

# Onečišćenje i zaštita voda

The background is a dark blue gradient that transitions to a lighter blue at the bottom. A thin, light blue curved line starts from the left edge and sweeps across the middle of the slide, ending near the bottom right.

# PROMJENA KAKVOĆE VODE

- Voda je na Zemlji vrlo rasprostranjena te prekriva gotovo tri četvrtine Zemljine površine.
- Ukupna količina vode na Zemlji procjenjuje se na  $1,389 \times 10^9 \text{ km}^3$ .
- Međutim, oko 97% ukupne vodne mase čini slana voda u morima i oceanima, koja se može upotrebljavati samo za neke namjene

- Slatke vode na Zemlji ima  $33,3 \times 10^6 \text{ km}^3$ , ali od toga je 78% u obliku leda pa je ostatak vode koji se može upotrebljavati za vodoopskrbu stanovništva, poljoprivredne i industrijske potrebe, kao i za druge djelatnosti, razmjerno mali.
- Zaštita postojećih vodnih zaliha kao i poboljšanje postojećih, već onečišćenih voda je bitan uvjet ne samo razvoja već i opstanka čovjekove zajednice na Zemlji.

- Voda je u prirodi u stalnom kruženju.
- Nakon kondenzacije vodene pare u atmosferi voda pada na Zemlju u obliku padalina.
- Dio vode se procjeđuje u podzemlje, dio otječe površinom, a dio dopijeva izravno u more.
- Uslijed djelovanja Sunčeve energije isparuje se voda s površine mora i kopna.
- Isparavanje površinskih i podzemnih voda povećano je isparivanjem biljaka.

- Vodena para je najčešći oblik vode u prirodi.
- Već u postupku isparavanja vodena se para spaja sa česticom koja znači stanovito onečišćenje atmosfere.
- Prolaskom kroz atmosferu, u vodi se otapaju ili raspršuju plinovi, dimovi i čestice prašine, koji se u atmosferi nalaze uslijed ispuštanja otpadnih tvari kroz dimnjake, naročito industrijske, a zatim uslijed strujanja zraka i drugih činitelja.
- Daljnje promjene sastava i koncentracije vode nastaju ispiranjem površine tla, a nastavlja se tečenjem po površini kao i procjeđivanjem u podzemlje.

- U vodne sustave dnevno se ispuštaju velike količine organskih i anorganskih otpadnih tvari, topline i radioaktivnih tvari.
- Otpad dopijeva u vodne sustave kao ostatak životnih i tehnoloških čimbenika u više ili manje podjednakim količinama tijekom dana i godina.

- Prirodne vode služe kao izvorišta za vodoopskrbu, ali istodobno i kao prijamnici upotrijebljene (otpadna) vode, pa je mogućnost promjene kakvoće vode sve veća.
- Čovjekove djelatnosti predstavljaju bitan činitelj u promjeni sastava i koncentracije onečišćivača u prirodnim vodama.

- Povremeno, vodni sustavi primaju takve terete otpada, koji po količini i sastavu predstavljaju udarna opterećenja, a posljedice su iznenadnih, prometnih, tehnoloških i drugih neprilika.
- Vodni sustavi, odnosno pojedine skupine organizama životnih zajednica mogu se prilagoditi na stalan dotok manjih količina biološki razgradivih otpadnih tvari pa tako u vodnim sustavima nastaju postupci koji se u zdravstvenoj hidrotehnici nazivaju **postupci samočišćenja voda**.



- Međutim, u slučaju ispuštanja većih količina bioloških razgradivih tvari ili i manjih količina nerazgradivih štetnih i opasnih tvari u vodotocima, jezerima i morima može doći do izrazito nepoželjnih promjena, koje vodu čine neupotrebljivom za gotovo sve namjene.

- Vodni sustavi mogu biti onečišćeni ili /i zagađeni.
- Onečišćenje označava unošenje u vodne sustave tvari ili energije, uslijed čega se povećavaju vrijednosti pokazatelja svojstvenih prirodnim vodama, pa time vode postaju manje podobne za uporabu, naročito za vodoopskrbu i druge namjene za koje je potrebna voda visoke kakvoće

- **Zagađenje** označava ispuštanje tvari ili energije, izravno ili neizravno, u vodne sustave prouzročene čovjekovom djelatnosti, čiji ishod predstavlja opasnost za ljudsko zdravlje, štetnost za žive organizme i vodne sustave te smanjuje kakvoću ili ometa uporabu vode za planirane namjene.
- Za procjenu promjene kakvoće vodnih sustava potrebno je promatrati međusobne utjecaje pojedinih onečišćenja.

- U tom smislu značajan je utjecaj organskih tvari.
- Prilikom povećanja sadržaja nekih organskih tvari u vodi, postoji opasnost pokretanja već apsorbiranih iona teških metala i radionuklida uslijed stvaranja kompleksnih spojeva otopljenih u vodi.
- Na taj način mogu se već vezani teški metali i radionuklidi iz taloga pokrenuti te dalje prenositi vodom.

- Toplinski poremećaji prijamnika, kao posljedica ispuštanja rashladnih voda naročito onih iz termoelektrana i nuklearnih elektrana, utječu na promjene metabolizma ekosustava.
- Uslijed povišenja topline vode te s tim u vezi smanjenja otopljenog kisika u vodi i istodobnog ubrzanja potrošnje kisika, razgradnjom organskih tvari dolazi do promjena oksido-redukcijskih uvjeta, promjene koncentracije vodikovih iona, povećanja kompleksirajućih tvari i dalje do niza poremećaja.

- Čovjekovo djelovanje na njegov prirodni okoliš očituje se kroz djelatnosti društvene zajednice.
- U želji da za svoje potrebe iskoristi prirodna bogatstva, čovjek se koristi tehnikom i sustavnim iskustvom – znanošću.
- Promjene koje čovjek izaziva su trajne, dalekosežne, a vrlo često posljedice takvih promjena izazivaju neželjene učinke za njegovu zajednicu.

- Od ukupnih čovjekovih djelatnosti kojima se utječe na **promjene u vodnim ekosustavima** spomenut će se samo one najčešće:
  - **Nekontroliranim ribolovom** ili općenito pretjeranim korištenjem proizvoda slatkovodnih i morskih sustava, smanjuje se brojnost nekih vrsta potrošača, čime se obavlja poremećaj piramide biomase ekosustava.
    - Pojedine vrste iščezavaju, nekima se brojnost bitno smanjuje, dok se neke druge nerazmjerno razvijaju.

- U poljoprivredi se primjenjuju **umjetna gnojiva te pesticidi** svih vrsta.
  - Ispiranjem, zemljišta donose se u vodne sustave nove količine hranjivih soli, zatim postojanih otrovnih tvari koje ulaze u prehrambene lance ekosustava, izazivajući neželjene promjene živih organizama.



- **Izgradnjom stambenih naselja te industrijskih pogona, čovjek je poremetio postojeće mikroklimatske, hidrološke i edafske prilike.**
  - Upotrijebljene vode iz stambenih naselja unose u vodne sustave znatne količine organskih tvari, za čiju se razgradnju troši kisik.
  - Na pojedinim dijelovima vodnih ekosustava, gdje se bez nadzora unose veće količine organskih tvari, dolazi do smanjenja otopljenog kisika u vodi, a s tim u vezi i do promjena životnih zajednica u ovisnosti o količini otopljenog kisika u vodi.

- Hranjive soli koje nastaju postupcima razgradnje organskih tvari povećavaju brojnost proizvođača **nove organske tvari** (eutrofikacija).
  - Pri povećanoj koncentraciji hranjivih soli, uz ostale prirodne uvjete, dolazi do bržega razvoja proizvođača od odgovarajućeg niza potrošača dakle do poremećaja u metabolizmu ekosustava.

- Izgradnja industrijskih pogona ima dalekosežnije posljedice.
  - Otpadne industrijske vode unose u vodne sustave, uz organske tvari, znatne količine anorganskih tvari.
  - U otpadnim vodama industrije nalaze se ne samo povećane koncentracije mineralnih soli, metalnih iona, već i znatne količine sintetičkih tvari kojih nije bilo u prirodnim sustavima.
  - Utjecaj industrijskog otpada višestruko je nepovoljan i na životne zajednice vodnih sustava i na samog čovjeka.

- Ispuštanjem **dimova** u atmosferu unose se znatne količine kemijskih spojeva i prašine.
  - Smanjuje se jakost svjetlosti u prirodnoj okolini.
- **Rashladne industrijske vode** unose u vodne sustave dodatne količine toplinske energije te mijenjaju uvjete životne okoline u prirodnim ekosustavima.

- Prolazeći kroz onečišćenu atmosferu padaline otapaju kemijske spojeve te na tlo dospijeva oborinska voda s promijenjenom koncentracijom vodikovih iona – „kisele kiše“
- Otjecanjem po površini stambenih naselja, industrijskih pogona, poljoprivrednih i drugih površina, nastaje daljnje onečišćenje površinskih voda.

- Prometne potrebe društvenih zajednica izazivaju daljnje nepoželjne utjecaje na vodne ekosustave.
  - Promjene uvjeta životnih staništa uzrokuje ne samo promet na vodnim sustavima, već i cestovni, željeznički kao i zračni promet.
  - Utjecaji su izraženi kao dugotrajni, uslijed stalnog prometa, ali i udarni, povremeni, zbog prometnih nezgoda.
- **Proizvodnja energije od fosilnih goriva, a naročito nuklearnog utječe na promjene u vodnim sustavima s mogućim nesagledivim posljedicama.**

# IZVORI ONEČIŠĆENJA VODA

- **Otpadna tvar i otpadna energija** nastaju u postupcima čovjekovih djelatnosti, a za samog korisnika predstavljaju nekoristan i nepoželjan otpad.
- Otpadne tvari pojavljuju se u tekućem, krutom i plinovitom obliku.

- Otpadne tvari koje se pojavljuju u tekućem obliku nazivaju se otpadnim vodama.
- Svojstva otpadnih voda razlikuju se prema porijeklu, pa se mogu svrstati u kućanske, industrijske i poljoprivredne otpadne vode.
- Prema načinu unošenja otpadnih voda u vodne ekosustave, razlikuju se
  - „točkasti“ (koncentrirani) ili
  - „raspršeni“ ispusti.



- **Kućanske i industrijske otpadne vode** prikupljaju se sustavom kanala te ispuštaju u vodne sustave kanalskim ispustima.
  - Takav način unošenja otpadne vode u prijamnike je točkasti ispust.
- **Oborinske vode** koje izravno iz atmosfere dopijevaju u vodne sustave ili nakon ispiranja površine šuma, livada i drugih površina ulaze u prijamnike na vrlo dugačkim potezima, nazivaju se raspršeni ispusti.

- U otpadnim vodama kućanstva, industrije i dijelom oborinskih voda koje se prikupljaju kanalskim sustavima moguće je nadzirati otpadnu tvar pomoću uređaja za čišćenje otpadnih voda.
- Točkasti izvori onečišćenja mogu na taj način ujedno biti i nadzirani izvori onečišćenja.
- Kad je riječ o raspršenim izvorima onečišćenja, zapravo nije moguće nadzirati otpadnu tvar, pa su takvi izvori neprovjereni izvori onečišćenja.

# Kućanske otpadne vode

- Kućanske otpadne vode nastaju u seoskim i gradskim naseljima.
- To su vode iskorištene u kućanstvima, ugostiteljstvu, zdravstvu, školstvu, uslužnim i drugim neproizvodnim djelatnostima.
- Otpadne vode iz turističkih naselja istih su svojstava kao i kućanske otpadne vode.
- Nazivaju se još i „komunalne“ ili „gradske“ te „fekalne“ otpadne vode.

- Sastav i svojstva otpadnih voda ovisi o načinu upotrebe voda.
- Ista voda iz vodoopskrbnih sustava upotrebljava se za obavljanje svih životnih funkcija, sanitarnih potreba kao i za komunalnu potrošnju (pranje ulica, zalijevanje zelenila, pranje automobila).

- **Biološka razgradivost** temeljno je svojstvo kućanskih otpadnih voda.
- Kućanske otpadne vode sadrže organske tvari koje se počinju razgrađivati čim dospiju u vodu.
- Prema stupnju biološke razgradnje razlikuju se:
  - *Svjež*e otpadne vode u kojima biološka razgradnja još nije napredovala, koncentracija otopljenog kisika nije bitno manja od one u vodi iz vodovoda;
  - *Odstajale* vode, koje ne sadrže kisik, jer je potrošen za biološku razgradnju otpadne tvari;
  - *Trule (septičke)* vode u kojima je biološka razgradnja toliko napredovala da se odvija anaerobno, a uspostavljena je ravnoteža između razgrađivača i organske tvari

- *Sastav otpadne tvari* u kućanskim vodama ovisi o mnogo činitelja, a posebno o načinu života, klimatskim prilikama, izgrađenosti vodoopskrbnog podsustava i raspoloživim količinama vode.
- Svježe kućanske otpadne vode su sivo-smeđe boje, osobita mirisa.
- Tečenjem u kanalizacijskoj mreži, nakon što je biološka razgradnja napredovala, boja vode postaje tamna, a miris osebujan po trulim jajima, uslijed sadržaja vodik-sulfida.

- Kućanske otpadne vode sadrže znatne količine krupne otpadne tvari kao što su papir, krpe, plastične vrećice, ostaci voća i povrća.
- Otpadne tvari u kućanstvu nalaze se u raspršenom koloidnom i otopljenom obliku.
  - Približno jedna trećina od ukupnih krutina je u raspršenom obliku.
  - Sitne čestice u koloidnom obliku čine otpadne vode izrazito mutnim.

- Kemijski sastav otpadnih tvari razlikuje se kod pojedinih naselja i gradova.
- U načelu može se računati da su dvije trećine od ukupne raspršene i otopljene tvari organskog porijekla.
- Organske tvari pretežno se nalaze kao
  - bjelančevine (40 – 60%) te
  - ugljikohidrati (25 – 50%)



- Najčešće se kao **pokazatelji** sastava kućanskih otpadnih voda upotrebljavaju:
  - biokemijska potrošnja kisika,
  - količina raspršene tvari i
  - sadržaj mikroorganizama fekalnog porijekla.

- Veće količine otpadnih tvari odnose se na **mješoviti način odvodnje**.
- U kućanskim otpadnim vodama ima mnogo mikroorganizama, naročito bakterija i virusa.
- S obzirom na postojanje mikroorganizama fekalnog porijekla u otpadnoj vodi, nalaze se i patogeni mikroorganizmi.

- Broj i vrsta patogenih mikroorganizama ovisi o zdravstvenim prilikama područja odakle dotječu otpadne vode.
- Broj ukupnih koliformnih bakterija (b.c.) koje se dnevno izlučuju po stanovniku iznosi  $2,5 \times 10^{10}$  do  $2,5 \times 10^{12}$ .
- Broj enterovirusa reda je veličine  $3 \times 10^5$  do  $2,5 \times 10^6$  zaraznih jedinica po stanovniku na dan.
- Od ukupnog broja mikroorganizama u otpadnoj vodi samo mali broj u određenim uvjetima izaziva bolesti.
- Vrlo velik broj razlagača omogućava biološku razgradnju organskih tvari.

- Temperatura otpadne vode povišena je u odnosu na vodovodnu, zbog grijanja u kuhinjama, kupaonicama, praonicama i slično.
- Prema nekim ispitivanjima, srednja godišnja temperatura otpadne vode iznosi 11,6 do 20,5° C.
- Povišenjem temperature **ubrzavaju se biološki postupci razgradnje** uslijed čega se brže troši otopljeni kisik pa postoji opasnost od truljenja vode u kanalizacijskoj mreži.
- Ova činjenica od posebne je važnosti za ljetne prilike, naročito u toplijim krajevima.

- Koncentracija otpadnih tvari u kućanskim otpadnim vodama ovisi prije svega o količini upotrebljavane vode.
- Količina otpadnih voda manja je od ukupne vode koja služi za opskrbu stanovništva.
- Razlika nastaje uglavnom uslijed poniranja i isparavanja vode koja služi za zalijevanje zelenila i pranja ulica te isparavanje dijela vode pri kuhanju i pripremi tople vode.
- Općenito je količina otpadnih voda koja se odvodi kanalizacijskim podsustavom u granicama 70 do 80% od vodoopskrbnih količina.

- Osim nabrojениh svojstava kućanskih otpadnih voda, koje imaju nepovoljan utjecaj na ekološke i sanitarne prilike prijammnika, kućanske otpadne vode zbog neugledna izgleda i mirisa znače i onečišćenje prirodnih voda u estetskom smislu.

- Poseban problem odnosi se na kućanske otpadne vode koje se prikupljaju septičkim jamama, u dijelovima naselja gdje nije izgrađen kanalizacijski podsustav.
- U slučaju da se te vode dovode na zajednički uređaj za čišćenje otpadnih voda, treba ih prethodno čistiti te razrijediti s kanalizacijskim vodama, s tim da udio vode iz septičkih jama ne prelazi 1%, prema obujmu.

# Industrijske otpadne vode

- Industrijske otpadne vode nastaju uporabom vode u tehnološkim postupcima i u proizvodnji energije.
- Upotrijebljene vode u sanitarnim uređajima u industriji istoga su svojstva kao i kućanske otpadne vode.



- Sastav i koncentracija industrijskih otpadnih voda ovise o tehnološkom postupku i ne mogu se uspoređivati pomoću zajedničkih pokazatelja.
- U odnosu na kućanske otpadne vode mogu se podijeliti u dvije temeljne skupine:
  - biološki razgradive ili spojive koje se smiju miješati s kućanskim otpadnim vodama;
  - biološki nerazgradive ili nespojive koje se ne smiju miješati s kućanskim otpadnim vodama bez prethodne obrade

- Primjer biološki razgradivih voda jesu otpadne vode prehrambene industrije.
- Nespojive su otpadne vode metalne industrije.
- Industrijske otpadne vode mogu sadržavati:
  - teške metale, kiseline, lužine, mineralne soli, mineralna ulja i ugljikovodike, fenole i aromatske organske spojeve, radioaktivne tvari i sintetične kemijske proizvode kojih ne sadrže prirodne vode.

- Ponekad se opterećenost industrijskim otpadnim vodama izražava „ekvivalentom stanovnika“ izračunanim prema  $BPK_5$  (biološka potrošnja kisika u postupcima pročišćavanja za 5 dana).
- Takav način računanja ne odgovara stvarnom opterećenju.
- Takav proračun bio bi moguć samo kod nekih industrijskih postupaka, kod kojih je moguće procijeniti količinu organskih tvari prema BPK.

- Većina industrijskih otpadnih voda sadrže tvari koje ometaju biokemijske postupke razgradnje organske tvari, pa se količina organskih tvari točnije izražava pokazateljem: kemijska potrošnja kisika (KPK).
- Povećanje odnosa  $KPK/BPK_5$  iznad 2,5 pokazuje na veći utjecaj industrijskih otpadnih voda u gradskim (komunalnim) otpadnim vodama.

- Uslijed izrazitog utjecaja industrijskih otpadnih voda u zajedničkim gradskim kanalizacijama, moguće je opaziti znatno sniženje ili povišenje pH, zatim povećanu količinu teških kovina, što može utjecati na otrovnost voda.
- Takve vode često ometaju biološke postupke na zajedničkim uređajima za čišćenje otpadnih voda.
- Nedostatak hranjivih soli, posebno dušika i fosfora, te znatno povišenje temperature daljnji su utjecaji industrijskih otpadnih voda.

# Oborinske vode

- Oborinske vode samo se uvjetno mogu nazvati otpadnim vodama.
- Ponekad se pri istraživanju utjecaja otpadnih tvari na kakvoću prirodnih voda pretpostavlja da su oborinske vode čiste, a možebitno onečišćenje prouzročeno oborinskim vodama smatra se „prirodnim“ onečišćenjem sliva.
- Prije se, naročito kod proračuna kišnih preljeva mješovitih kanalizacija, pretpostavljalo da su oborinske vode „čiste“.

# ČIŠĆENJE VODA

- Čišćenjem voda poboljšava se stanje kakvoće vode za njenu daljnju uporabu.
- Prirodne vode često treba čistiti kad se iskorištavaju za namjene za koje je potrebna vrlo visoka kakvoća vode
  - na primjer: vodoopskrba stanovništva.
- Otpadne vode čiste se kako bi se mogle ponovno upotrebljavati ili ispuštati u vodne sustave

- Čišćenjem se iz prirodnih ili otpadnih voda:
  - Odvajaju krutine od tekućina izravno ili neizravno nakon pretvorbe otopljenih tvari u krutine;
  - Odvajaju kapljevine od vode;
  - Odvajaju plinove iz vode;
  - Pretvaraju otopljene ili raspršene tvari u kapljevine ili plinove, koji nemaju svojstva onečišćivača;
  - Smanjuje broj mikroorganizama koji izazivaju bolesti.



- Čišćenje voda obavlja se primjenom fizikalnih radnji (operacija), kemijskim postupcima i biološkim postupcima (procesima).
- Da bi se iz vode uklonile otpadne tvari, primjenjuju se različiti postupci i radnje, najčešće slaganje pojedinih postupaka i radnji u jednu cjelinu, koje se obavljaju na uređajima za čišćenje vode.

- Pri čišćenju otpadnih voda radnje i postupci koji se primjenjuju na uređaju za čišćenje otpadne vode najčešće se razvrstavaju kao:
  - Prethodno čišćenje (preliminarno)
  - Prvi stupanj čišćenja (primarno)
  - Drugi stupanj čišćenja (sekundarno)
  - Treći stupanj čišćenja (tercijarno).

Postupci koji se primjenjuju pri trećem stupnju čišćenja nazivaju se i „napredna tehnologija“.

- Ponekad se određuju ciljevi pojedinih stupnjeva čišćenja kako bi se točnije označilo što se očekuje od pojedinog stupnja čišćenja.
- Tako se u skladu s Uputama Savjeta Europske unije glede čišćenja gradskih otpadnih voda:
  - **Prethodni stupanj** čišćenja označava primjenu radnji i postupaka kojima se iz otpadnih voda uklanjaju krupne plutajuće otpadne tvari, pijesak i šljunak;

- **Prvi stupanj čišćenja** označava primjenu fizikalnih i /ili kemijskih postupaka čišćenja otpadnih voda kojima se iz vode uklanja najmanje 50% raspršenih tvari, a vrijednost BPK-5 smanjuje barem za 20% koncentracije uzlazne otpadne vode;
- **Drugi stupanj čišćenja** označava primjenu bioloških i/ili drugih postupaka čišćenja, kojima se u otpadnim vodama smanjuje koncentracija raspršene tvari i BPK-5 ulazne vode za 70-90%, a koncentracija KPK za barem 75%;
- **Treći stupanje čišćenja** označava primjenu fizikalno-kemijskih, bioloških i drugih postupaka kojima se u otpadnim vodama smanjuju koncentracije hranjivih soli ulazne vode za 80%, odnosno uklanjaju i druge osebujne otpadne tvari, u koncentracijama koje nije moguće postići primjenom drugog stupnja čišćenja;

- **Odgovarajući ili primjereni stupanj čišćenja označava primjenu bilo kojeg postupka čišćenja i načina ispuštanja kojima se zadovoljava uvjetima prihvatne sposobnosti prijamnika.**