



Agencija za vodno
područje rijeke Save

SARAJEVO

PREČIŠĆAVANJE OTPADNIH VODA U BILJNIM UREĐAJIMA

Jasmina Ibrahimpašić, Merima Toromanović

*Univerzitet u Bihaću, Biotehnički fakultet
Luke Marjanovića bb, 77 000 Bihać*

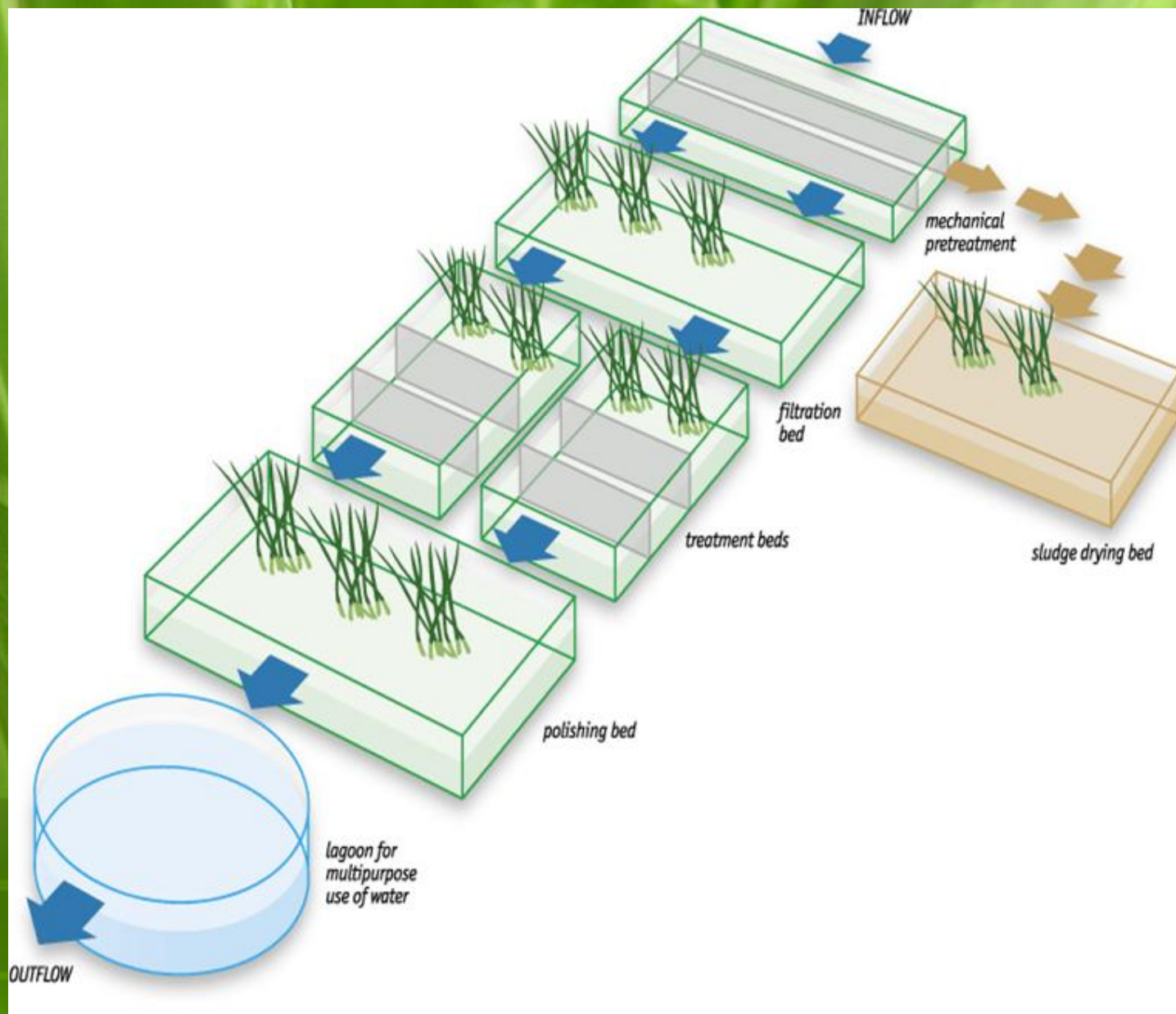
UVOD

Otpadne vode su veliki zagađivač našeg vodnog ekosistema i imaju negativan utjecaj na podzemne vode koje su izvor pitke vode, te na biljke i životinje. Prirodni pristup prečišćavanju otpadnih voda postizemo pomoću biljnih uređaja. BU predstavljaju inovativne metode prečišćavanja otpadnih voda, a to su kompleksni biološki sistemi koji su projektirani i izgrađeni na način da se iskoriste prirodni procesi koji se dešavaju u močvarnom bilju i tlu, uključujući i mikroorganizme koji učestvuju u prečišćavanju vode. Ovi sistemi se uglavnom sastoje od određene vegetacije, supstrata, tla, mikroorganizma i vode, koristeći kompleksne postupke koji uključuju fizikalne, hemijske i biološke mehanizme za uklanjanje raznih polutanata ili za poboljšanje kvaliteta vode.

Jednostavan rad, visoka efikasnost prečišćavanja i relativno niski troškovi izgradnje pogona i održavanja, u odnosu na konvencionalne tehnologije prečišćavanja, karakteriziraju biljne uređaje (BU) kao kvalitetna i prihvatljiva rješenja prečišćavanja otpadnih voda. BU koriste se prvenstveno za prečišćavanje kućanskih (sanitarnih) otpadnih voda manjih naselja udaljenih od urbanih sredina, ali uspješno se primjenjuju i za obradu industrijskih otpadnih voda sa farmi, klaonica, procjednih voda iz rasadnika i oborinskih dotoka s cesta. U BU se najviše koriste vodene biljke koje prirodno rastu u obalnim područjima jezera i močvara-*helofiti*. U tu skupinu pripadaju *Phragmites australis* i vrste rodova *Carex*, *Sciprus* i *Typha*.

Cilj rada je da se ukaže na efikasnost primjene biljnih uređaja, kao i na ekonomičnost procesa, koji je jedan od glavnih ograničavajućih faktora kod prečišćavanja otpadnih voda.

Briga za okoliš, viši zahtjevi za kavalitetom efluenta, visoke cijene konvencionalnih uređaja za obradu otpadnih voda i povećanje cijene energije potrebne za njihov rad, usmjerile su istraživače na sveobuhvatnija istraživanja mogućnosti upotrebe biljnih uređaja u tehnologiji obrade otpadnih voda.

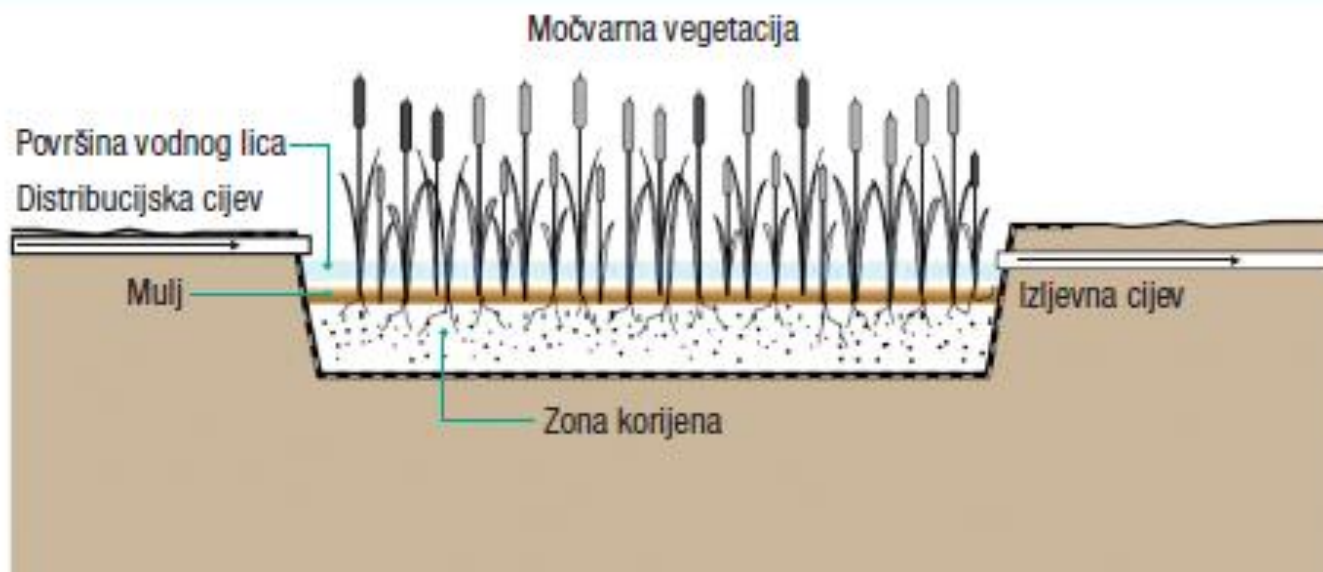


Slika 1. Princip rada BU

VRSTE BILJNIH UREĐAJA

Biljni uređaji sa slobodnim vodnim licem

Sastoje se od relativno plitkih močvarnih bazena ili kanala kroz koje otpadna voda slobodnim tokom teče prema ispustu, a površina vode direktno je izložena uticaju atmosfere.

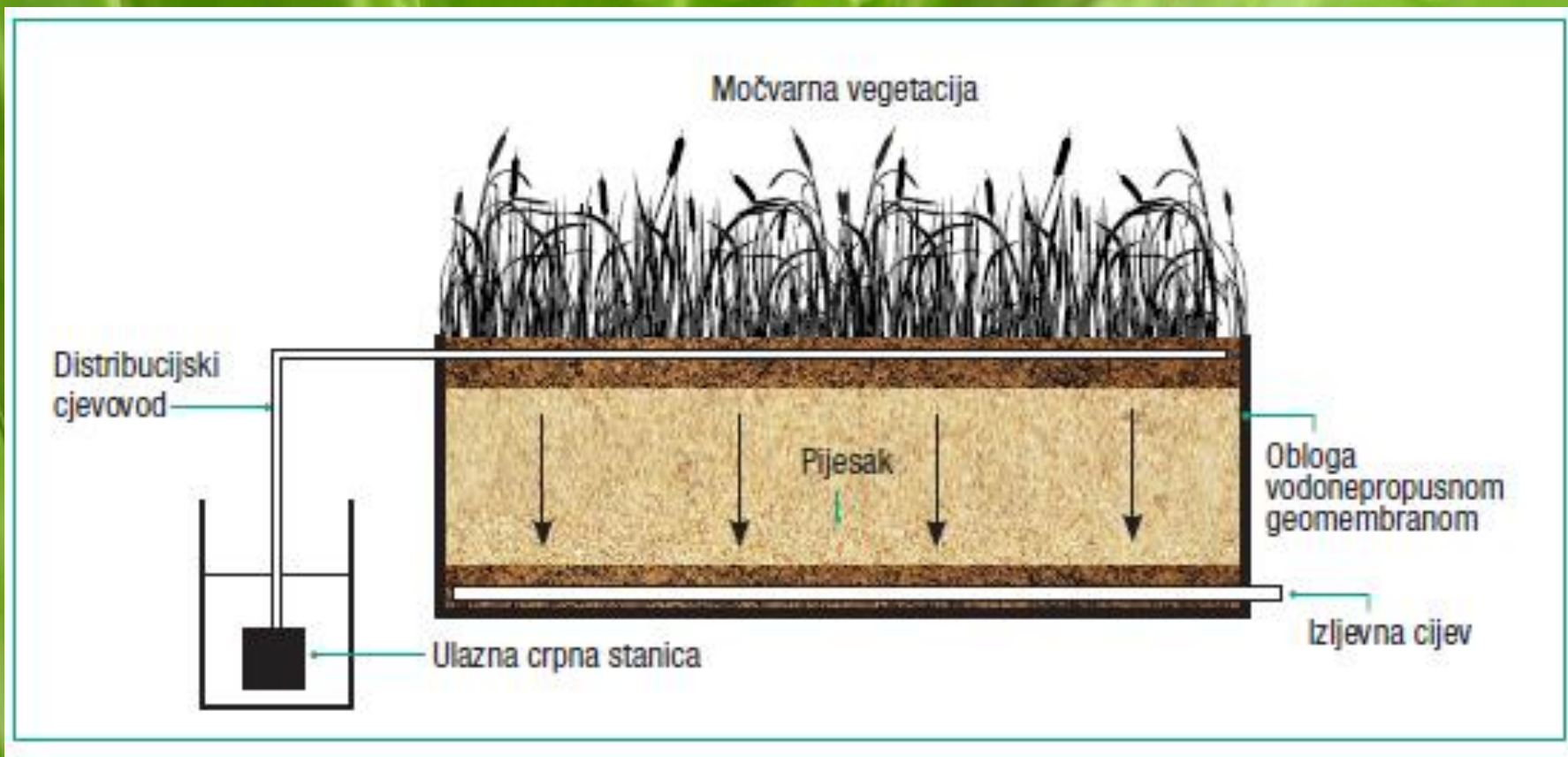


Biljni uređaji sa podpovršinskim tokom

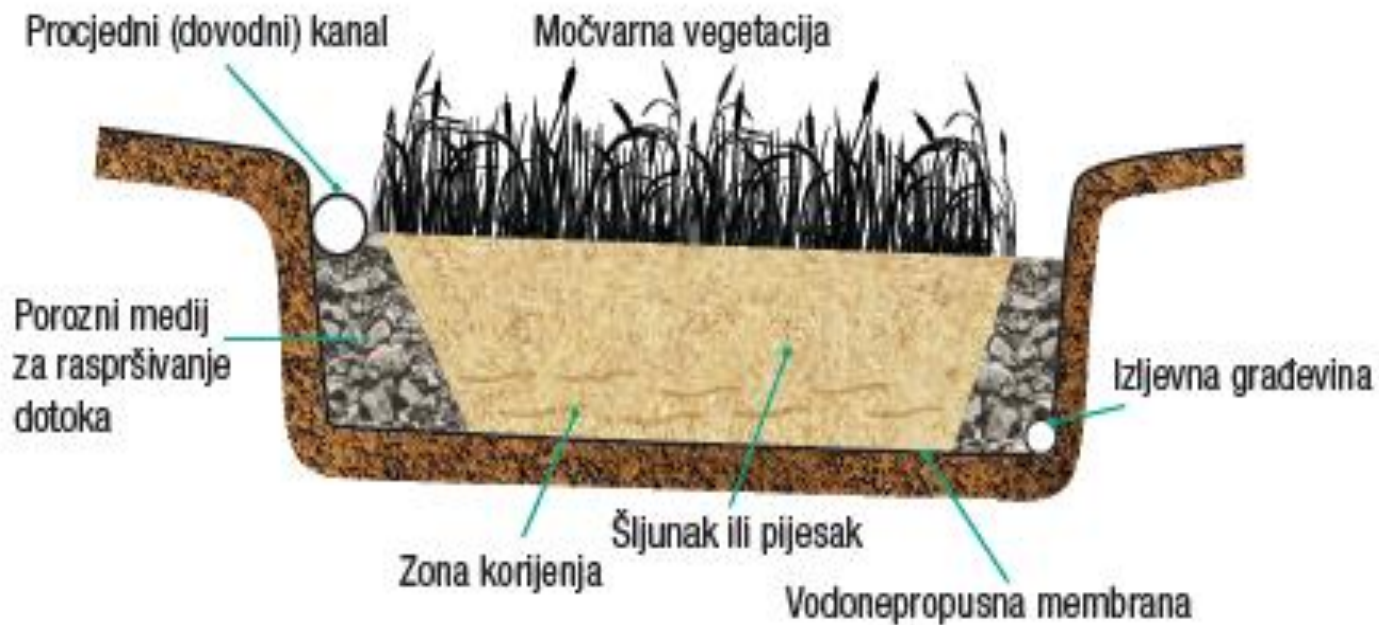
Biljni uređaji sa podpovršinskim tokom (BUPT) su plitki kanali ili bazeni, obloženi vodonepropusnim materijalom i ispunjeni poroznom ispunom (supstratom). Različiti materijali mogu se koristiti kao supstrat; pijesak, šljunak i kamen odgovarajuće granulacije. Tečenjem otpadne vode kroz supstrat dolazi do uklanjanja otpadne tvari procesima filtracije, sorpcije, taloženja i biološke razgradnje organske tvari.

BUPT se u odnosu na smjer toka otpadne vode kroz supstrat može podijeliti na:

1. biljni uređaj s vertikalnim podpovršinskim tokom,
2. biljni uređaj s horizontalnim podpovršinskim tokom.



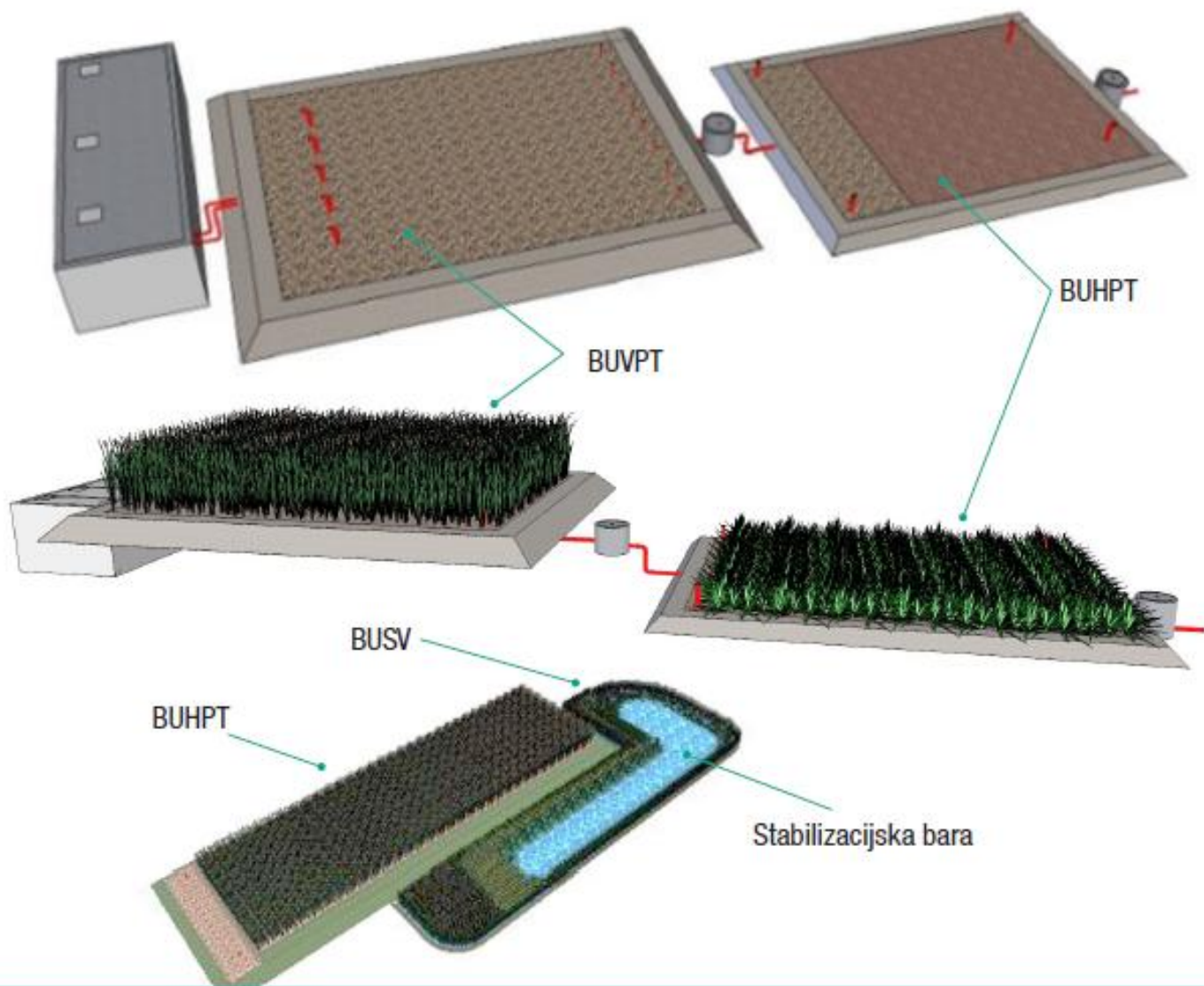
Slika 3. Shematski prikaz biljnog uređaja s vertikalnim podpovršinskim tokom



Slika 4. Shematski prikaz biljnog uređaja s horizontalnim podpovršinskim tokom

HIBRIDNI BILJNI UREĐAJI

Hibridni ili višestepeni biljni uređaj (HBU) sastoji se od dva ili više serijski povezana bazena s različitim tipovima biljnog uređaja. Ovaj biljni uređaj koristi prednosti svakog korištenog tipa čime se postiže veća učinkovitost prečišćavanja vode, osobito u pogledu uklanjanja dušika i patogenih mikroorganizama. BU s vertikalnim potpovršinskim tokom je zbog aerobnih uvjeta prikladan za nitrifikaciju, pa se koristi prvi u nizu, a u BU s horizontalnim potpovršinskim tokom vladaju uglavnom anaerobni uvjeti, te je on zbog toga pogodan za denitrifikaciju, te se gradi drugi u nizu.



Slika 5. Hibridni biljni uređaj

VODENE I MOČVARNE BILJKE I SUPSTRAT

Biljke svojim korijenjem stabiliziraju površinu biljnog uređaja, osiguravaju dobre uvjete za fizičku filtraciju, štite od smrzavanja tokom zime te omogućuju stvaranje velike površine za rast mikroorganizama. Biljke koje se najčešće sade i siju u sklopu močvarnih sistema za prečišćavanje otpadnih voda su trska (*Phragmites australis*), rogoz (*Typha latifolia*), uspravni ježinac (*Sparganium erectum*), obični oblič (*Scirpus lacustris*), žuta perunika (*Iris pseudacorus*), šaševi (*Carex sp.*) itd. Glavne su karakteristike navedenoga bilja njihova široka rasprostranjenost i prilagođenost različitim uvjetima, uključujući i relativno niske temperature (ispod 0 C).

Dio zemljišta ostaje bez kisika što omogućuje da u procesu razgradnje sudjeluju i anaerobni mikroorganizmi. Razgrađene organske tvari biljke ugrade u svoje tkivo i time prečišćavaju otpadne vode. Ukoliko biljni materijal ne sadrži toksične materije, može se dalje koristiti za kompostiranje, proizvodnju energije ili u hortikulturne svrhe. Ukoliko biljke akumuliraju i otrovne tvari, kao što su teški metali, fenoli, pesticidi, formaldehidi, itd. i ako je koncentracija tih tvari preko dozvoljenih granica, biljke se smještaju na deponij.

Sastav supstrata u biljnom uređaju pažljivo se bira i zavisi od specifičnih uvjeta (biljne vrste, veličina uređaja i sl.). Načinjen je od pijeska, šljunka i zemlje u različitim omjerima.

Biljni uređaj je potrebno u potpunosti obložiti vodonepropusnim materijalom, koji se preporučuje dodatno zaštititi geotekstilom kada se primjenjuju sintetske obloge. Na tu podlogu stavlja se supstrat u koji se sadi močvarno bilje i bilje vlažnog zemljišta. Glavnu ulogu u prečišćavanju imaju isti mikroorganizmi kao i u konvencionalnim uređajima, samo što u biljnom uređaju (BU) ne plivaju u vodi, već su naseljeni na korijenju biljaka i u supstratu. Biljke im služe kao stanište i izvor kisika.



Slika 6. Biljni uređaj (Malus i sar., 2012.)



Slika 7 i 8. Pilot biljni uređaj izgrađen na Biotehničkom fakultetu Univerziteta u Bihaću

PREDNOSTI PRIMJENE BILJNIH UREĐAJA

Prednosti prečišćavanja otpadnih voda biljnim uređajima su:

- relativno niska cijena izgradnje sistema u odnosu na troškove izgradnje konvencionalnih uređaja,
- visoki stepen prečišćavanja,
- održavanje uređaja je jednostavno i jeftino,
- za njihov rad nisu potrebni niti energija niti strojarska oprema,
- korištenje prirodnih materijala i autohtonog bilja,
- uređaj se idealno uklapa u okoliš, nema neugodnih mirisa niti insekata i prečišćena voda se može ponovno upotrijebiti.

EKONOMSKA OPRAVDANOST

U nastavku su prikazani financijski aspekti BUPOV od 550 ES (ekvivalent stanovnika).

Financijski aspekti varijantnih rješenja razmatrani su kroz investicijske troškove i troškove pogona i održavanja.

Projektni period u kojem se promatraju troškovi je 30 godina. Za izračun **NPV** (*net present value*, **neto trenutna vrijednost**) troškova korištena je diskontna stopa od 4%.

Amortizacija je računata na sljedeći način:

Građevinski radovi	50 godina
Elektrostrojarska oprema	15 godina
Ugradnja supstrata	10 godina

Tabela 1: Ekonomski aspekti pojedinih varijantnih rješenja

	Varijanta 1 Produženo prozračivanje	Varijanta 2 Imhoffov spremnik + faza den. aktivnog mulja + prokapnik za nitr. ,‘hladna’ digestija svog mulja u Imhoffovom spremniku	Varijanta 3 Biljni uređaj
INVESTICIJSKI TROŠKOVI (EUR)	460.400	542.900	363.525
TROŠKOVI POGONA I ODRŽAVANJA (EUR/god)	22.350	22.380	1.661
NPV INVESTICIJSKIH TROŠKOVA	425.666	501.942	336.099
NPV OPERATIVNIH TROŠKOVA I ZAMJENE OPREME	845.263	900.562	149.411
NPV OSTATAK VRIJEDNOSTI	89.432	123.450	89.432
NPV UKUPNO	-1.005.929	-1.102.833	-394.527

DISKUSIJA

Usprkos velikoj bioraznolikosti vodene i močvarne flore i vegetacije, u Bosni i Hercegovini se koristi vrlo malo biljnih vrsta u biljnim uređajima za prečišćavanje otpadnih voda. Jedan od razloga zasigurno je nedovoljna povezanost fundamentalnih istraživanja iz botanike i ekologije, te s druge strane primjena tih znanja u inženjerstvu okoliša. Povećanjem broja vrsta moguće je poboljšati efikasnost uređaja i smanjiti opterećenje na okoliš.

Efikasnost procjeđivanja otpadnih voda kroz uređaj uvjetovana je korijenom, njegovom dubinom i razgranatošću. Također, korijen stabilizira površinu biljnog uređaja i omogućuje stvaranje površine za rast mikroorganizama koji imaju ključnu ulogu u prečišćavanju otpadnih voda. Biljni uređaj u potpunosti prečisti fekalne bakterije i streptokoke, masnoće, kationske i anionske deterdžente, uspješno uklanja mutnoću, dok ostali elementi se također prečiste, ali ne u tolikoj mjeri. Biljni uređaji, unatoč relativno velikoj primjeni u Europi, u Bosni i Hercegovini još uvijek se malo primjenjuju.

ZAKLJUČAK

Postupci prečišćavanja kojima će se podvrgnuti otpadna voda prije nego što se ispusti u prirodnu vodnu sredinu ovisi prvenstveno o količini i sastavu otpadne vode, ali isto tako i o zahtijevanoj kvaliteti vode na mjestu ispuštanja. Briga za okoliš, viši zahtjevi za kvalitetom efluenta, visoke cijene konvencionalnih uređaja za obradu otpadnih voda i povećanje cijene energije potrebne za njihov rad, usmjerile su istraživače na sveobuhvatnija istraživanja mogućnosti upotrebe biljnih uređaja u tehnologiji obrade otpadnih voda. Specifičnost biljnih uređaja jest ta što ne postoji univerzalno rješenje za njihovu izgradnju i održavanje.

Svako mjesto gdje se grade biljni uređaji ima svoje geomorfološke, hidrološke, klimatske i biološke karakteristike, a i otpadne vode koje se žele prečistiti nemaju isti sastav. Osnovni problem prilikom izgradnje biljnih uređaja je nedovoljna informiranost javnosti o prednostima i nedostacima biljnih uređaja za prečišćavanje otpadnih voda, te o primjerima njihova korištenja u Bosni i Hercegovini, a i u svijetu. Također, ističe se velika potreba za saradnjom sa vlastima kako bi se korištenje biljnih uređaja u BiH inteziviralo.

JOŠ JEDNOM DA PONOVI MO ZAŠTO GRADITI BU

- Poprima prirodnu sposobnost samočišćenja za prečišćavanje otpadnih voda
- Radi bez mašinske i električne opreme
- Voda se prečišćava do potrebnih standarda pomoću mikroorganizama, biljaka
- Učinkovito uklanjanje spojeva dušika, fosfora i drugih toksičnih tvari iz otpadne vode i na taj način štiti podzemne vode, izvorišta pitke vode, tekućice i jezera (70-90% učinkovitosti).
- Učinkovitost uklanjanja fekalija i drugih bakterija (90-99% učinkovitosti).

- Nema neugodnih mirisa, nema insekata zbog podzemnog toka otpadne vode,
- Estetski uklopljeno u površinu, pejzaž
- Ponovna upotreba čiste vode koja dolazi iz BU (za ribnjake, bazene za plivanje, upotreba za zalijevanje cvijeća itd.)
- 1 ES (stanovnik) treba oko 2,5m² površine za biljni uređaj.

