

Mogućnost korišćenja inovativnih decentralizovanih modela prečišćavanja otpadnih voda na ruralnim područjima prekograničnog regiona



Uvod

Publikacija “Unapređenje sistema upravljanja otpadnim vodama na ruralnom području Srbije i Crne Gore primenom decentralizovanih inovativnih sistema” je nastala kao sažeti prikaz studije urađene u okviru projekta “Pridružimo se održivoj budućnosti kroz bolje upravljanje otpadnim vodama”. Projekat sufinansira Evropska unija u okviru finansijskog instrumenta pretprijetupne pomoći (IPA II) kroz Program prekogranične saradnje Srbija - Crna Gora 2014-2020. Ugovor za sufinansiranje sredstvima Evropske unije potpisan je sa Ministarstvom finansija Republike Srbije – Sektorom za ugovaranje i finansiranje programa iz sredstava Evropske unije.

Opis područja

Analizom je obuhvaćeno 8 lokalnih samouprava u prekograničnom području Srbija - Crna Gora, koje se prostiru na 6.954 km² i u kojima živi 368.343 stanovnika, od čega oko 54% stanovnika živi na ruralnom području.



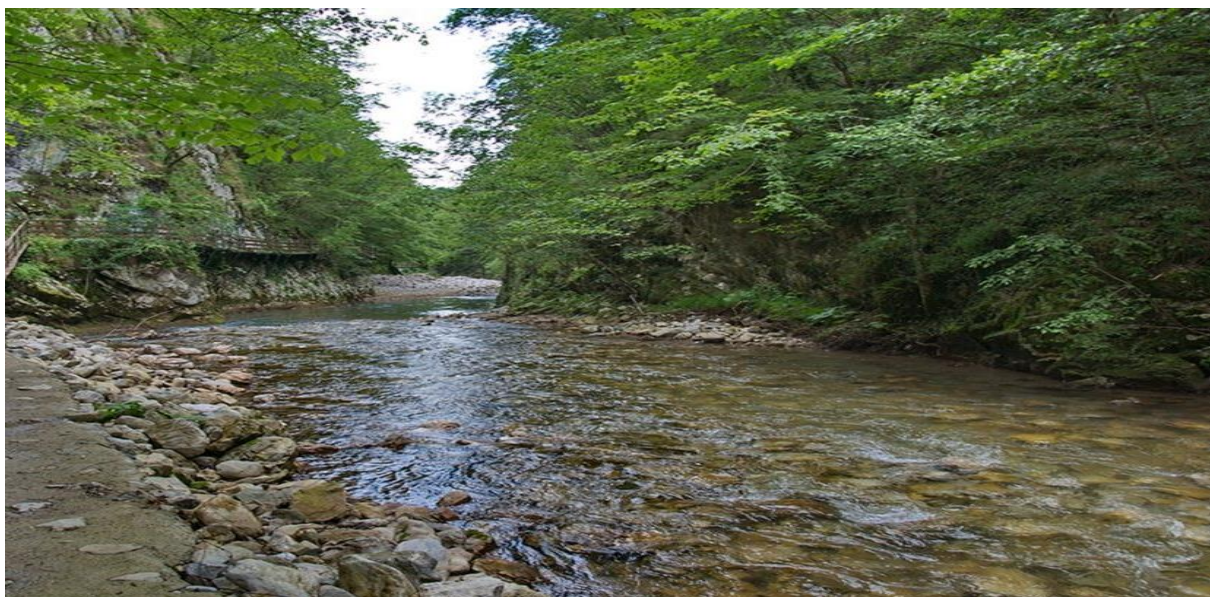
Lokalna samouprava	Površina	Broj stanovnika	% stanovnika na ruralnom području	% stanovništva priključeno na kanalizacioni sistem
Kraljevo	1.530	110.196	44,2%	61%
Raška	670	21.498	63%	46%
Novi Pazar	742	121.113	33,7%	71%
Tutin	742	33.053	67%	52%
Bijelo Polje	924	46.051	66%	7%
Pljevlja	1.346	30.786	36%	85%
Žabljak	445	3.569	51%	
Šavnik	555	2.077	78%	

Na analiziranom području utvrđeno je da je za urbana gradska područja u tri lokalne samouprave izgrađeno postrojenje za prečišćavanje otpadnih voda, u tri lokalne samouprave je u toku izgradnja, dok je u dve lokalne samouprave u planu izgradnja postrojenja. Međutim, i pored činjenice da na analiziranom području oko 54% stanovništva živi na ruralnom području, isto nije rešeno adekvatnim sistemom upravljanja otpadnim vodama, što značajno utiče na zagađenje voda.

Zaštita voda od zagađivanja ima suštinski značaj za obezbeđenje javnog zdravlja i unapređenje kvaliteta životne sredine. Istovremeno čista voda i sanitarni uslovi su definisani kao šesti od 17 ciljeva održivog razvoja (COR) Agende 2030. Otpadne vode su sa stanovišta zdravlja ljudi značajne zbog sadržine štetnih i toksičnih materija koje mogu zagađiti zemljište, vodu i vazduh i time imati direktan uticaj na zdravlje ljudi. Epidemiološki značaj otpadnih voda ogleda se u povoljnim uslovima za život i razmnožavanje bakterija, parazita i virusa. Najvažnije hemikalije iz otpadnih voda od javnozdravstvenog značaja su: Teški metali (Pb, Cd, Hg, As) jer imaju bioakumulativno, kancerogeno i teratogeno dejstvo i mogu da izazovu neurotoksičnost, hematotoksičnost i nefrotoksičnost; Nitrati jer izazivaju methemoglobinemiju i PCBs, naftni derivati, jer imaju kancerogeno dejstvo i izazivaju endokrinu modulaciju. Zaštita voda je jedna od najobimnije uređenih oblasti u okviru Legislative Evropske Unije koja se odnosi na zaštitu životne sredine.

Lokalne samouprave su, prema Zakonu o vodama, odgovorne za upravljanje vodama II reda, izdavanje vodnih akata za objekte lokalnog značaja, kao i akata za ispuštanje otpadnih voda u javnu kanalizaciju. Među njenim najznačajnijim aktivnostima je obavljanje i razvoj komunalnih delatnosti (prečišćavanje i distribucija vode za piće, prikupljanje i prečišćavanje otpadnih voda i dr.), što se reguliše posebnim zakonom. Na lokalnom nivou upravni i drugi poslovi vezani za vode obavljaju se u okviru različitih organizacionih tela (sekretarijati, direkcije, zavodi i drugi oblici). Iako za to već postoji odgovarajući pravni osnov, najveći broj lokalnih samouprava u region ne sprovodi veći broj aktivnosti u vezi upravljanja vodama. Još manji broj lokalnih samouprava ima adekvatna rešenja po pitanju upravljanja otpadnim vodama. Angažovanje lokalnih samouprava u ovoj oblasti prisutno je uglavnom ukoliko su sredstva obezbeđena iz kredita, kao i podsticaja sa republičkog nivoa. Kadrovski kapacitet za zaštitu voda od zagađenja, sprečavanje negativnog uticaja na životnu sredinu, kao i planiranje i sprovođenje mera koje za cilj treba da imaju otklanjanje negativnih uticaja otpadnih voda su neadekvatni.

Postojeća postrojenja za tretman otpadne vode uglavnom zadovoljavaju potrebe gradskog stanovništva. Seoska naselja i dalje imaju primitivna rešenja: septičke jame ili direktno ispuštanje u najbliži vodotok/recipient. Sve lokalne samouprave su svesne problema količina otpadnih voda iz seoskih naselja, što implicira projekte proširenja kanalizacione infrastrukture i obuhvata postojećih sistema tretmana na PPOV. Stanje u sektoru upravljanja otpadnim vodama relativno je teško sagledati, između ostalog, i zbog odsustva egzaktnih statističkih podataka u ovoj oblasti. Otpadne vode su veliki izazov za rešavanje na nivou jedinica lokalne samouprave.



Pored motivisanosti za dostizanje EU standarda u oblasti zaštite životne sredine, ono što je ograničavajući faktor za JLS je visoka vrednost investicije i trošak, ali i činjenica da ne postoji jasan putokaz za izračunavanje isplativosti investicije. Jedinice lokalne samouprave/Partneri se oslanjaju na budžetska sredstva ili donacije. Čak i kada su obezbeđena sredstva za izgradnju, put do ishodovanja uslova, a kasnije i dozvola je zahtevan i komplikovan.

Sve JLS/Partneri prate stanje u oblasti životne sredine i svesni su prisustva velikog broja nekontrolisanih ispusta komunalnih otpadnih voda u prirodni recipient. Kako su rokovi za dostizanje standarda u oblasti otpadnih voda kratki (2025/2040), jasno je da planirana postrojenja moraju biti izgrađena.

Ono što se nameće kao velika neusaglašenost je pitanje rešavanja otpadnih voda seoskih naselja, zbog njihove velike razuđenosti i nepristupačnosti.

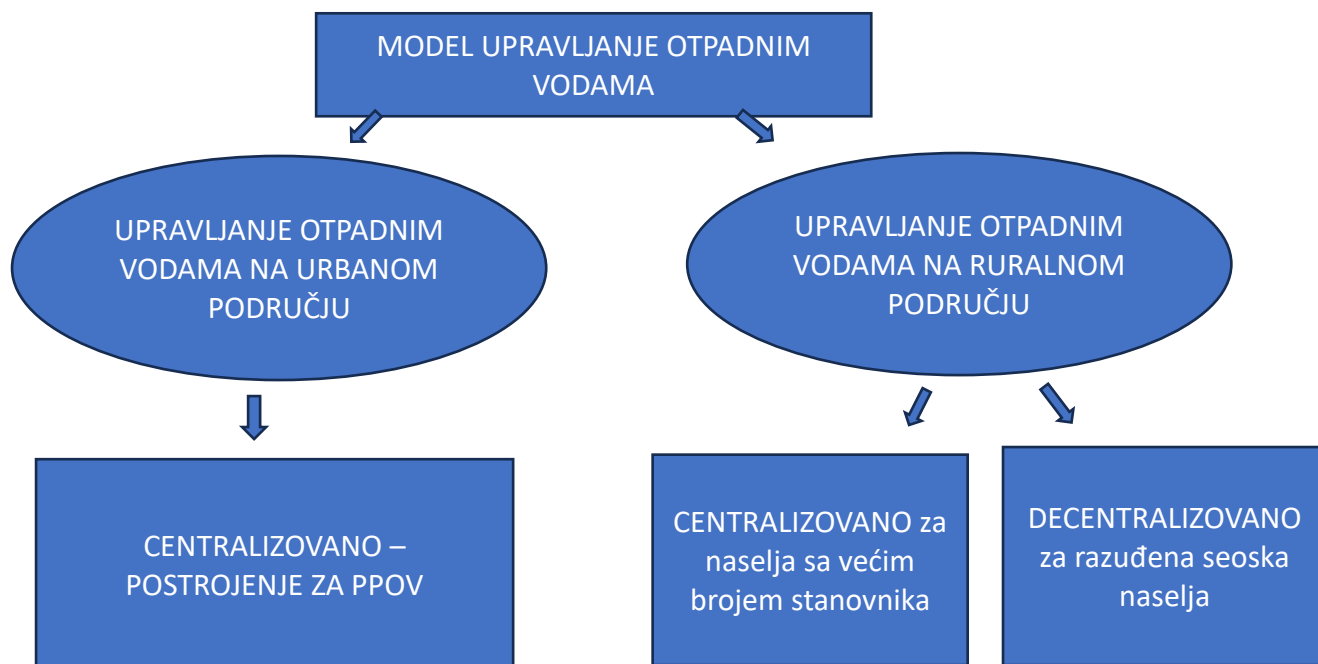
U seoskim sredinama uglavnom se otpadne vode iz domaćinstava odvođe u septičke jame, koje su improvizovane i dovode do zagađenja okolnog terena. U mnogim slučajevima otpadne vode se nekontrolisano odvođe u okolne vodotokove i tako direktno ugrožavaju okolno stanovništvo, kao i životno okruženje. Imajući u vidu brdsko planinski reljef, razuđenost naselja na seoskom području koncept upravljanja otpadnim vodama treba zasnivati na ekosistemskim pristupima sa što kraćim kolektorskim mrežama.

PREPORUKE ZA LOKALNE SAMOUPRAVE

Prateći hijerarhiju aktivnosti koje bi mogle dovesti do rešavanja nagomilanih problema u oblasti upravljanja otpadnim vodama, izdvojile su se sledeće grupe preporuka:

Preporuke za izgradnju komunalnih sistema - kanalisanje otpadnih voda: Činjenica je da nema adekvatnog prečišćavanja bez kanalizacione mreže prikupljanja i odvođenja otpadnih voda. Uz izgradnju postrojenja za prečišćavanje otpadnih voda, neophodna je izgradnja kanalizacione mreže i glavnih kolektora odgovarajućeg kapaciteta (primarna i sekundarna kanalizaciona mreža kod naselja koja su veća od 2.000 stanovnika).

Kod naselja manjih od 2.000 stanovnika, bez javne kanalizacije (ili sa kanalizacionim sistemima koji pokrivaju manje od 30% stanovnika), planirati individualne koncepte za tretman otpadnih voda iz septičkih jama. Ukoliko je priključenost na javnu kanalizaciju veća od 60%, prioritet treba dati izgradnji postrojenja, dok u suprotnom prioritet ima kompletiranje mreže.



Pri izgradnji PPOV prednost imaju veća naselja na manjim vodotocima, naročito ona koja imaju visok stepen priključenosti na javne kanalizacione sisteme (sva naselja veća od 10.000 stanovnika), a zatim naselja kod kojih je priključenost na javne sisteme niska (uglavnom naselja manja od 10.000 stanovnika i priključenost manja od 50% stanovnika), odnosno kriterijum za definisanje prioriteta je specifično opterećenje relevantnog vodoprijemnika otpadnim vodama. U kontekstu klimatskih promena, izgradnja postrojenja za prečišćavanje otpadnih voda u cilju zaštite kvaliteta vode, kada se očekuju duži malovodni periodi u kojima je kvalitet vode ugrožen zbog manjih protoka, većih temperatura vazduha i vode, a samim tim i smanjene koncentracije rastvorenog kiseonika. Ako se posmatra izgrađenost kanalizacione mreže, prioritet treba dati izgradnji i kompletiranju mreže u naseljima sa niskim stepenom priključenosti, dok u slučaju većeg stepena izgrađenosti mreže, prioritet treba dati postrojenjima za tretman otpadnih voda.



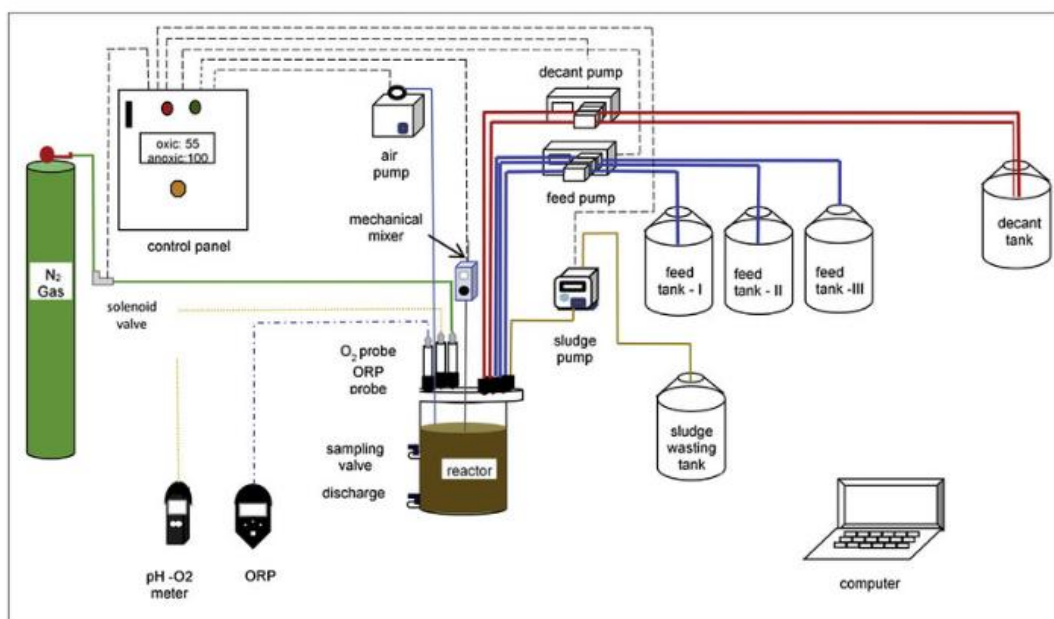
PREGLED TEHNOLOŠKIH REŠENJA ZA RURALNA PODRUČJA

Pri izgradnji sistema za sakupljanje otpadnih voda manjih razuđenih seoskih naselja, polazi se od pretpostavke da se jedinstvenom kanalizacijom obuhvate uglavnom samo naselja zbijenijeg tipa, ili samo središnji delovi naselja. Izgradnja javne kanalizacije bi bila neekonomična i neracionalna za ostale delove naselja (pojedini zaseoci ili individualna domaćinstva), kod kojih se prečišćavanje može rešavati grupnim ili individualnim objektima za prečišćavanje otpadne vode.

Izbor tehnologije prečišćavanja otpadnih voda i dimenzionisanje objekata postrojenja, osim od količine otpadne vode, koja predstavlja hidrauličko opterećenje, direktno zavisi i od karaktera zagađenja otpadne vode, od zahtevanog stepena prečišćenosti i od ekonomičnosti pojedinih postupaka prečišćavanja. Tehnologija prečišćavanja otpadnih voda za recepijente II kategorije treba da sadrži primarni (mehanički) i sekundarni (biološki) tretman. Za recepijente I kategorije, potrebno je uvesti tercijarni tretman. Pojedina seoska naselja imaju različitu produkciju otpadnih voda, međutim, obzirom na izvore zagađivanja i poreklo, otpadna voda seoskih naselja uglavnom sadrži: zemlju i pesak (mehaničko zagađenje) i otpatke biljnog, životinjskog i ljudskog porekla (organsko zagađenje). S toga se prečišćavanje otpadnih voda praktično sastoji od procesa odstranjivanja mehaničkih i bioloških nepoželjnih primesa.

SBR (engl. Sequencing Batch Reactor)

SBR (engl. Sequencing Batch Reactor) je tehnologija za tretman otpadnih voda koja se koristi od 1920-ih godina, posebno u ruralnim područjima. Ova metoda koristi aktivni mulj i dubinsku aeraciju, a sve faze tretmana su objedinjene u jednom reaktoru, što donosi finansijsku i prostornu uštedu. Proces se sastoji od četiri faze: punjenje, ozračivanje, mirovanje i odvod prečišćene vode, a sve faze se smenjuju u određenim vremenskim intervalima. Promene uslova u reaktoru podstiču razvoj mikroorganizama, što poboljšava kvalitet prečišćavanja.

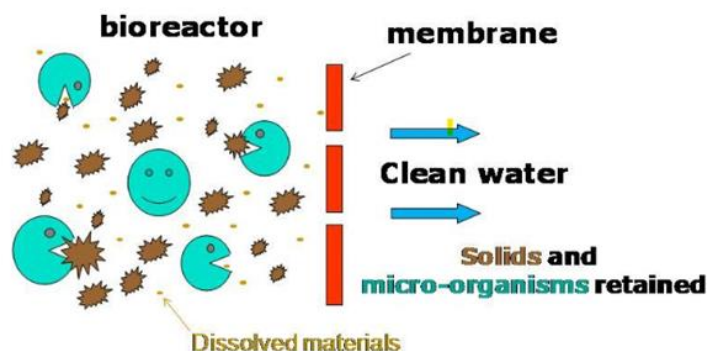


Schematic diagram of the sequencing batch reactor (SBR) system.

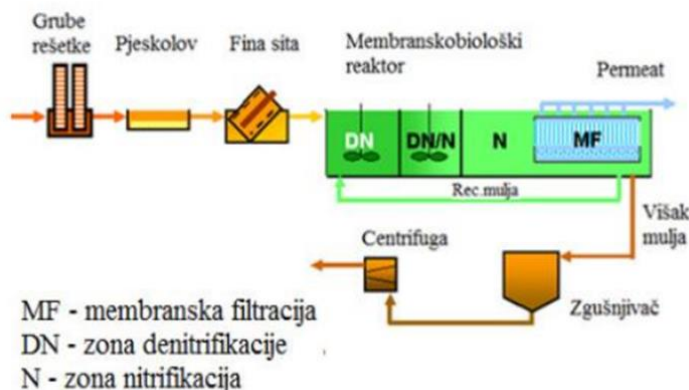
Prednosti ovih uređaja: omogućavanje velike fluktuacije protoka kao i kvaliteta otpadnih voda, koje su posebno karakteristične za manja naselja; automatizovan daljinski sistem rada; visok stepen tretmana otpadnih voda; brza montaža opreme; zauzimaju malu površinu. Nedostaci ovih uređaja su: zahtevaju više kvalifikovanu radnu snagu za održavanje i praćenje rada sistema; složenost procesa uz potpunu automatizaciju; specifična potrošnja energije je visoka; mora se vršiti redovno odlaganje mulja.

MBR (Membranski Bio Reaktor)

MBR (Membranski Bio Reaktor) je separacijski proces tretmana otpadnih voda, koji obuhvata biloški tretman aktivnim muljem i membransku ultrafiltraciju. Kompletan proces se odvija u kontejnerskom postrojenju.



Shematski opis principa rada MBR-a

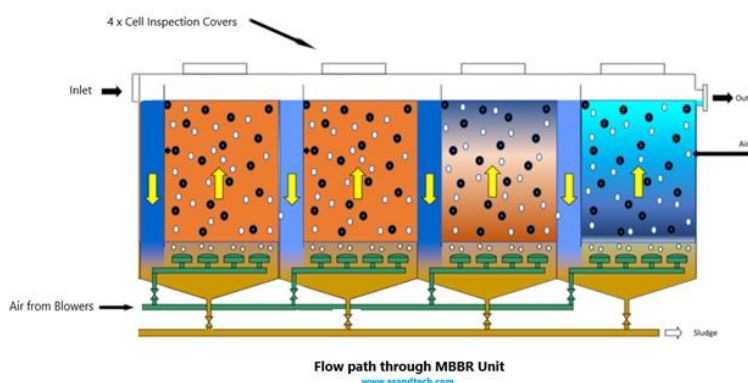


Shema MBR uređaja Nordkanal Kaarst

Prednosti ovih uređaja su: visok stepen uklanjanja organskog zagađenja, azota, bakterija i virusa, te se voda može ispustiti u podzemne vode ukoliko u blizini nema recipijenta; prečišćena voda se može odmah ponovo koristiti za potrebe navodnjavanja, ispiranja toaleta, te je preporuka da se ovi uređaji koriste u posebno osjetljivim područjima; zauzimaju malu površinu; visoka automatizacija sistema; nema emisije neugodnih mirisa i buke; troškovi održavanja su niži nego kod klasičnih bioloških uređaja; imaju malu proizvodnju otpadnog mulja, a samim tim i manje troškove vezane za to. Nedostaci ovih uređaja su: neophodan je kontinualan dotok otpadne vode i u slučaju dužeg izostanka rada, sistem se mora ponovo pokrenuti; kvalifikovano osoblje za rad na održavanju, uz napomenu da postupak pražnjenja i čišćenja mora biti sproveden od strane ovlašćenog osoblja; velika specifična potrošnja energije; mora se vršiti zamena membrana na svakih 5 godina.

MBBR (engl. Moving Bed Bioreactor)

MBBR (engl. Moving Bed Bioreactor) predstavlja mikrobiološki proces tretmana otpadnih voda. Kod ove tehnologije, za razliku od konvencionalnih sistema, koriste se slobodno plivajući nosači na kojima se razvija biofilm. Sami nosači su napravljeni od polietilena visoke gustine i isti imaju određenu aktivnu površinu, te se time povećava površina koju nastanjuju mikroorganizmi. U odnosu na zapreminu samog reaktora, nosači biomase zauzimaju polovinu zapremine.



Moving Bed Bioreactor

Razlika između ovog procesa i klasičnog procesa s aktivnim muljem je u dužem životnom veku mikroorganizama u MBBR sistemu, što omogućava stabilniji tretman otpadnih voda. Takođe, količina mulja je značajno manja. Prednosti uključuju visoku efikasnost tretmana, otpornost na toksične šokove, nisku proizvodnju mulja i malu potrebnu površinu za ugradnju. Nedostaci su složenost procesa i potreba za visoko obučanim osobljem.

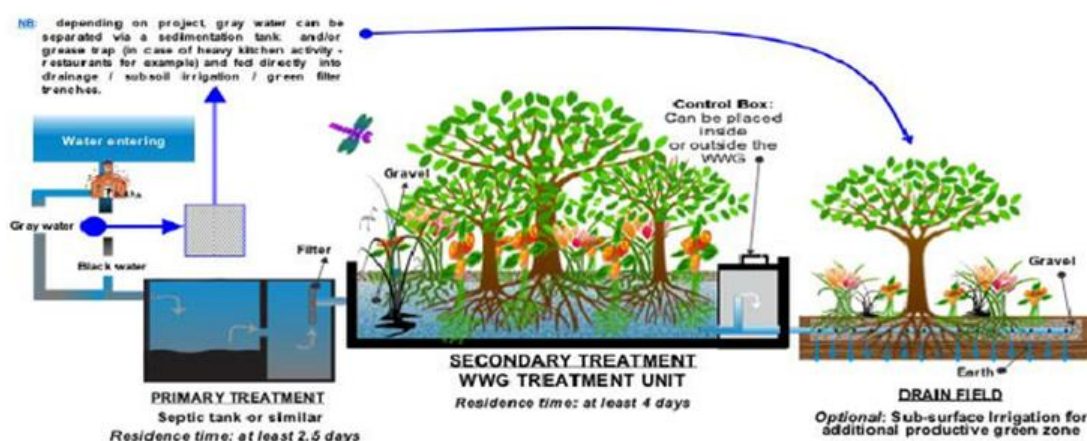
Nasuprot gore predstavljenim standardnim tehnologijama koje se najčešće koriste u decentralizovanim modelima tretmana otpadnih voda, u nastavku se daje prikaz jedne od inovativnih metoda kao rešenje gde se umesto očuvanja životne sredine, priroda upošljava da zaštiti nas. Imajući u vidu, da se u poslednje vreme sve više pažnje poklanja modelima koji nude visoku efikasnost uz istovremeno niže troškove izgradnje, male ili gotovo nikakve potrošnje energije, niske troškove održavanja i lake uklopivosti u ambijent, u nastavku će biti prikazana metoda fitoremedijacije ili kako se još zove „mokra polja“.

Iako su ovde prikazana kao inovativna rešenja, ova rešenja su poznata oko četrdesetak godina ali su dobili na značaju tek poslednjih deset godina u zapadnoj Evropi, dok u istočnoevropskim zemljama još uvek ne nailaze na odobrenje i prihvatanje. Pored prečišćavanja otpadnih voda, ova postrojenja mogu da proizvode energiju, hranu, kompost, prečišćena voda se može opet koristiti za potrebe navodnjavanja, ispiranja kložetskih školjki i slično, te ne predstavljaju samo ekonomski isplativa rešenja, već multifunkcionalne sisteme atraktivne za ulaganja. Ovo su projektovani sistemi, čiji je cilj imitiranje prirodnih procesa koji se odvijaju u močvarama, čime se stvaraju ambijentalne i ekološke zone, umesto zagađenih, te predstavljaju svojevrsan ekosistemski procesor. Sami mehanizmi, koji se odvijaju unutar procesora, su izuztno složeni, a obuhvataju mehanički, biološki, fizički i hemijski tretman otpadnih voda.

Fitoremedijacija

Mehanički tretman se odvija u taložnicima, gde dolazi do istaložavanja čvrstih materija na dno, a delimično izbistrena voda se dalje odvodi u fitolagune gde se dalje odvija biološki tretman. Biološki tretman otpadnih voda se oslanja na sposobnost pojedinih biljnih vrsta da uklanjaju štetne materije iz otpadnih voda. Fizički tretman otpadnih voda se realizuje prolaskom otpadne vode kroz supstrat, koji predstavlja filterski sloj, a hemijski tretman se ogleda u transformisanju otpadnih materija u neopasne komponente, odnosno sprovodi se oksidacija i redukcija fosfora i azota.

Kao supstrat se koristi pesak, šljunak i kamen različite granulacije. U položen supstrat se sadi vegetacija. Vegetacija ima veoma važnu ulogu u radu ovih sistema: preko listova i stabla omogućava prenos kiseonika u zonu korenja; vrši apsorpciju otpadnih materija; uginula vegetacija predstavlja hranu te omogućava rast i razvoj potrebnih mikroorganizama koji vrše tretman otpadnih voda; proizvodnja energije u slučaju korišćenja energetskih biljnih vrsta; doprinose estetskoj vrednosti ovih sistema. Najčešće se koriste autohtone biljne vrste, poput trske (lat. *Phragmites australis*), rogoz (lat. *Typha latifolia*), perunika (lat. *Iris pseudacorus*), šaš (lat. *Carex sp.*), ali i neke od visoko energetskih vrsta poput kineske trske (lat. *Miscanthus x giganteus*), vrbe (lat. *Salix viminalis*) i dr. Prednosti ovih sistema su: niski troškovi izgradnje, niski troškovi održavanja, mala ili nikakva potreba za energijom, nema zahteva za mašinskom opremom ili se zahteva samo pumpa, mogućnost uspostavljanja „nula“ otpada, lako se uklapaju u prirodni ambijent naselja, nema upotrebe hemikalija, obezbeđuju staništa za drugu floru i faunu, rekultivacija degradiranog zemljišta – pretvaranje u ekološku oazu, za izgradnju se koriste prirodni i lokalni materijali, mogu se konstruisati tako da ispune uslov dualnosti, modularnosti i adaptivnosti i služiti za dodatna istraživanja i obrazovanje mladih.



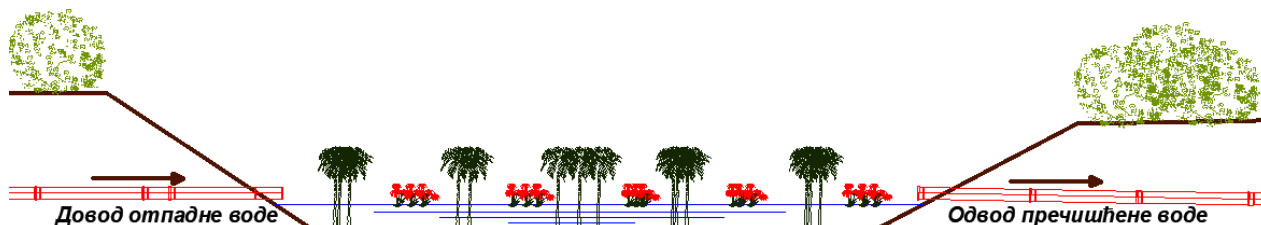
Nedostaci ovih uređaja su: potrebna je znatno veća površina za postavljanje u odnosu na standardne sisteme i ne postoje jasno definisani projektantski kriterijumi za različite klimatske uslove i različite modele ovih sistema, te se mora projektovati zasebno za svaki pojedinačni slučaj.



Biljni prečištač za naselje od 300 stanovnika, Kinberg, Austrija

Postoji nekoliko modela ovih procesora, koje možemo podeliti u dve velike grupe: sa slobodnim i sa podpovršinskim tokom vode.

Model sa slobodnim tokom vode – ovi modeli su najbližiji prirodnim močvarama. Mogu imati oblik bazena ili kanala, zavisno od konfiguracije terena. Izbistrena otpadna voda se uliva na jednoj strani i slobodno teče prema drugom kraju gde se nalazi ispust. Sama površina ovih modela je potpuno izložena atmosferskom uticaju. Ovaj model tretmana se danas ređe koristi kao samostalan u procesu tretmana otpadnih voda, a primenu pronalazi kao poslednji u nizu, odnosno kao bazen za poliranje.

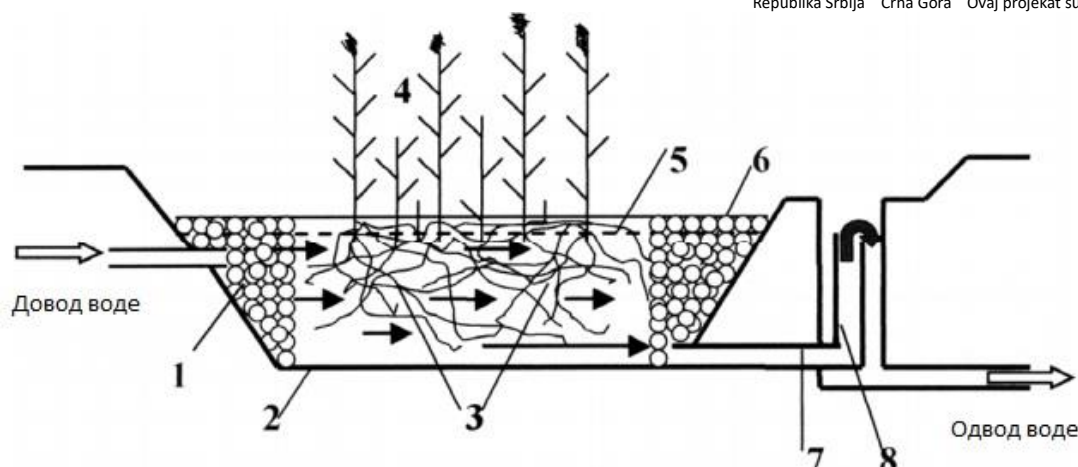


Procesor sa slobodnim tokom vode

Model sa podpovršinskim tokom vode – za razliku od prethodnog modela, razvijen je model u kojem je tok vode podpovršinski i on može biti projektovan sa horizontalnim ili vertikalnim tokom vode.

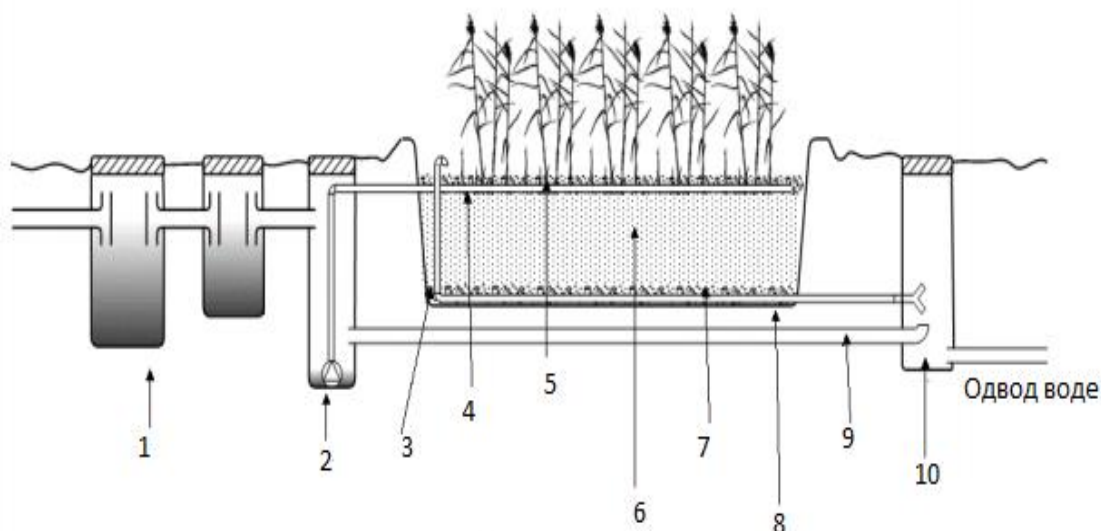
Oba modela imaju svoje prednosti kao i mane, te se u cilju postizanja veće efikasnosti u praksi najčešće koriste mešoviti modeli koji kombinuju pomenuta dva modela, poznato kao mešoviti ili hibridni sistemi. Projektuju se kao plitki bazeni, obloženi vodonepropusnom membranom. Ispuna je od peska i/ili šljunka i kamena određene granulacije.

Kod modela s podpovršinskim horizontalnim tokom, izbistrena otpadna voda nakon predtretmana teče kroz porozni filterski sloj, obično od šljunka ili peska, ka izlivnoj zoni s drenažnom cevi za prikupljanje prečišćene vode. Zbog stalno zasićenih anaerobnih uslova, nitrifikacija je ograničena, ali je denitrifikacija omogućena, pa se ovaj model često koristi nakon polja s vertikalnim tokom.



Šematski prikaz elemenata modela sa podpovršinskim horizontalnim tokom vode: 1- Ulivna zona za razlivanje otpadne vode; 2 – vodonepropusna membrana; 3 – filterska ispuna od šljunka ili peska; 4 – biljke koje se koriste u procesu tretmana otpadnih voda; 5 – nivo vode u laguni; 6 – izlivna zona; 7 – odvodna cev; 8 – objekat za kontrolu nivoa vode u laguni

Ovaj model ima prednosti, kao što su velika populacija mikroorganizama u rizosferi i formiranje suspendovanih čvrstih materija na površini. Iako je transfer kiseonika ograničen, što utiče na nitrifikaciju, dobro uklanja nitratre. Proces počinje predtretmanom u taložniku, nakon čega se izbistrena voda ravnomerno distribuira po fitolaguni. Voda se zatim vertikalno kreće kroz filterski sloj, gde se vrši tretman, dok drenažna mreža na dnu prikuplja prečišćenu vodu.



Šematski prikaz elemenata modela sa podpovršinskim vertikalnim tokom vode: 1- Ulivna zona za razlivanje otpadne vode; 2 – vodonepropusna membrana; 3 – filterska ispuna od šljunka ili peska; 4 – biljke koje se koriste u procesu tretmana otpadnih voda; 5 – nivo vode u laguni; 6 – izlivna zona; 7 – odvodna cev; 8 – objekat za kontrolu nivoa vode u laguni

Prilikom projektovanja ovog modela potrebno je voditi računa da se mora obezbediti diskontinuirani dotok otpadne vode, u intervalima nekoliko puta na dan. U periodu mirovanja, između dva nalivanja, vrši se ovazdušenje središnjeg filterskog dela, što je od izuzetne važnosti za stvaranje uslova za odvijanje procesa dobre nitrifikacije. Nitrifikujuće bakterije se razvijaju u prisustvu kiseonika, a sa druge strane denitrifikujući mikrobi cvetaju u anaerobnom okruženju. Karakteristika za oba pomenuta modela je da se mora voditi računa o osiguravanju mogućnosti regulacije nivoa vode, a samim tim i vreme retenzije, kao i obezbeđenje dovoljne količine vode za vegetaciju.

Hibridni sistemi su dva ili više serijski povezanih različitih tipova fitolaguna. Upotrebom različitih tipova fitolaguna efikasnije se koriste prednosti oba sistema. Postiže se veća efikasnost tretmana otpadnih voda, sigurnija nitrifikacija, denitrifikacija, kao i odstranivanje suspendovanih materija. Zbog aerobnih uslova, fitolagune sa vertikalnim tokom su najčešće prave u nizu, a potom zbog potreba denitrifikacije sledi fitolaguna sa horizontalnim tokom vode.

Projektovanje ovih sistema je izuzetno složeno i podrazumeva multidisciplinarni pristup i zahednički rad inženjera, biologa, hemičara, tehnologa, analitičara životne sredine. **Problem sa kojim se projektanti suočavaju je da ne postoje jasne smernice za projektovanje ovih sistema, usled zavisnosti istih od niza faktora: kvaliteta otpadne vode, stepena zahtevanog tretmana otpadne vode, klimatskih uslova, raspoložive površine.**

Sve ovo vodi mogućem predimenzionisanju čime se povećavaju negativni uticaji smrzavanja vode tokom zimskih meseci ili poddimenzionisanju što opet vodi isplivavanju otpadne vode na površinu, pojave neprijatnih mirisa i neadekvatnom tretmanu optadnih voda.



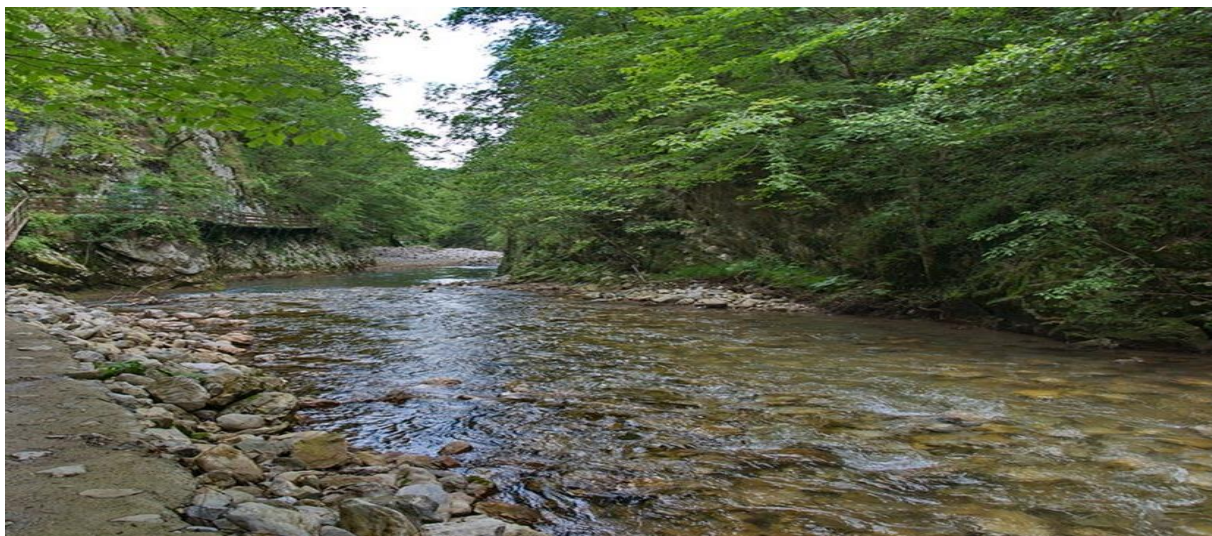
Bez obzira na razlike u tehnološkim procesima u postrojenjima za tretman otpadnih voda, sve tehnologije ispunjavaju dozvoljene izlazne parametre. MBR tehnologija pruža najviši nivo tretmana, ali zahteva kontinuiran dotok otpadnih voda, jer duži prekid zahteva ponovno pokretanje sistema.

Sa aspekta složenosti rada, najsloženiji koji zahteva i visoko kvalifikovanu radnu snagu je MBR uređaj, dok je tretman otpadnih voda fitoremedijacijom najjednostavniji i ne zahteva specijalnu obuku ljudstva za održavanje. Kada je reč o produkciji mulja, najviša je kod MBR uređaja, ali sa druge strane stepen efikasnosti je ujedno i najveći i ovi uređaji ispunjavaju i najstrožije zahtevane uslove tretmana otpadnih voda u posebno zaštićenim područjima.

Sa finansijskog aspekta, najveće troškove izgradnje ima MBR uređaj, potom MBBR, pa SBR i na kraju sistemi sa fitoremedijacijom. Kada pričamo o potrebnoj površini fitoremedijacioni modeli zahtevaju znatne površine u odnosu na ostale modele. Iako se radi o znatnim površinama, u ruralnim sredinama ovo ne bi trebalo da predstavlja značajan parametar, obzirom da gotovo u svakoj sredini se mogu naći znatne degradirane površine koje se mogu upotrebiti za ovu namenu.

Potrebno je ohrabriti kako projektante tako i donosiocima odluka da daju mesta novim ekološki i ekonomski opravdanim rešenjima uz paralelno sprovođenje edukacije meštana, odnosno korisnika sistema.

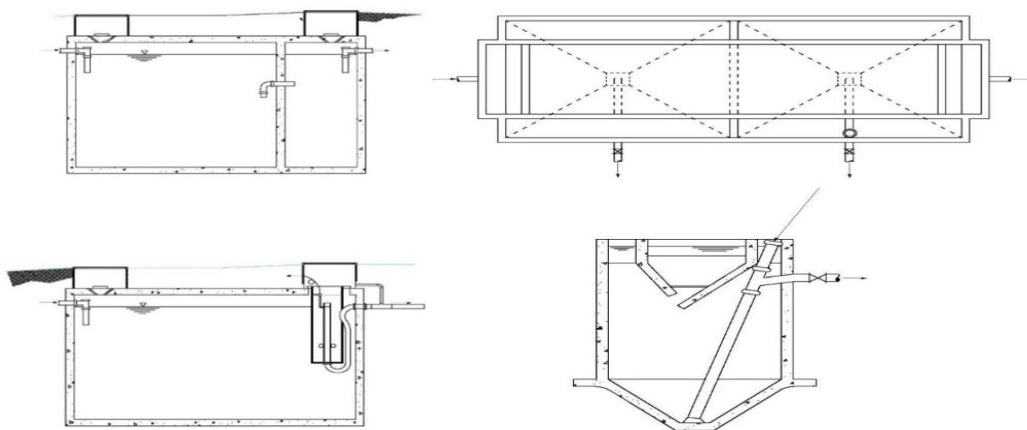
Povrat resursa iz postrojenja za otpadne vode u obliku energije, vode za višekratnu upotrebu, bio materija i drugih resursa, kao što su hranljive materije, predstavlja ekonomsku i finansijsku korist koja doprinosi održivosti sistema vodosnabdevanja i kanalizacije i vodovodnih preduzeća koja njima upravljaju. **Jedna od ključnih prednosti usvajanja principa cirkularne ekonomije u prerađi otpadnih voda je da obnavljanje resursa i ponovna upotreba mogu da transformišu sanitaciju iz skupe usluge u uslugu koja je samoodrživa i dodaje vrednost privredi.** Potrebno je preći s postrojenja za prečišćavanje otpadnih voda na postrojenja za ponovno korišćenje vodnih resursa, čime se stvara vrednost iz otpadnih voda. Tradicionalno, cilj je bio ukloniti zagađivače kako bi se voda bezbedno vratila u životnu sredinu. Sada se otpadne vode mogu smatrati izvorom resursa poput vode za poljoprivredu, industriju, pa čak i ljudsku potrošnju, hranljivih materija (azot i fosfor) i energije. Ovi resursi mogu generisati prihode i učiniti proces otpadnih voda samoodrživim.



Za tretman otpadnih voda seoskih naselja mogu se primenjivati dva različita tipa postupaka: (1) tradicionalni postupci zasnovani na ekstenzivnim tehnologijama prečišćavanja i (2) postupci prečišćavanja primenom savremenih postrojenja (izbor zavisi od kapaciteta, parametara zagađenja i infrastrukturne izgrađenosti lokacije). Imajući u vidu da se radi o formatu “razbijenog seoskog tipa”, sa zaseocima i relativno malim brojem stanovnika, za izbor najoptimalnijeg tretmana otpadnih voda, razmatrana su ekološki, ekonomski i tehnički najprihvatljivija rešenja prečišćavanja.¹

Za najjednostavniji tretman otpadnih voda iz individualnih domaćinstava primenjuju se **septičke jame**. Najčešće se izvide kao dvokomorni uređaji, kod kojih prva komora služi kao taložna, a druga komora za prihvatanje tečne frakcije iz taložne komore. U drugoj komori vrši se razgradnja koloidne i rastvorene organske materije posredstvom mikroorganizama.

Nešto savršeniji vid klasične septičke komore predstavlja Imhoff-ov tank, betonski objekat sa dve nezavisne komore, kod koga je svaka od komora betonskim zidovima podeljena na dve nezavisne komore: prva - gornja komora je manje zapremine, a druga - donja komora je veće zapremine. Donja betonska ploča gornje komore je perforirana. U gornjoj komori se odvija gruba sedimentacija inertnih čestica, a u donjoj komori anaerobna razgradnja koloidno i rastvorenih organskih materija u tečnoj frakciji kao i istaloženih čestica. Na dnu donje komore Imhoff-ovog tanka ugrađuje se ispusna cev sa ventilima za oslobađanje gasova koji nastaju u procesu anaerobne razgradnje organske materije i evakuaciju mulja.

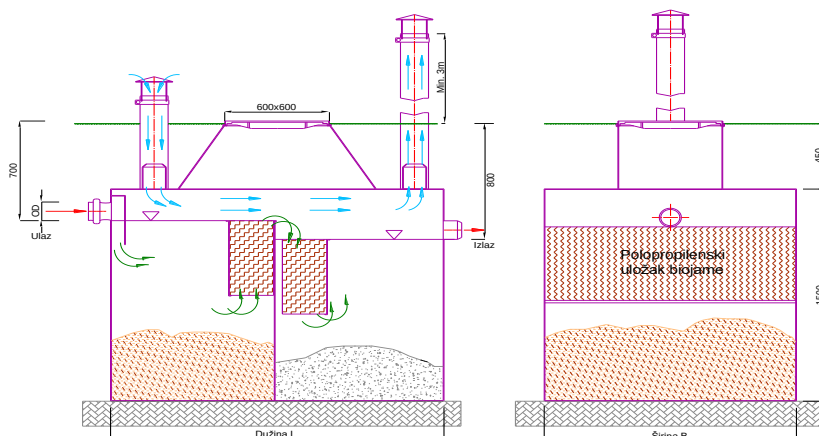


Dvokomorna septička jama

Imhoff-ov tank

Biojame su savremeniji oblik klasičnih septičkih jama napravljene od čelika ili plastične mase, koje su u osnovi slične septičkim jamama, s tom razlikom što se u njihovoj unutrašnjosti, pri vrhu, ugrađuju polipropilenski ulošci sa aktivnom biomasom.

¹ Studija o mogućnostima korišćenja inovativnih decentralizovanih modela prečišćavanja otpadnih voda na ruralnim područjima prekograničnog regiona



Biojama sa uloškom od biomase

Biomasa ubrzava razgradnju organskih materija, pa je zapremina komora dvostruko manja u poređenju sa septičkim jamama, a efikasnost je 20-30% veća.

Za prečišćavanja otpadnih voda manjih seoskih naselja ili grupe kuća u okviru jednog naselja, ali i za prečišćavanje otpadnih voda pojedinačnih kuća mogu se primeniti **infiltraciona polja**. Ova polja su prvobitno korišćena za prihvatanje netretirane domaće otpadne vode i za prihvatanje tretirane otpadne vode na izlazu iz septičke jame. Kod klasičnih infiltracionih polja, proces prečišćavanja otpadne vode odvija se u iskopanim zemljanim bazenima.

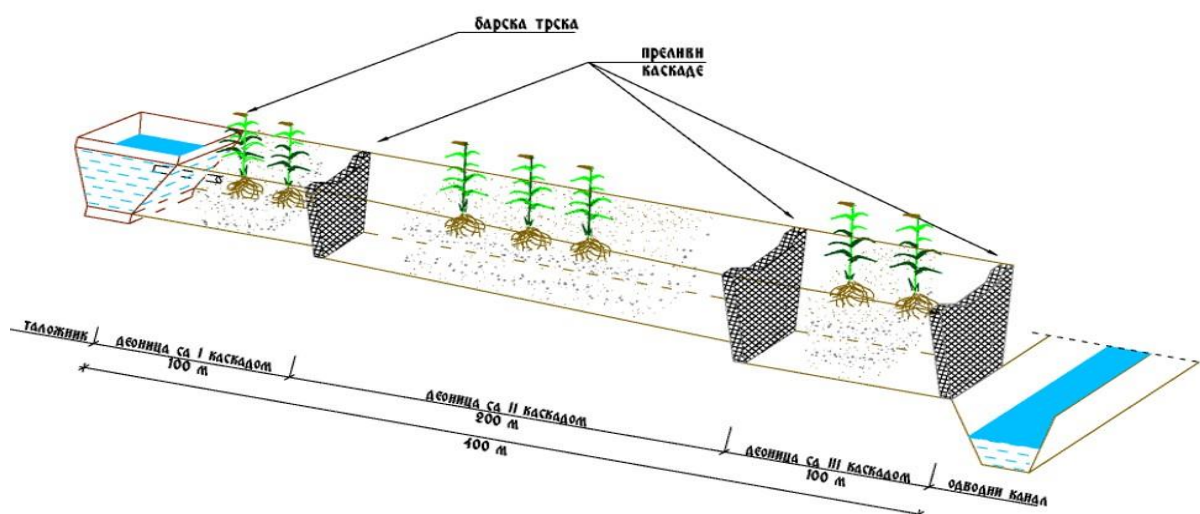
Na dnu bazena se polaže sloj šljunka, a preko njega kvarcni pesak određene visine i granulacije. Na vrhu peska položene su perforirane cevi preko kojih se vrši dovod i isticanje vode. Infiltraciona polja mogu da se koriste za dodatno poliranje otpadnih voda nakon mehaničkog i biološkog prečišćavanja, odnosno preuzimaju funkciju tercijarnog prečišćavanja. Za postizanje ovih efekata u infiltraciona polja se ugrađuju nepropusne membrane od sintetičkih materijala specijalne vrste koji objedinjuju funkcije filtracije i dezinfekcije, čime se postižu dobri efekti prečišćavanja otpadnih voda: organske materije (BPK₅) > 95%, suspendovane materije > 95%, ukupni fosfor > 95%, ukupni azot > 35%.

Obzirom da se tretiraju otpadne vode uglavnom manjih seoskih naselja, mogu se primeniti ekstenzivni postupci prečišćavanja, kojima se osim primarnog i sekundarnog tretmana vrši i uklanjanje azota (nitrifikacija/denitrifikacija) i fosfora (defosforizacija), što se najčešće postiže dirigovanom, tj. sekvencijalnom aeracijom i moguće je ispuniti i najstrožije kriterijume po pitanju kvaliteta efluenta. Neki od tipova sistema za ekstenzivno prečišćavanje otpadnih voda su: mokra polja (wetland-i), različiti tipovi laguna (aerobne, anaerobne, fakultativne, taložne...), baseni sa akvatičnim biljkama tipa plivajuće makrofite, stabilizaciona polja, septičke jame jednostavne i složenije konstrukcije, biojame i drugo. Imajući u vidu da su u domaćem okruženju značajno zastupljena naselja „razbijenog seoskog tipa“ sa zaseocima i relativno malim brojem stanovnika, za tretman otpadnih voda, razmatraće se ekološki, ekonomski i tehnički najprimerenija moguća rešenja prečišćavanja.

Date su osnovne postavke tehnoloških postupaka prečišćavanja primenom vodonepropusnih septičkih jama u kombinaciji sa infiltracionim poljima, primenom biojama ili nekog od „pakernih postrojenja“, za jedno ili više domaćinstava. Pod nazivom „paketna postrojenja“ podrazumevaju se najčešće uređaji kapaciteta do 1.000 ES.

Zagađenja iz otpadnih voda sa stočnih farmi mogu se izdvojiti mehaničkim postupkom, a efluenti se zatim mogu mešati sa živim krečom ili dolomitom, da bi se dobilo mineralno đubrivo, koje može da se pakuje u vreće. Tečnom frakcijom životinjskog izmeta mogu se zalivati bašte, ali je još bolje izložiti je biološkoj preradi postupkom produžene aeracije, čime se dobijaju dobri efekti prečišćavanja i pored velikog sadržaja amonijaka u tim efluentima.

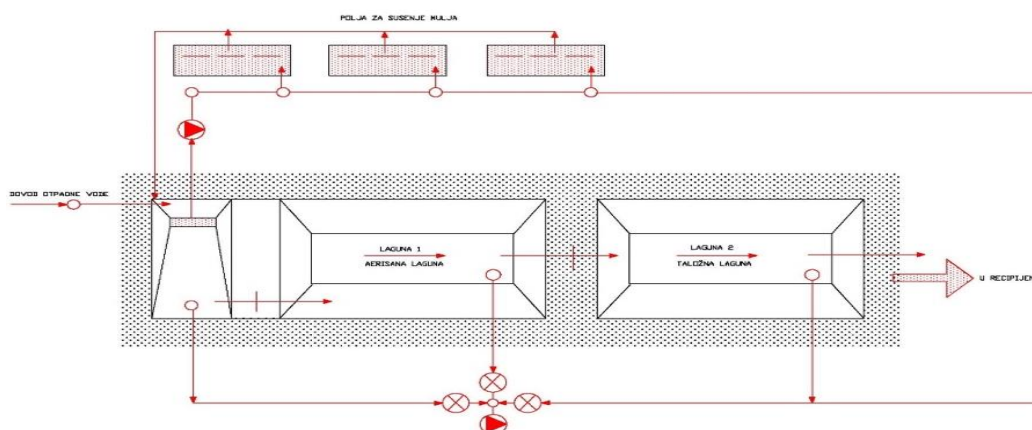
Mokro polje („wetland“) - Mokro polje („wetland“) je prirodni, biološko-ekološki prečištač, gde funkciju apsorpcije štetnih materija iz vode vrši biljka. U našim uslovima najpogodnije biljke za primenu su barska trska i rogoz. Jedan od važnih faktora za uspešnost ove metode prečišćavanja su stabilni klimatski uslovi, pre svega temperatura vazduha. Iako postoje i neka druga ograničenja vezana za lokaciju i dispoziciju naselja, stabilnost i kvalitet zemljišta, intenzitet i pravac duvanja vetrova, osunčanost, padavine i dr. Mokro polje ima izgled zemljanog bazena ispunjenog mešavinom šljunka, peska i zemlje u kojoj se sadi biljka. Kroz ovaj supstrat protiče otpadna voda u horizontalnom ili vertikalnom smeru i ostaje u kontaktu sa korenovim sistemom biljke dovoljno dugo da se mogu obaviti prirodni procesi razgradnje i apsorpcije štetnih materija. Zona oko korena biljke je bogata kiseonikom dovedenim kroz stablo biljke. Bakterije koje žive u zoni oko korena biljke potpomažu razgradnju materija.



Šematski prikaz podužnog profila mokrog polja tipa kaskadnog kanala (veličine 0,25 ha)

Lagune - Lagune su konvencionalni vid prečišćavanja otpadnih voda metodom aktivnog mulja. Izgradnja laguna je naročito opravdana na mestima gde je gustina naseljenosti mala, cena zemljišta niska, a raspoloživi prostor ravan i relativno veliki. Lagune su naročito povoljne na mestima sa toplom i umerenom klimom, premda ih ima i na mestima sa hladnom klimom. U zavisnosti od načina dovođenja kiseonika u otpadnu vodu, lagune se dele na aerisane i neaerisane. Najzastupljenije su aerisane lagune sa naknadnim lagunama za taloženje i sa recirkulacijom mulja. Kada se vrši kontrola unosa kiseonika moguće je u različitim sekcijama lagune održavati nitrifikaciono-denitrifikacione procese, a time i postići visoke efekte prečišćavanja koji se zahtevaju terciarnim prečišćavanjem.

Pre dovođenja otpadne vode u lagunu prvo se mora izvršiti grubo mehaničko prečišćavanje koje se sastoji od grubih i finih rešetki i peskolova - mastolova. Ovako tretirana otpadna voda upućuje se na biološku obradu u aerisane i taložne lagune. Aerisane lagune imaju izgled bazena dubine oko 4 m najčešće iskopanih u zemlji. Na slici 6.5. dat je šematski prikaz aerisane i taložne lagune. Aeracija otpadne vode vrši se primenom mehaničkih aeratora ili sistemom za uduvavanje vazduha (fini mehurići). Pored unošenja dovoljne količine kiseonika, uloga sistema za aeraciju je snažna turbulencija vode i održavanje aerobnih uslova u smeši vode i mulja. Recirkulacija mulja vrši se pomoću pumpi koje evakušu mulj iz dela na nizvodnom kraju i šalju ga na uzvodni kraj aerisane lagune. Nakon prolaska kroz aerisanu lagunu, otpadna voda ulazi u taložnu lagunu, koje su nešto pliće (dubina oko 2 m), i ne raspolažu sistemom za aeraciju. Taložne lagune se najčešće izvode kao bazeni iskopani u zemlji. Iz taložne lagune izbistrena voda se ispušta u recipijent.



Šematski prikaz aerisane i taložne lagune

Koncept optimizacije predstavlja dinamičan proces i zahteva aktivnu participaciju svih zainteresovanih strana uz harmonizaciju i dostizanje balansa ekonomskog, ekološkog i socijalnog uticaja. Za potrebe optimizacije modela tretmana otpadnih voda decentralizovanog sistema za ruralna naselja Srbije, izvršeno je istraživanje i analiza relevantnih kriterijuma kroz prizmu više-kriterijumske metode odlučivanja (MCA – Multi-Criteria Analysis), kao doprinos naučnom rešavanju unapređenja donošenja odluka pri definisanju ovih modela. Prednost primene ove metode u procesu donošenja odluka, je što pored finansijskih faktora se uporedo analiziraju i ostali važni nefinansijski faktori, a koji su podjednako bitni za dostizanje održivosti celog sistema odabiranjem adekvatnog modela. Poštujući dva od četiri „Belađo principa“, težnja je na pronalaženju rešenja sa što manjim utroškom energije, koja za krajnji proizvod nemaju nikakv otpad već, naprotiv, daju vredan resurs, razumljivo je da se sve više traže metode koje iziskuju manje troškove uz zahtevanu efikasnost.

Upravo iz tog razloga je posebno razmatrana mogućnost primene modela prečišćavanja otpadnih voda primenom prirodnih, biljnih sistema – fitoremedijacija. Nakon svih sprovedenih istraživanja u okviru rada, možemo da zaključimo sledeće:

Zdravlje čoveka, kao i kvalitet voda su u direktnoj vezi sa nekontrolisanim i nebezbednim tretmanom otpadnih voda. Analiza je pokazala da je osnovni problem u oblasti prikupljanja i tretmana otpadnih voda, nedovoljna izgrađenost kanizacionog sistema i adekvatnih postrojenja za tretman otpadnih voda uz nedovoljnu ekološku osvešćenost donosioca odluka na lokalnom nivou.

Prepoznati su sledeći rizici u uspostavljanju održivog decentralisovanog sistema tretmana otpadnih voda:

- nedostatak svesti i znanja o posledicama neprečišćavanja otpadnih voda na životnu sredinu i zdravlje čoveka;
- nedostatak kadrovskog kapaciteta;
- nedostatak finansijskih sredstava;
- nedostatak zakonodavnih okvira za primenu inovativnih rešenja (postoje zakonski okviri, ali oni se ne primenjuju što zbog svesti, tako i zbog nedostatka finansija);
- nedostatak planske i projektne dokumentacije i
- nedostatak volje za rešavanje ovog problema kod donosioca odluka.

Konvencionalne tehnologije su kroz dugogodišnju upotrebu, dokazale svoju efikasnost prečišćavanja otpadnih voda, ali i svoje zahteve za energentima, potrebe za održavanjem kao i cenu izgradnje i održavanja, što dovodi u pitanje da li upotrebom takvih sistema u ruralnim sredinama zemalja u razvoju, mogu da ispune zahteve uspostavljanja održivosti sistema.

Kao alternativa analizirana je primena prirodnih biljnih sistema, koji ne zahtevaju visoka finansijska ulaganja za potrebe izgradnje i održavanja, imaju niske energetske zahteve, zbog svojih konstruktivnih karakteristika ne zahtevaju visoko kvalifikovanu radnu snagu za potrebe održavanja sistema, estetski uklapaju u ambijent te doprinose stvaranju svojevrsnog biotopa.

- Zainteresovane strane su spremne da primene inovativna rešenja u tretmanu otpadnih voda kao i da uzmu učešća u mehanizmu donošenja odluka.

Prirodni biljni sistemi – fitoreidajciona postrojenja za prečišćavanje otpadnih voda prihvatljiv su i ekonomski opravdan način tretmana otpadnih voda u manjim naseljima, jer nemaju velike utroške energije i koriste procese koji se i inače događaju u prirodi, čime podržavaju održivi razvoj. Ekološki su prihvatljivi jer biljke prečišćavaju otpadne vode i uklapaju prirodno okruženje i često postaju staništa životinjama.

Nakon analize svih kriterijuma dobijeno je da je najoptimalnije rešenje fitoremedijacija, potom SBR, pa MBR i kao najnepovoljnije MBBR, uz naglasak da treba imati u vidu, da za svaki pojedinačni slučaj je potrebno analizirati kriterijume, ne samo ove već i druge koje mogu bitno uticati na odabir sistema uz obavezno učešće donosioca odluke lokalne zajednice i krajnjih korisnika. Procenjujući ekonomske, ekološke i socijalne kriterijume, zaključujemo da su ekonomski aspekti najvažniji za efikasno i održivo upravljanje sistemima za prečišćavanje otpadnih voda. Ali pored ekonomskih faktora, donosiocima odluke se skreće pažnja da u cilju uspostavljanja održivog sistema obrate pažnju i na ostale definisane kriterijume koji mogu znatno uticati na optimizaciju modela.

Iako se ova metoda široko koristi u svim oblastima, istraživanje je pokazalo da je potreban dalji rad i analiza u cilju osnaživanja donosioca odluke za preuzimanje odgovornosti u rešavanju problema prečišćavanja otpadnih voda i primenu metoda višekriterijumske odluke u procesu donošenja odluke.

Prečišćavanje otpadnih voda seoskih naselja je važan segment za promovisanje poboljšanja životne sredine na selu. Unapređenje ruralnih naselja i izgradnja održivih i ekološki prihvatljivih sela, važni su zadaci u sprovođenju nacionalne strategije ruralne revitalizacije. U zemljama u razvoju kao što su Republika Srbija i Crna Gora, preovladava ruralno područje. Ova ruralna područja imaju manje značajne regionalne, ekonomske i kulturne razlike, agregaciju i disperziju.

PREDLOG INOVATIVNOG PRISTUPA REŠAVANJA OTPADNIH VODA NA SEOSKOM PODRUČJU REGIONA

Za tretman otpadnih voda seoskih naselja malih gustina, predlaže se izgradnja biološkog procesora koga čine sledeći objekti:

I faza tretmana (prijemni taložnik ili septic) - Ovde dolazi do taloženja težih čestica na dnu i nakupljanja ulja i masti na površini, čime se uklanjaju suspendovane materije. Takođe se odvijaju anaerobni biološki procesi razgradnje organske materije kroz čitavu dubinu septika, uključujući sloj mulja.

II faza tretmana (dva polja – fitoremedijacione lagune) – obuhvata dva polja fitoremedijacionih laguna sa šljunčano-peščanim filterom. Jedno polje zasađeno je *Phragmites*om, a drugo *Typhom latifolium* (obe biljke karakteristične za obale) sa sposobnošću apsorpcije azota i zagađenja. Polja su projektovana za podpovršinski horizontalni tok vode.

Nakon postavljanja razvodnih cevi, potrebno je izvršiti probu puštanjem vode kako bi se proverila ravnomerna distribucija dotoka. Nepravilnosti se otklanjaju tehničkim rešenjima pre nastavka radova, a otvori za otpadnu vodu buše se sa donje strane cevi.

Osiguranje vodonepropusnosti postrojenja podrazumeva ugradnju vodonepropusnog materijala (geomembrane) kojim se oblaže čitava površina biljnog uređaja, uključujući i nagibe nasipa. Moguća je ugradnja nabijenog sloja slabo propusne gline, ali je takav materijal u principu teško i skupo nabaviti i ugraditi.

Monitoring/praćenje sistema od izgradnje, preko puštanja u rad do praćenja rada samog sistema je veoma bitno u cilju dostizanja održivog rada postrojenja:

- **I faza izgradnje drenažnog sistema za ekosanitaciju** - najznačajnije aktivnosti su nabavka i provera svih tehničkih elemenata (cevovoda, laguna, supstrata, kontrolnih šahti, biljnog materijala predviđenog za sadnju, instalacija predviđenih komponenti, sadnja vegetacije i obezbeđivanje protoka prvo čiste a zatim, postepeno i otpadne vode).

- **II faza puštanja u rad drenažnog sistema za ekosanitaciju** - U drugoj fazi, koja je najosetljivija, vrši se nadzor nad svim građevinskim, tehničkim aktivnostima pri puštanju postrojenja u rad a naročito kontrole protoka, kontrola i revizija stanja vegetacije prilikom punjenja sistema otpadnom vodom.
- **III faza rada u punom kapacitetu** - U trećoj fazi, monitoring kvaliteta otpadne vode na ulazu i na izlazu iz postrojenja kvartalno.

Preporuka je da se ispituju parametri: pH, elektroprovodljivost, suspendovane materije, ukupne rastvorene materije, alkalitet, ukupna tvrdoća, karbonatna tvrdoća, amonijumjon, nitrati, nitriti, ortofosfati, ukupni fosfor, sulfidi, HPK, TOC ukupni organski ugljenik, tanini, anjonski aktivne supstancije. U prvoj godini eksploatacije izabrani parametri, kao i monitoring stanja bioloških komponenti, mikrobiološke zajednice i vegetacije, vrši se jednom mesečno u toku vegetacionog perioda i po potrebi. Što se tiče održavanja taložnika, neophodno je da se vrši pregled i uklanjanje čvrstih materija. Čišćenje taložnika je poželjno obavljati na 2-3 godine, zavisno od veličine jame i broja korisnika. Kada govorimo o samim lagunama potrebno je imati na umu da su one zapravo veštačke močvare u kojima važe isti zakoni. Potrebno je uklanjati suvi material od smrznutih biljaka zimi.

AVILA PROJECT

Todora Toze Jovanovića 3/541

21 000 Novi Sad

MB: 65525216

PIB: 111593020





Ova publikacija je pripremljena uz finansijsku podršku Evropske unije. Za sadržaj publikacije isključivo su odgovorni JKP "Vodovod" Kraljevo i "AVILA project" i ni na koji način ne predstavlja zvaničan stav Evropske unije.

Priredila: Avila project
Štampano u 400 primeraka
Kraljevo, 2024. godine