavaju dobro stanje voda prijemnika.

U Pravilniku o graničnim vrijednostima pokazatelja opasnih i drugih tvari u otpadnim vodama propisane su granične vrijednosti pokazatelja kakvoće i njihove dopuštene koncentracije te najmanje smanjenje ulaznog opterećenja otpadnih voda koje se ispuštaju u prirodni prijemnik iz uređaja za pročišćavanje nakon određenog stupnja pročišćavanja, dane u tablici 7.

⁴⁸ Jurac, Z.: Otpadne vode, Veleučilište u Karlovcu, Karlovac, 2009., str. 69..

U Strategiji upravljanja vodama (NN 91/08), po prvi puta se u okvirima hrvatske legislative navodi mogućnost zasebnog sagledavanja problema zbrinjavanja otpadnih voda u manjim ruralnim naseljima, veličine od 500 ES, uz prihvaćanje individualnih alternativnih rješenja s procjeđivanjem pročišćene vode u podzemlje. Premda se navodi da je onečišćenje sanitarnim otpadnim vodama iz naselja manjih od 500 ES raspršenog karaktera, u slučaju primjene alternativnih postupaka na mjestu nastanka onečišćenja, iste je potrebno staviti u okvire uslužnog/distribucijskog područja te će se tretirati kao točkasti izvori onečišćenja.

Tablica 7. Granične vrijednosti pokazatelja u otpadnim vodama nakon pročišćavanja⁴⁹

Stupanj pročišćavanja	Pokazatelj	Granična vrijednost	Najmanje smanjenje ulaznog opterećenja
I	Ukupne suspendirane tvari	—	20%
	Biokemijska potrošnja kisika (BPK) (20°C)	—	50%
II	Ukupne suspendirane tvari	35 mg/l (veće od 10.000 ES)	90%
		60 mg/l (2.000 do 10.000 ES)	70%
	Biokemijska potrošnja kisika (BPK) (20°C)	25 mg/l (veće od 10.000 ES) 40 mg/l (2.000 do 10.000 ES)	70%-90%
	Kemijska potrošnja kisika KPK ₀	125 mg/l (veće od 10.000 ES)	75%
III	Ukupni fosfor	2 mg/l (10.000 - 100.000 ES)	80%
		1 mg/l (veće od 100.000 ES)	
	Ukupni dušik	15 mg/l (10.000- 100.000 ES)	70%-80%
10 mg/l (veće od 100.000 ES)			

Uz sanitarne otpadne vode, potrebno je voditi računa i o tehnološkim otpadnim vodama, ukoliko se na obuhvatnom području promatranog sustava nalaze i privredni subjekti

⁴⁹ Jurac, Z.: Otpadne vode, Veleučilište u Karlovcu, Karlovac, 2009., str. 69.

(industrija). Tehnološke otpadne vode također su obuhvaćene Pravilnikom o graničnim vrijednostima pokazatelja opasnih i drugih tvari u otpadnim vodama (NN 94/08). Prema tome, za sve koji iz proizvodnih procesa ispuštaju tehnološke otpadne vode postoji zakonska obveza za njihovim adekvatnim zbrinjavanjem, odnosno potrebnim stupnjem pročišćavanja prije konačnog ispuštanja u sustav javne odvodnje ili drugi prijemnik. Prema odredbama iz Pravilnika, u tablici 8. su za pojedine pokazatelje kakvoće voda prikazane njihove granične vrijednosti, odnosno dozvoljene koncentracije opasnih i drugih tvari u tehnološkim otpadnim vodama, koje se ispuštaju u površinske vode ili u sustav javne odvodnje. Cjelokupna tablica dana je u Pravilniku.

Granične vrijednosti pokazatelja odnosno dozvoljene koncentracije u tehnološkim otpadnim vodama, koje se ispuštaju u sustav javne odvodnje, posebno se određuju za BPK₅, KPK, ukupni fosfor i ukupni dušik. Isti se ne ograničavaju u tablici 7. za ispuštanje u sustav javne odvodnje i tablicama iz članka 3. i 5. Pravilnika, ako sustav prikupljanja i odvodnje otpadnih voda ima uređaj za pročišćavanje na kojem se može postići stupanj pročišćavanja u skladu s Pravilnikom prije ispuštanja pročišćenih otpadnih voda u prijemnik. Vrijednosti maksimalno dozvoljenih koncentracija za prethodno navedene parametre određuju se aktom pravne osobe koja upravlja sustavom javne odvodnje. Temeljem takvog akta pravna osoba koja upravlja sustavom javne odvodnje donosi korisniku sustava javne odvodnje rješenje o dozvoljenim koncentracijama na mjestu ispusta. U slučaju da takvo rješenje nije doneseno, za ispuštanje u sustav javne odvodnje primjenjivati će se sljedeće granične vrijednosti za pokazatelje: BPK₅ = 250 mg O₂/l, a KPK = 700 mg O₂/l.

Tablica 8. Granične vrijednosti glavnih pokazatelja i dopuštene koncentracije tvari u tehnološkim otpadnim vodama

Pokazatelji tvari	za ispuštanje u površinske vode	za ispuštanje u sustav javne odvodnje
pH	6,5 – 9,0	6,5 – 9,0
ukupna suspendirana tvar mg/l	35	-----
BPK (mg O₂/l)	25	-----
KPK (mg O₂/l)	125	-----
ukupni fosfor mg P/l	2 (1 za jezera)	-----
ukupni dušik mg N/l	10	-----
ukupna ulja i masnoće mg/l	20	100

Za industrije sa specifičnim tehnologijama potrebno je zasebno definirati dopuštene granične vrijednosti pokazatelja i dopuštene koncentracije opasnih i drugih tvari koje se ispuštaju u sustav javne odvodnje ili posebni prijemnik. Do sada su Pravilnikom propisane granične vrijednosti samo za tehnološke otpadne vode vezane uz proizvodnju kože, mineralnih voda i bezalkoholnih pića, preradu mlijeka i proizvodnju mliječnih proizvoda, proizvodnju i preradu tekstila, proizvodnju piva i slada, proizvodnju i konzerviranje mesnih prerađevina, proizvodnju alkoholnih pića i alkohola, proizvodnju biljnih i životinjskih ulja i masti.

U postupcima čišćenja otpadnih voda na uređajima odstranjuje se otpad s rešetki i/ili sita, pijesak, masnoće, a poglavito „mulj“ koji sadrži više ili manje vode, ovisno o stupnju obrade.

Prema Pravilniku o vrstama otpada (NN 27/96), određeni su mogući postupci obrade otpada iz uređaja za pročišćavanje otpadnih voda. Tako se otpad izdvojen u sklopu prethodnog pročišćavanja, sa sita i grablji, preporuča odlaganje ili termička obrada. Za otpad s pjeskolova preporuča se odlaganje uz prethodno poboljšanje. Muljeve koji su ostatak biološkog ili fizikalno-kemijskog postupka moguće je odlagati na odlagališta I. kategorije (sanitarnim odlagalištima), obrađivati termički ili biološki (primjerice kompostiranje), ali uvijek uz prethodno poboljšanje (stabilizacija, odvodnjavanje). Odlaganje obrađenog i neobrađenog mulja u površinske vode nije dopušteno.

Ponovna upotreba mulja i/ili komposta od mulja u poljodjstvu određena je Pravilnikom o zaštiti poljoprivrednog zemljišta od onečišćenja štetnim tvarima (NN 15/92) i Pravilnikom o dobroj poljoprivrednoj praksi u korištenju gnojiva (NN 56/08). Pravilnicima su određene granične vrijednosti dopuštenih količina pojedinih parametara kakvoće (organskih štetnih tvari, teških metala i dr.) u mulju i kompostu od mulja kod njihove upotrebe u poljodjelstvu.

Otpadne vode iz kućanstava ne smiju se direktno ispuštati u otvorene vodotoke i kanale, u stajaće vode i kanalizaciju. Otpadne vode, ukoliko se ispuštaju na zemljište u funkciji gnojiva, moraju se raspršiti i ne smiju se ispuštati na jednom mjestu ili jednoj parceli u velikoj koncentraciji. Ostali aspekti vezani uz korištenje otpadnih voda u funkciji gnojiva definirani su Pravilnikom o dobroj poljoprivrednoj praksi u korištenju gnojiva (NN 56/08).

5. ZAKLJUČAK

Čovjekove djelatnosti i potrebe, kao i njihov odnos s prirodom su direktno vezani s vodom. Istovremeno, čovjekove djelatnosti su bitan činitelj onečišćenja vode, jer nepravilno postupanje s otpadnim vodama i industrijskim otpadom, gubitkom prirodnih crpilišta, iskrčavanjem šuma i loše poljoprivredne tehnike kojima se u vodu ispuštaju pesticidi i druge kemikalije, bitno šteti ekosustavima i mijenja njenu kakvoću, te predstavlja prijetnju postojećim slatkovodnim vodama. Sve vode koje se ispuštaju u okoliš nakon uporabe nazivamo otpadnim vodama. Osnovna podjela je na: kućanske, industrijske i poljoprivredne otpadne vode. Otpadne vode treba pročititi, prije nego što se ispuste u površinske vode i vodotoke (potoke, rijeke, mora i jezera), i to na uređajima za pročišćavanje. Uređaji za pročišćavanje otpadnih voda ugrađuju se na kraju sustava gradske kanalizacije i njen su sastavni dio u koji se skupljaju sve otpadne vode prije njihova puštanja u površinske vodene tokove. Kod ispuštanja otpadnih voda u vodotoke treba paziti i na njihovu temperaturu, jer već i mala zagrijavanja utječu na koncentraciju kisika u vodi, a time i na održavanje života u vodama.

Kao osnovni cilj gospodarenja vodama pokazuje se trajno uspostavljanje i održavanje ravnoteže odnosa čovjeka i prirode na području voda. U Hrvatskoj se s obzirom na izvore onečišćenja tradicionalno kontroliraju točkasti izvori onečišćenja, dok se raspršenim izvorima onečišćenja, i upravljanjem kakvoćom i količinom voda i vodnih ekosustava u zaštićenim područjima, do sada nije pridavala dovoljna pozornost. U Hrvatskoj se danas pročišćava približno 62% ukupnih otpadnih voda.

Uvođenjem odgovarajućeg monitoringa nadzora, kontrole, i provjere dobivenih rezultata je put i obaveza, za regionalne i lokalne vodovode i druge vrste vodnih objekata, kako bi se stekli uvjeti za sigurnu vodu za piće i zaštitu zdravlja potrošača, ali i ispravili nedostaci u tehnologiji pripreme vode. U zaštiti zdravlja stanovništva prioritet su rutinska ispitivanja koja u osnovi trebaju podržati preciznija definiranja dodatnih parametara ispitivanja a i veća odgovornost na lokalnom i regionalnom nivou u osiguravanju dovoljnih količina zdravstveno sigurne vode za piće.

6. LITERATURA

Bolić, J.: Vode Hrvatske – monografija o vodama i vodoprivredi Republike Hrvatske
Ministarstvo vodoprivrede Republike Hrvatske, Zagreb, 1991.

Ciklus vode, <http://www.aquapur.hr>

Ćosić Flajsig, G.: Postojeće stanje, načela i strateške smjernice u pitanju zaštite voda i
Vodnih ekosustava, 3. Hrvatska konferencija o vodama, Hrvatske vode, Zagreb, 2003.

Dragičević, J.: Gospodarenje vodama, Gospodarstvo vodama, Gospodarstvo i okoliš,
Zagreb, 2006.

Državni plan za zaštitu voda, N.N. 08/1999.

Gereš, D.: Međunarodna godina slatkih voda, Hrvatska vodoprivreda, Hrvatske vode,
Zagreb, 2003.

Izješće o stanju okoliša u Republici Hrvatskoj, Konačni nacrt, Agencija za zaštitu
okoliša, 2006.

Jurac, Z.: Otpadne vode, Veleučilište u Karlovcu, Karlovac, 2009.,

Makvić, Ž.: 2003. Međunarodna godina slatkih voda, Hrvatska vodoprivreda, Hrvatske
vode, Zagreb, 2003.

Makvić, Ž.: Izvanredna i iznenadna zagađenja voda u Hrvatskoj u 2000. godini,
Hrvatska vodoprivreda, Hrvatske vode, Zagreb, 2001.

Margeta, J.: Integralni pristup gospodarenju vodama, Građevinski godišnjak,
Hrvatsko društvo građevinskih inženjera, Zagreb, 1999.

Mayer, D.: Voda, Prosvjeta d.o.o., Zagreb, 2004.,

Ostojić, Ž.: Zaštita u gospodarenju vodama, Savjetovanje, Osnove strategije zaštite voda i
mora od zagađivanja u Republici Hrvatskoj, Ministarstvo poljoprivrede i šumarstva,
Zagreb, 1993.

Ostojić, Ž.: Zaštita voda od onečišćenja u integralnom upravljanju vodama, Hrvatska vodoprivreda, Hrvatske vode, Zagreb, XI, 2002., posebno izdanje

Ožanić, N.: Voda – izvor života, Građevinski fakultet Sveučilišta u Rijeci, www.gradri.hr

Stanje upravljanja vodama, Nacrt – Vodnogospodarska osnova Hrvatske, Strategija upravljanja vodama, Hrvatske vode, www.voda.hr

Tedeshi, S.: Zaštita voda, Hrvatsko društvo građevinskih inženjera, Zagreb, 1997.

Uredba o klasifikaciji voda, N.N. 77/98.

Vojvodić, V.: Onečišćenje voda, Zagreb, 2001.

Zakon o financiranju vodnog gospodarstva, N.N. 107/95, N.N. 150/05.

Zakon o vodama, N.N. 107/95, N.N. 150/05.

7. POPIS SLIKA

Slika 1. Ciklus kruženja vode	3
Slika 2. Shematski prikaz molekule vode	6
Slika 3. Nastanak kiselih kiša	18
Slika 4. Shema mogućih načina pročišćavanja otpadnih voda	24
Slika 5. Kućanske otpadne vode	25
Slika 6. Industrijske otpadne vode	27
Slika 7. Poljoprivredne otpadne vode	27
Slika 8. Oborinske otpadne vode	28
Slika 9. Kanalizacijski sustav	29
Slika 10. Primjeri kanalizacijske mreže mješovitog sustava	31
Slika 11. Primjeri kanalizacijske mreže razdjelnog sustava	31
Slika 12. Biljni pročišćivač	39
Slika 13. Primjeri biljnih pročišćivača	39
Slika 14. Prikaz ulaznog i izlaznog primjerka vode	40
Slika 15. Zaštita voda	41

8. POPIS TABLICA

Tablica 1. Volumni udjeli vode u %	4
Tablica 2. Vrste, posljedice i korist od pročišćavanja otpadnih voda	12
Tablica 3. Stupanj ugroženosti voda	21
Tablica 4. Raspon nečistoća	35
Tablica 5. Zastupljenost kanalizacijskog sustava po veličini naselja	42
Tablica 6. Određivanje potrebnog stupnja pročišćavanja	50
Tablica 7. Granične vrijednosti pokazatelja u otpadnim vodama nakon pročišćavanja ...	51
Tablica 8. Granične vrijednosti glavnih pokazatelja i dopuštene koncentracije tvari u tehnološkim otpadnim vodama	52

57

9. POPIS GRAFIKONA

Grafikon 1. Uzroci iznenadnih onečišćenja 2000.-2005.....	20
Grafikon 2. Odnos izvanrednih i iznenadnih onečišćenja	22
Grafikon 4. Udio pojedinog kanalizacijskog sustava 2005. godine.....	43
Grafikon 5. Priključenost stanovništva na uređaje za pročišćavanje otpadnih voda	44