

Prikupljanje, odvodnja i pročišćavanje otpadnih voda u aglomeraciji Rovinj u sklopu EU projekta UPOV Cui

Emil Burić^a

^a Mag. ing. p.p.- b.s., pred., student doktorskog studija, Istarsko veleučilište-Universita Istriana di scienze applicate, Pre-radovičeva 9D, 52100 Pula, Hrvatska, emil.buric@iv.hr

Sažetak

U ovom radu prikazuje se projekt sustava prikupljanja, odvodnje i pročišćavanja otpadnih voda u aglomeraciji Rovinj, s posebnim naglaskom na uređaj za pročišćavanje otpadnih voda Cui (UPOV Cui), realiziran u sklopu EU sufinanciranih infrastrukturnih ulaganja. Sustav predstavlja odgovor na sve veće izazove vezane uz opterećenje vodne infrastrukture u turističkim destinacijama te je usklađen s ciljevima Direktive (EU) 2024/3019 Europskog Parlamenta i Vijeća od 27. studenoga 2024. o pročišćavanju komunalnih otpadnih voda. Analiza uključuje tehnički opis projekta, pregled tehnologije obrade otpadnih voda s naglaskom na primjenu MBR (membranskog bioreaktora) te analizu učinkovitosti i prednosti u odnosu na konvencionalne sustave. Posebna pažnja posvećena je utjecaju sustava na okoliš, komunalni standard i očuvanje kakvoće obalnog mora. Evaluacija pokazuje da projekt ima značajan doprinos u povećanju ekološke održivosti, zaštiti resursa te u stvaranju preduvjeta za cjelogodišnji turizam i unaprjeđenje kvalitete života stanovništva.

Projekt UPOV Cui može biti referentni model za druge sredine sličnih obilježja koje se suočavaju s izazovima usklađivanja lokalne komunalne infrastrukture s europskim standardima zaštite okoliša.

Ključne riječi: otpadne vode, UPOV Cui (Uređaj za pročišćenje otpadnih voda na lokaciji Cui), Rovinj, MBR tehnologija, zaštita okoliša, EU direktive, održivi razvoj

1. Uvod

U suvremenim uvjetima sve izraženijih pritisaka na okoliš, osobito u turistički razvijenim priobalnim područjima, pitanje prikupljanja, odvodnje i pročišćavanja otpadnih voda postaje jedno od ključnih aspekata održivog razvoja. Grad Rovinj, kao destinacija s dugom tradicijom turizma i visokom sezonskom fluktuacijom stanovništva, suočen je s

izazovima očuvanja okolišne kvalitete i komunalne infrastrukture koja može odgovoriti na potrebe lokalnog stanovništva i velikog broja posjetitelja. U tom kontekstu, provedba projekta izgradnje uređaja za pročišćavanje otpadnih voda Cui (UPOV Cui) predstavlja strateški korak u smjeru postizanja višeg komunalnog i ekološkog standarda te usklađivanja s europskim direktivama o zaštiti voda.

Ekspanzija turizma u drugoj polovici 20. stoljeća dovela je do povećane potrošnje vode i generiranja velikih količina otpadnih voda, što je osobito izraženo u priobalnim područjima poput Rovinja. Autori Nakić i sur. (2024, str. 15) smatraju da zbog sve češćih nestašica tekuće slatke vode, uzrokovanih dugim sušnim razdobljima, porastom stanovništva i velikom potražnjom za vodom, nove strategije i rješenja održivoga upravljanja vodnim resursima temelje se, osim na zaštiti i racionalnom korištenju površinskih i podzemnih voda, također i na pročišćavanju te ponovnom korištenju pročišćenih voda za različite namjene. Time se smanjuje opterećenje na izvorišta pitke vode i povećava otpornost komunalnih sustava na klimatske promjene.

Grad Rovinj je prepoznao važnost pravovremenog i planskog pristupa ovom pitanju te je izgradnjom sustava za prikupljanje, odvodnju i pročišćavanje otpadnih voda ušao u krug europskih gradova koji sustavno ulažu u modernizaciju vodnogomunalne infrastrukture. Projekt UPOV Cuv koristi MBR (membransku bioreaktorsku) tehnologiju pročišćavanja, kojom se postiže viša razina pročišćenosti vode u odnosu na prethodni sustav, što doprinosi smanjenju opterećenja na priobalno more i poboljšanju sanitarnih uvjeta. Takvi projekti doprinose očuvanju biološke raznolikosti i zdravlju stanovništva te mogu pozitivno utjecati na održivost turističkih destinacija u kontekstu ekoloških zahtjeva. Ujedno, implementacija ovog sustava usklađena je s ciljevima i zahtjevima Direktiva (EU) 2024/3019 Europskog Parlamenta i Vijeća od 27. studenoga 2024. o pročišćavanju komunalnih otpadnih voda, koja naglašava važnost centraliziranih i učinkovitih sustava pročišćavanja. Ramm i Wojciechowska (2025, str. 1) smatraju da korištenje obnovljene vode nudi brojne mogućnosti zamjene slatke vode u navodnjavanju usjeva, uređenju okoliša, održavanju cesta i navodnjavanju golf terena.

Kroz pregled planiranja i provedbe projekta, tehničke karakteristike sustava s naglaskom na MBR tehnologiju, usporedbu

s konvencionalnim sustavima te procjenu učinkovitosti i utjecaja na okoliš, rad će ponuditi uvid u koristi i izazove implementacije naprednih sustava pročišćavanja otpadnih voda u malim, ali turistički iznimno opterećenim urbanim sredinama. U tom smislu, Rovinj može biti referentni model i

kao ogledni primjer za slične sredine u Republici Hrvatskoj i šire, koje teže uspostavi dugoročno održivih rješenja u upravljanju otpadnim vodama.

2. Ciljevi rada

Cilj ovog rada je analizirati sustav prikupljanja, odvodnje i pročišćavanja otpadnih voda u aglomeraciji Rovinj kroz studiju slučaja uređaja za pročišćavanje otpadnih voda Cuv (UPOV Cuv) u tehničkom, okolišnom i regulativnom kontekstu. Glavni ciljevi uključuju:

- Prikaz tehničkih i infrastrukturnih značajki sustava s naglaskom na UPOV Cuv,
- Analizu primjene MBR (membranske bioreaktorske) tehnologije te njezinu usporedbu s konvencionalnim tehnologijama obrade otpadnih voda,
- Procjenu učinkovitosti sustava u kontekstu zaštite okoliša i poboljšanja komunalnog standarda,
- Usporedbu s europskim standardima i regulatornim okvirom, s posebnim naglaskom na Direktivu (EU) 2024/3019,
- Izdvajanje koristi i izazova koje ovakav sustav donosi u turistički razvijenim priobalnim gradovima poput Rovinja.

3. Metodologija rada

U radu je korišten kvalitativni pristup temeljen na studiji slučaja. Prikupljeni su i analizirani tehnički dokumenti projekta, podaci dobiveni od sudionika u njegovoj izgradnji i upravljanju, kao i relevantna stručna i znanstvena literatura. Provedena je komparativna analiza primijenjene MBR tehnologije u odnosu na konvencionalne sustave pročišćavanja otpadnih voda, s naglaskom na ekološke, tehničke i regulatorne aspekte. U evaluaciji su uzeti u obzir pokazatelji učinkovitosti pročišćavanja, energetske učinkovitosti, te utjecaja na kvalitetu obalnog mora i ukupnu održivost sustava.

4. Opis projekta sustava prikupljanja, odvodnje i pročišćavanja otpadnih voda u aglomeraciji Rovinj

Sukladno suvremenim zahtjevima zaštite okoliša, racionalnog korištenja vodnih resursa i unaprjeđenja komunalne infrastrukture, 2022. godine u sklopu EU projekta izgrađeno je novo postrojenje za pročišćavanje otpadnih voda Cuvi (UPOV Cuvi) na području grada Rovinja.

Uređaj, projektiran za kapacitet od 63 000 ekvivalent stanovnika (PE), temelji se na primjeni napredne membranske tehnologije – membranskog bioreaktora (MBR), koja omogućuje visok stupanj pročišćavanja otpadnih voda te posljedično značajno smanjenje negativnog utjecaja na okoliš (Godišnje izvješće UPOV Cuvi društva 'Odvodnja Rovinj Rovigno d.o.o.' za 2024. godinu, lipanj, 2025).

Izgradnja UPOV-a Cuvi predstavlja ključni infrastrukturni zahvat za aglomeraciju Rovinj. Odbrana MBR tehnologija pripada skupini separacijskih procesa koji kombiniraju biološku obradu otpadnih voda aktivnim muljem s membranskom filtracijom. Ovakav pristup omogućuje postizanje visoke kvalitete pročišćene vode, smanjene emisije štetnih tvari u okoliš i potencijalnu ponovnu upotrebu vode u sekundarne svrhe. Na području grada Rovinja predviđena su dva osnovna podstava javne odvodnje: sjeverni i središnji.

Sjeverni podsustav obuhvaća područje od turističkog naselja Valalta do zone nekadašnje hladnjače "Mirna", danas preuređene u poslovno-stambene objekte. Na ovom dijelu trenutno nije izgrađena cjelovita kanalizacijska mreža niti uređaj za pročišćavanje otpadnih voda.

Središnji podsustav obuhvaća područje od zone "Mirna" do uvale Veštar, uključujući i industrijske zone Turnina i Gripole. U okviru tog sustava izgrađena je mreža glavnih i sekundarnih kolektora, precrpnih stanica te novo postrojenje UPOV Cuvi s predtretmanom otpadnih voda i podmorskim ispustom.

Prethodno postrojenje koje se nalazilo na istoj lokaciji nije zadovoljavalo tehničke ni ekološke standarde – ni u pogledu stupnja pročišćavanja, ni u kontekstu osjetljivosti primatelja (Jadranskog mora). Nedostatci starog sustava očitovali su se kroz pojavu neugodnih mirisa, estetsku

neprihvatljivost objekta te nepovoljan utjecaj na okolni morski ekosustav.

S obzirom na izražen sezonski porast broja stanovnika i opterećenje sustava tijekom turističke sezone, bilo je nužno implementirati suvremeno rješenje koje će dugoročno zadovoljiti potrebe stanovnika, gospodarstva i okoliša. Svrha provedbe projekta bila je izgradnja i modernizacija središnjeg sustava javne odvodnje, uključujući dogradnju i optimizaciju UPOV-a Cuvi.

Konačan rezultat projekta jest funkcionalan i učinkovit sustav pročišćavanja otpadnih voda, koji osigurava:

- visoki stupanj priključenosti stanovništva na sustav odvodnje,
- značajno poboljšanje kakvoće obalnog mora i kopnenih voda,
- smanjenje korištenja pitke vode za zalijevanje zelenih površina kroz planiranu ponovnu upotrebu pročišćene vode,
- očuvanje vodnih resursa i postizanje ciljeva održivog razvoja,
- usklađenost sa zahtjevima Direktive (EU) 2024/3019 o pročišćavanju komunalnih otpadnih voda.

Unatoč činjenici da su ulaganja u podzemnu infrastrukturu često tehnički zahtjevnija i financijski intenzivna, a u konačnici manje vidljiva javnosti, realizacija ovog projekta uvelike je doprinijela podizanju kvalitete života u gradu Rovinju. Time se ostvaruje jedan od temeljnih preduvjeta održivog urbanog razvoja – zaštita i učinkovito upravljanje vodnim resursima u funkciji stanovnika, posjetitelja i okoliša.

4.1. Sudionici u gradnji

Provedba infrastrukturnih projekata sufinanciranih sredstvima Europske unije u Republici Hrvatskoj, uključujući i projekte iz područja gospodarenja vodama, u pravilu se realizira na temelju FIDIC-ovih općih uvjeta ugovaranja. Ovi ugovori definiraju pravni i tehnički okvir suradnje između glavnih sudionika u gradnji – naručitelja, izvođača

i inženjera – pri čemu se jasno utvrđuju njihove međusobne obveze, odgovornosti i prava, uz pravednu raspodjelu rizika. Cilj ovakvog pristupa jest osiguranje transparentne i učinkovite provedbe složenih investicijskih zahvata u skladu s europskim standardima.

U kontekstu projekta **“Prikupljanje, odvodnja i pročišćavanje otpadnih voda u aglomeraciji Rovinj”**, ugovaranje radova na izgradnji novog uređaja za pročišćavanje otpadnih voda (UPOV Cuv) temeljilo se na **FIDIC Žutoj knjizi**. Ovaj model ugovaranja predviđa da izvođač preuzima odgovornost za izradu cjelokupne izvedbene projektne dokumentacije, kao i za samu izvedbu radova, pri

čemu je cijena ugovorena kao jedinstveni paušalni iznos. Za razliku od toga, raniji radovi na postojećoj kanalizacijskoj mreži odvijali su se u skladu s **FIDIC Crvenom knjigom**, gdje je investitor – u ovom slučaju Grad Rovinj, odnosno gradska komunalna tvrtka **Odvodnja Rovinj-Rovigno d.o.o.** – prethodno osigurao svu potrebnu projektну dokumentaciju i građevinske dozvole, a izvođač je bio angažiran isključivo za izvedbu radova.

Projekt je sufinanciran sredstvima **Kohezijskog fonda Europske unije**, a njegovom realizacijom omogućeno je značajno unaprjeđenje sustava prikupljanja i obrade otpadnih voda na području aglomeracije Rovinj što je prikazano na slici 1.

Slika 1. Tlocrt postrojenja UPOV Cuv



Izvor: EU projekt – aktivnost i KUVI-CUVI prezentacija (travanj, 2020).

Izgrađen je i stavljen u funkciju novi uređaj za pročišćavanje svih gradskih otpadnih voda, izvedeno je 24,1 km novih kolektora, 700 novih kućnih priključaka te 7 novih crpnih stanica. Također, planirana je ili je već započeta sanacija ukupno 3,56 km dotrajalih obalnih i kopnenih kolektora.

4.2. Radovi u projektu

Grad Rovinj je izradio idejne projekte te osigurao sve potrebne lokacijske dozvole koji su poslužili kao temelj za daljnje projektiranje. Također,

naručitelj (grad Rovinj) je izradio studiju utjecaja na okoliš, pratio kvalitetu zraka, izvedena su geomehnička istraživanja sastava tla, a sve s ciljem kako bi se dokazalo višestruko bolje stanje nakon izgradnje postrojenja za prikupljanje, odvodnju i pročišćavanje otpadnih voda. Radovi u okviru izgradnje postrojenja za prikupljanje, odvodnju i pročišćavanje otpadnih voda aglomeracije Rovinj na mikrorazini UPOV Cuv se sastoje od: projektiranja kojega čine idejni projekt, glavnog projekta, izvedbenog projekta, projekta izvedenog stanja, ishoda odobrenja i dozvola, izgradnje

postrojenja, puštanja postrojenja u pogon, obuke osoblja, poslova s naručiteljem, dokazivanja traženih parametara u pokusnom radu i tijekom testova po dovršetku i otklanjanja nedostataka tijekom razdoblja odgovornosti za nedostatke.

4.3. Ciljevi projekta

Valorizirajući sve čimbenike utvrđeno je da se radi o trenutno najvećoj investiciji usmjerenoj na učinkovito upravljanje sustavom odvodnje i pročišćavanja otpadnih voda s osnovnim ciljem zaštite okoliša. Po završetku projekta, stupanj priključenosti na sustav odvodnje na području aglomeracije Rovinj dosegao je 100%. Dostignuti ciljevi na kraju realiziranog projekta jesu razvoj i poboljšanje sustava odvodnje, sanacija, rekonstrukcija i izgradnja kanalizacijske mreže u Rovinju i gravitirajućim naseljima oko Rovinja (izgradnja 24,2 km i sanacija 3,56 km kolektora), izgradnja 7 novih crpnih stanica, nabava vozila i opreme za održavanje mreže, pročišćavanje otpadnih voda aglomeracije Rovinj, izgradnja uređaja za pročišćavanje otpadnih voda III. stupnja pročišćavanja i kapaciteta 63.000 ES, izgradnja postrojenja za obradu mulja, unaprjeđenje sustava odvodnje otpadnih voda za 15.300 stanovnika, priključenje novih 1.792 stanovnika na javni sustav odvodnje otpadnih voda, mogućnost priključenja na sustav odvodnje i pročišćavanje

otpadnih voda III. stupnjem pročišćavanja za 100% stanovništva, smanjenje ispuštanja nepročišćenih otpadnih voda u osjetljivo područje rovinjskog akvatorija, poboljšanje i zaštita kvalitete podzemnih voda i tla u osjetljivim područjima smanjenjem nekontroliranog ispuštanja otpadnih voda u podzemne vode, povećanje učinkovitosti i sigurnosti sustava javne odvodnje i pročišćavanja otpadnih voda uz uvođenje ekonomske cijene vode, zaštita prirodnih resursa te postizanje dobrog stanja voda u skladu sa EU Direktivama.

5. Tehnološki okvir pročišćavanja otpadnih voda MBR tehnologijom

5.1. Općenito o tehnologiji

Membranskom (MBR) tehnologijom se u današnje vrijeme ostvaruje daleko najbolja učinkovitost među svim postupcima pročišćavanja otpadnih voda. Iz sustava izlazi efluent visoke kakvoće kao što je prikazano na slici 2. čime se omogućava nesmetano ispuštanje u recipijent (u našem slučaju morski akvatorij grada Rovinja) te je kvaliteta pročišćene otpadne vode takvih karakteristika da je adekvatna kao resurs za potrebe poljoprivrede, zalijevanja rekreacijske zona i parkova, pranje javnih površina i sl.

Slika 2. Očekivana učinkovitost MBR uređaja za pročišćavanje otpadnih voda

Parametar	Kakvoća efluenta	Učinak čišćenja (%)
BPK ₅	< 2 mg/l	>99
KPK	< 20 mg/l	>98
Suspendirana tvar	< 1 mg/l	>99
NH ₃	< 1 mg N/l	>97
N _{uk}	hladna klima: < 10 mg N/l	-
	topla klima: < 3 mg N/l	-
P _{uk}	< 0,1 mg P/l	>99
Mutnoća	< 1 NTU	>99
Ukupni koliformi	< 100 bc/100 ml	> 6 log
Fekalni koliformi	< 20 fc/100 ml	> 6 log

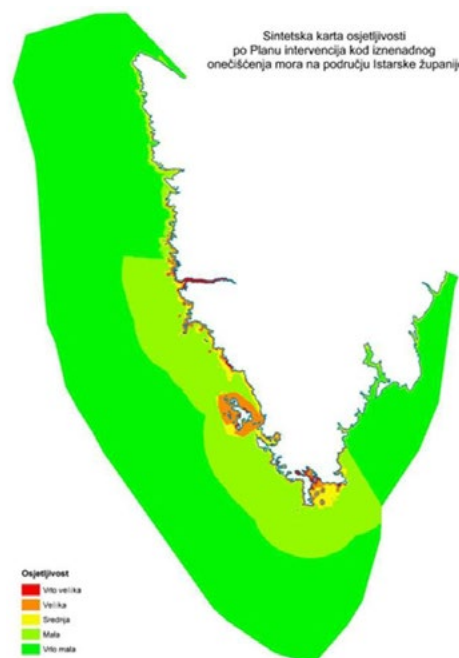
Izvor: Studija o utjecaju na okoliš sustava javne odvodnje i pročišćavanja otpadnih voda Poreč-jug (Debeli rt) (listopad, 2010).

MBR (membranski bioreaktor) uređaj za pročišćavanje otpadnih voda kao dio UPOV Cui koristi kombinaciju biološke obrade i membranske filtracije za uklanjanje nečistoća. Proces uključuje aeraciju, biološku razgradnju organskih tvari pomoću mikroorganizama, te naknadnu filtraciju kroz fine membrane koje zadržavaju preostale čestice i bakterije.

1. **Aeracija:** Otpadna voda ulazi u sustav i izlazi se zraku, što omogućava stvaranje povoljnih uvjeta za rast i aktivnost mikroorganizama.
2. **Biološka obrada:** Mikroorganizmi, koji su dio aktivnog mulja, razgrađuju organske tvari u otpadnoj vodi te je sukladno toj činjenici na slici 3. prikazana je sintetska karta osjetljivosti u Istarskoj županiji. Ovaj proces je sličan onome koji se događa u prirodnim vodenim tokovima, ali je u MBR sustavu intenzivniji i pod nadzorom.
3. **Membranska filtracija:** Pročišćena voda prolazi kroz fine membrane, koje imaju pore veličine 0,05 mikrometara. Ove membrane zadržavaju preostale čestice, bakterije i druge

nečistoće, što rezultira visokokvalitetnom pročišćenom vodom.

Slika 3. Sintetska karta osjetljivosti u Istarskoj županiji



Izvor: www.istra-istria.hr

Slika 4. Pregledna situacija planiranih zahvata na DOF-u



Izvor: Elaborat zaštite okoliša o postupku i potrebi procjene utjecaja zahvata na okoliš (travanj, 2022).

Zaključno, membranski bioreaktor odnosno MBR tehnologija u Rovinju omogućava učinkovito pročišćavanje otpadnih voda korištenjem kombinacije biološke razgradnje i membranske filtracije, što rezultira vodom koja zadovoljava visoke standarde kvalitete kao što je prikazano na slici 4. pregledna situacija planiranih zahvata.

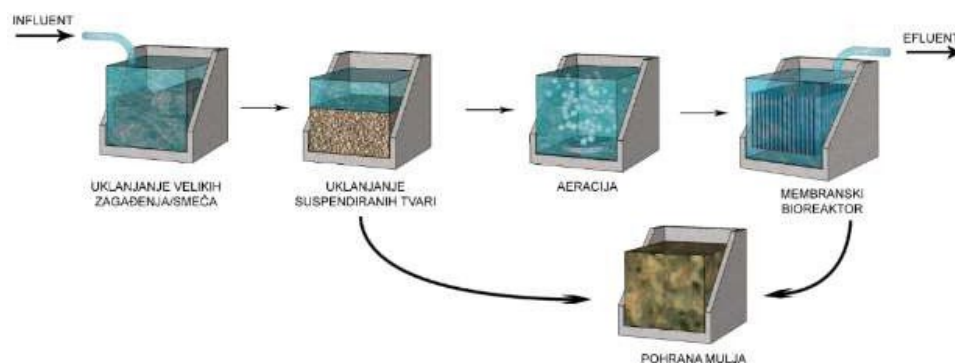
6. Osnovne komponente UPOV Cuvi s primjenom MBR tehnologije (tehnologije membranskog reaktora) za pročišćavanje otpadnih voda

Pročišćavanje otpadne vode na MBR uređaju izvodi se kroz nekoliko procesa. U prvoj fazi izvodi se mehanički predobrada kojega čine gruba i fina rešetka, aerirani pjeskolov – mastolov kojima

se efikasno uklanjaju krute tvari, pijesak i masti. Nakon što je mehanička predobrada finalizirana pristupa se biološkoj obradi koju čine bazeni za denitrifikaciju, tj. biološku redukciju nitrata do elementarnog dušika i nitrifikaciju, tj. aerirani dio kojim se odvija oksidacija organske tvari i amonijaka kao što je prikazano na slici 5.

Aeracijom vode i zadržavanjem optimalne količine aktivnog mulja za rast mikroorganizama u periodu 10-15 dana efikasno se obrade sve organske tvari koje onečišćuju vodu. Završetkom biološke obrade voda prolazi kroz membrane, koje zadržavaju mikroorganizme i sve zaostale organske i anorganske tvari, a propuštaju vodu visokog stupnja čistoće. Dolaskom vode koja je prethodno biološki tretirana na membrane djelovanjem povišenog tlaka određena količina prolazi kroz membrane tzv. Permeat, tj. pročišćena voda, a ostatak membrana zadrži tzv. koncentrat odnosno koncentrirane otopljene tvari.

Slika 5. Shematski prikaz MBR tehnologije pročišćavanja otpadnih voda



Izvor: Odvodnja Rovinj-Rovigno d.o.o. (30. travnja 2018).

Primjenom MBR tehnološkog procesa pročišćavanja s membranskom tehnologijom, realizira se mogućnost ponovnog korištenja pročišćene vode prije svega u poljoprivredi, za navodnjavanje ili zalijevanje javnih zelenih površina na području grada Rovinja s ciljem povećanja turističke atraktivnosti. Primjenom membranske tehnologije na uređaju, ostvaruje se izuzetno visoka razina pročišćavanja iz čega proizlazi da nema opasnosti od narušavanja prirodne biološke ravnoteže u gravitirajućem morskom akvatoriju, a istovremeno je postignuta visoka zaštita zdravlja. Nužno je naglasiti kod MBR tehnologije pročišćavanje otpadnih voda taj sustav ima mješoviti tip odvodnje gdje se određene

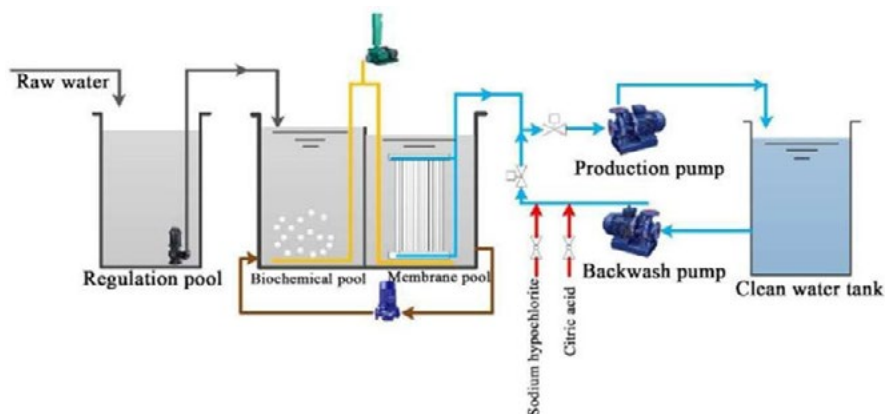
količine mješavine oborinskih i otpadnih voda prelijevaju na kišnim preljevima u obalni pojas.

6.1. Usporedna analiza MBR sustava naspram konvencionalnih tehnologija

Elementarna prednost MBR sustava nad konvencionalnim sustavom je kompaktnost i dimenzionalno je manji uređaj, nije potreban niti primarni, niti sekundarni taložnik te na taj način dolazi do znatne uštede prostora kao što je prikazano na slici 6. Izgradnja MBR sustava iz navedenih razloga može biti izrazito brza i kratkotrajna. Značajno je i to što MBR uređaji mogu primati otpadne vode s

višim stupnjem onečišćenja nego što je to prihvatljivo za klasične biološke sustave.

Slika 6. Prikaz MBR uređaja sa odgovarajućom opremom



Izvor: Odvodnja Rovinj-Rovigno d.o.o. (30. travnja 2018).

Ključna prednost MBR uređaja u odnosu na konvencionalne sustave je ta što pročišćena voda na izlazu ima znatno višu razinu kvalitete i uporabljivosti. Također, primjenom MBR tehnologije značajno se smanjuje količina nastalog mulja tijekom obrade otpadnih voda, pri čemu se može postići i do pet puta manja količina mulja po kilogramu ulaznog BPK₅, što posljedično dovodi do smanjenja troškova vezanih uz rukovanje i zbrinjavanje mulja. Konstrukcijska fleksibilnost MBR tehnologije omogućuje projektiranje uređaja u podzemnim ili nadzemnim varijantama, uz primjenu arhitektonskih rješenja koja integriraju krajobrazno-prostorne čimbenike te doprinose valorizaciji okoliša kroz njihovo skladno uklapanje u postojeći prostor. MBR tehnologija pročišćavanja otpadnih voda osigurava postizanje konstantne i visoke kvalitete izlazne vode, pri čemu se izlazni parametri održavaju unutar propisanih graničnih vrijednosti, neovisno o fluktuacijama sastava i opterećenja ulazne vode, čime se omogućuje trajna usklađenost s važećim zakonodavnim i regulatornim zahtjevima, uključujući relevantne nacionalne propise i europske direktive. S ekonomskog aspekta, troškovi upravljanja, amortizacije i eksploatacije MBR sustava za pročišćavanje otpadnih voda značajno su niži u usporedbi s konvencionalnim biološkim sustavima, što ovu tehnologiju čini financijski učinkovitijom u dugoročnom operativnom smislu.

Slika 7. Vizualizacija UPOV Cui Rovinj



Izvor: Odvodnja Rovinj-Rovigno d.o.o. (29. rujana 2022).

MBR tehnologija predstavlja napredno tehnološko rješenje koje omogućuje gotovo potpuno uklanjanje bakterija iz otpadnih voda, zahvaljujući učinkovitosti membranske filtracije u zadržavanju mikrobioloških onečišćivača kao što je prikazano na slici 7. Proces pročišćavanja otpadnih voda primjenom MBR tehnologije odvija se uz smanjene emisije mirisa i buke u odnosu na konvencionalne sustave, a rizik od gubitka biomase sveden je na nižu razinu zahvaljujući kontroliranim radnim uvjetima. Osim toga, smanjuje se potreba za primjenom kemikalija za uklanjanje fosfora te se omogućuje učinkovito uklanjanje spororazgradivih frakcija biokemijske potrošnje kisika (BPK₅). MBR tehnologija pročišćavanja otpadnih voda odlikuje se visokim stupnjem prilagodljivosti, pri čemu učinkovito funkcionira

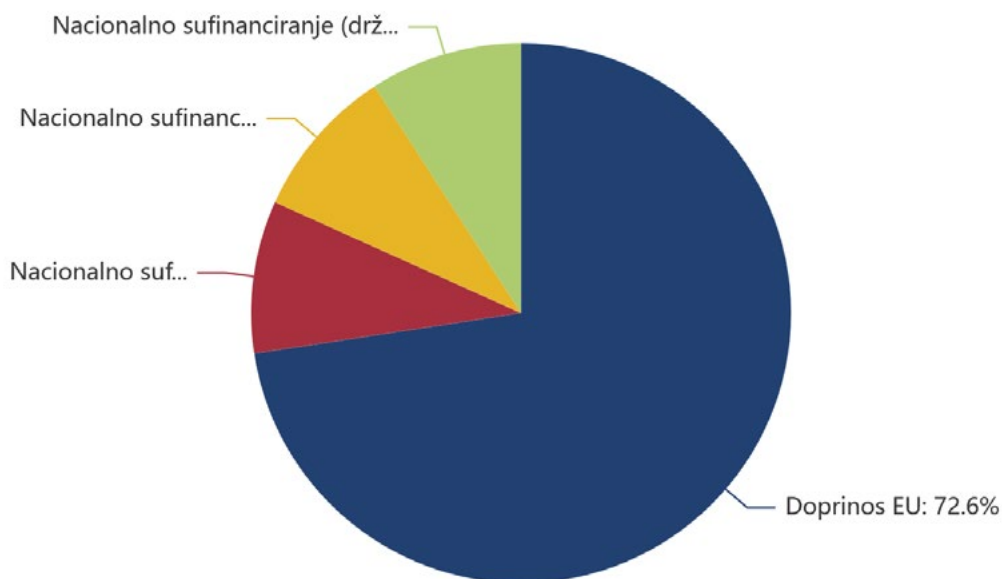
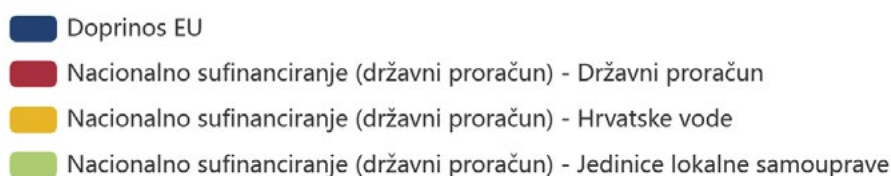
unutar širokog raspona hidrauličkih opterećenja, neovisno o tome radi li se o minimalnim ili maksimalnim dotocima otpadnih voda, pod uvjetom da su ulazni parametri unutar projektiranih graničnih vrijednosti. Membranski bioreaktor (MBR) tehnologija predstavlja sofisticirano tehnološko rješenje unutar domene zelene tehnologije (engl. *green technology*), ističući se u odnosu na konvencionalne sustave pročišćavanja otpadnih voda zbog svoje visoke učinkovitosti u pogledu kvalitete pročišćene vode, smanjenog volumena proizvedenog mulja, manjeg prostornog otiska i mogućnosti ponovne

uporabe vode, što ga čini osobito pogodnim za primjenu unutar principa održivog razvoja i kružnog gospodarstva. Autori Rahman i sur. (2023, str. 22) smatraju da se MBR etablirao kao učinkovita tehnologija zbog veće učinkovitosti obrade, male upotrebe površine i jednostavnog rukovanja.

6.2. Operativni troškovi UPOV-a Cuvi

Analiza operativnih troškova UPOV-a Cuvi temelji se na podacima iz godišnjeg izvješća za 2024. godinu kao što je prikazano na slici 8.

Slika 8. Struktura financiranja projekta izgradnje UPOV Cuvi



Izvor: <https://www.voda.hr/hr/eu/projekti/rovinj>

Ukupni OPEX postrojenja iznosi 3.945.698 €, dok jedinična cijena pročišćavanja doseže 3,43 €/m³, a godišnji trošak po ekvivalentnom stanovniku iznosi 187,89 €/ES/god kao što je prikazano u tablici

na slici 9. Tablica prikazuje usporedbu ključnih operativnih parametara UPOV-a Cuvi s tipičnim vrijednostima.

Slika 9. Tablica operativnih troškova

Parametar	UPOV Cui (MBR)	Konvencionalni sustav (prosjeak EU)
Kapacitet (ES) ¹	21.000	20.000–25.000
OPEX (€/god)	3.945.698	2.000.000–3.000.000
Trošak po m ³ (€/m ³)	3,43 €/m ³	0,5–2,0
Trošak po ES/god (€/ES/god)	187,89	80–150
Potrošnja energije (kWh/m ³)	0,6–1,0 kWh/m ³	0,3–0,6
Amortizacija (€/god)	1.600.000	800.000–1.200.000

Izvor: Odvodnja Rovinj-Rovigno d.o.o. (bez. dat.)

Pretpostavljeno je da sustav radi pri kapacitetu od 21.000 ES, s prosječnom potrošnjom od 150 L/d po ES.

6.3. Analiza ključnih čimbenika

- Kapacitet i ekonomija razmjera** UPOV Cui spada u kategoriju malih do srednje velikih postrojenja, kod kojih fiksni troškovi značajno utječu na jediničnu cijenu pročišćavanja, što je tipično za MBR tehnologiju u odnosu na konvencionalne sustave.
- Amortizacija i investicijski troškovi:** Visoka amortizacija (≈1,6 mil. € godišnje) rezultat je relativno velike početne investicije (≈17,8 mil. €) i kratkog vremena od puštanja postrojenja u rad. Konvencionalni sustavi obično imaju niže početne investicije i dulje razdoblje amortizacije, što doprinosi nižim jediničnim troškovima.

3. Potrošnja energije i održavanje: MBR tehnologija zahtijeva veće energetske resurse (≈0,6–1,0 kWh/m³) i specifične troškove održavanja membrana, dok konvencionalni sustavi obično troše manje energije (≈0,3–0,6 kWh/m³) i imaju niže troškove servisiranja.

4. Kadrovski resursi: Troškovi ljudskih resursa za MBR postrojenja su značajni, osobito u prvim godinama rada, zbog pojačanog nadzora i optimizacije procesa. U konvencionalnim postrojenjima potreba za specijaliziranim osobljem je manja.

U usporedbi s konvencionalnim tehnologijama, MBR sustav UPOV-a Cui pokazuje veće operativne troškove po m³ i po ES, prvenstveno zbog visoke amortizacije, povećane potrošnje energije, specifičnih zahtjeva za održavanjem membrana, kadrovskih potreba. Međutim, MBR tehnologija omogućuje znatno bolju kvalitetu pročišćavanja, kompaktniju instalaciju i veću fleksibilnost u radu s promjenjivim opterećenjima.

Slika 10. Grafički dijagram razlike između MBR-a i konvencionalnih sustava u obradi mulja


Izvor: Odvodnja Rovinj-Rovigno d.o.o. (30. travnja 2018).

¹ Mjerna jedinica za kapacitet sustava odvodnje i obrade komunalnih otpadnih voda, izražena kao "ekvivalent stanovnika" (ES), definira se kao volumen otpadne vode u kubičnim metrima po danu (m³/dan) koji odgovara prosječnom dnevnom opterećenju što ga stvara jedan stanovnik. Ova jedinica obuhvaća kako hidrauličko opterećenje (protok otpadne vode), tako i organsko opterećenje, pri čemu se potonje najčešće izražava putem biokemijske potrošnje kisika u razdoblju od pet dana (BPK₅).

Srednjoročno, povećanjem volumetrijskog iskorištenja kapaciteta, optimizacijom potrošnje resursa i produženjem životnog vijeka membrana, jedinični troškovi po m³ i po ES mogu se smanjiti i približiti vrijednostima konvencionalnih sustava u EU kao što je prikazano na slici 10.

Zaključak

Tehnologija membranskih bioreaktora (MBR), primijenjena u sklopu novog i nadograđenog UPOV-a Cuvi, predstavlja naprednije rješenje za obradu otpadnih voda u odnosu na ranije korištene tehnologije u Istarskoj županiji. Ključne prednosti uključuju visoku učinkovitost pročišćavanja, ekonomičnost te visok stupanj automatizacije, što rezultira minimalnom ovisnošću o ljudskom faktoru. Kompaktnost sustava i mali prostorni zahtjevi omogućuju smještaj postrojenja uz znatno smanjenu potrebu za prostorom te minimalnu intervenciju u krajobraz u odnosu na konvencionalne tehnologije. Središnja komponenta sustava jest membranski bioreaktor (MBR), koji integrira biološku obradu s aktivnim muljem i membransku filtraciju, uz minimalne emisije neugodnih mirisa i buke u propisanim granicama.

Citirani izvori

Direktiva (EU) 2024/3019 EUROPSKOG PARLAMENTA I VIJEĆA od 27. studenoga 2024. o pročišćavanju komunalnih otpadnih voda.

Elaborat zaštite okoliša o postupku i potrebi procjene utjecaja zahvata na okoliš (travanj, 2022), Zagreb, revizija B.

EU projekt-aktivnost i KUVI-CUVI prezentacija (travanj, 2020). Interni dokument.

Godišnje izvješće UPOV Cuvi društva 'Odvodnja Rovinj Rovigno d.o.o.' za 2024. godinu (lipanj, 2025). Preuzeto s: https://odvodnjarovinj.hr/media/filer_public/bf/de/bfde1c63-2ef0-437d-8f60-a41c4078feca/_giu_2024_.pdf

<https://www.voda.hr/hr/eu/projekti/rovinj>

Nakić, Z., Balaž, B. (2024). Prilog razumijevanju problematike ispuštanja pročišćenih otpadnih voda u podzemlje. Hrvatske vode, Vol. 32, No. 130, str. 303-324.

Odvodnja Rovinj-Rovigno d.o.o. (30. travnja 2018). Preuzeto s: <https://odvodnjarovinj.eu/prezentacija-mbr-membranski-bio-reaktor-tehnologije-prociscavanja-otpadnih-voda/>

Odvodnja Rovinj-Rovigno d.o.o. (29. rujan 2022).

Odvodnja Rovinj-Rovigno d.o.o. (bez dat.).

Osjetljivost područja djelovanja Plana intervencije kod iznenadnog onečišćenja mora u Istarskoj županiji, Pula (listopad 2013). Dostupno na: www.istra-istria.hr

Rahman, U. T., Roy, H., Reazul, I., Tahmid, M., Fariha, A., Mazumder, A., ... Islam, S. (2023). The Advancement in Membrane Bioreactor (MBR) Technology toward Sustainable Industrial Wastewater Management, Membranes, 13, 181; <https://doi.org/10.3390/membranes13020181>

Ramm, K., & Wojciechowska, M. (April 2025). Closing local water cycles based on MBR treatment plants in tourist resorts - microbiological risk assessment, Desalination and Water Treatment, Volume 322, 101204; <https://doi.org/10.1016/j.dwt.2025.101204>

Strategija prostornog uređenja Republike Hrvatske (2017), NN 106/2017, Zagreb.

Struktura financiranja projekta izgradnje UPOV Cuvi (Izvor: <https://www.voda.hr/hr/eu/projekti/rovinj>)

Studija o utjecaju na okoliš sustava javne odvodnje i pročišćavanja otpadnih voda Poreč-jug (Debeli rt), Zagreb, (listopad, 2010).

www.istra-istria.hr

Collection, drainage and purification of waste water in the agglomeration of Rovinj as part of the EU project UPOV Cui

Summary

This paper examines the wastewater collection, drainage, and treatment system implemented in the agglomeration of Rovinj, with a particular focus on the Cui Wastewater Treatment Plant (WWTP Cui), developed as part of an EU co-financed infrastructure project. The system addresses growing pressures on water infrastructure in tourist destinations and aligns with the objectives of Directive (EU) 2024/3019 on urban wastewater treatment.

The study provides a technical overview of the project, a detailed description of the applied treatment technology—specifically the use of Membrane Bioreactor (MBR) systems—and a comparative analysis with conventional wastewater treatment technologies. Special attention is given to the environmental impact, improvement of municipal standards, and the protection of coastal water quality. The evaluation demonstrates that the project significantly contributes to environmental sustainability, resource protection, and the development of preconditions for year-round tourism and improved quality of life for local residents.

The WWTP Cui project may serve as a reference model for similar-sized urban areas facing the challenge of aligning local water infrastructure with European environmental protection standards.

Keywords: wastewater, WWTP Cui (Wastewater treatment plant at the Cui location), Rovinj, MBR technology, environmental protection, EU directives, sustainable development