



Oporaba komunalne otpadne vode za navodnjavanje s MBR i RO/NF procesima

Municipal wastewater reuse for irrigation by MBR and RO/NF processes

Davor Dolar, Klara Karadakić, Nina Čavarović, Marko Racar, Krešimir Košutić*

Fakultet kemijskog inženjerstva i tehnologije, Sveučilište u Zagrebu, Marulićev trg 19, 10000 Zagreb, Hrvatska

Zavod za fizikalnu kemiju

*E-mail: kkosutic@fkit.hr



[CILJEVI]

- I. Obrada komunalne otpadne vode (KOV) membranskim procesima (membranski bioreaktor (MBR), nanofiltracija (NF) i reverzna osmoza (RO)) u svrhu dobivanja permeata karakterističnih fizikalno-kemijskih i mikrobioloških svojstva sukladno WHO i EU smjernicama za navodnjavanje. Prikladnost dobivenog permeata za željenu upotrebu ispitivana je provođenjem kvantitativne analize i usporedbom dobivenih rezultata s navedenim smjernicama.
- II. Uklanjanje prioritarnih onečišćivala (PO) koja se nalaze na Popisu praćenih tvari (diklofenak, azitromicin, klaritromicin, eritromicin, metiokarb, imidaklopid, tiaklopid, tiametoksam, klotianidin, acetamid, trialat i oksadiazon) u skladu s Direktivom 2015/495 i 2008/105/EZ Europskog parlamenta i Vijeća.

[OPĆI DIO]

Kako bi se zadovoljile potrebe za hranom, sve su veći izazovi u poljoprivrednoj proizvodnji koji su izravno povezani s navodnjavanjem. Sve učestalije klimatske promjene i sušna razdoblja stvaraju ozbiljne probleme u poljoprivredi, prvenstveno u ispunjavanju navedenih zahtjeva. Zbog nedostatka padalina te posljedično ograničene dostupnosti vode poseže se za alternativnim izvorima kao što je komunalna otpadna voda u svrhu navodnjavanja. Tehnologija MBR-a integrira biološku obradu vode s aktivnim muljem i membransku mikrofiltraciju (MF) ili ultrafiltraciju (UF) te postaje sve popularniji i prihvaćeniji oblik obrade KOV-a. Također, veliki naglasak prilikom obrade KOV-a stavlja se na uklanjanje PO s obzirom da poljoprivredna, industrijska i javna upotreba čiste vode rezultira stvaranjem otpadne vode bogate mikroonečišćivima. Hibridni postupak MBR-RO/NF dosad je pokazao veliku efikasnost i superiornost u uklanjanju PO iz različitih nekonvencionalnih izvora vode što mu, zbog zabrinutosti koju PO nameće, uvelike daje prednost nad drugim postupcima obrade vode.

[MATERIJALI I METODE]

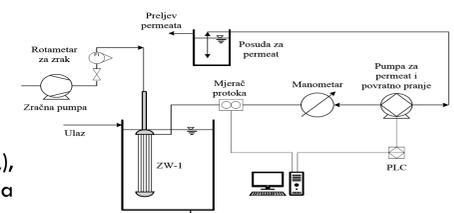
Obrada KOV-a (postrojenje za obradu otpadnih voda aglomeracije Čakovec) MBR-RO/NF postupkom (Slika 1. i 2.) može se podijeliti u dvije faze:

Prva faza - MBR obrada KOV-a.

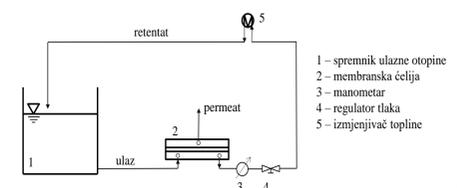
- Period I. i Period II. različitih protoka
- UF membrana u obliku šupljih vlakana (ZW-1; GE Water & Process Technologies, Mađarska) površine 0,046 m² i veličine pora 0,02 μm
- Svakodnevno uzorkovanje ulazne vode i permeata, mjereni su: pH, električna provodnost (EC_w), mutnoća, ukupna koncentracija ugljika (TC), koncentracija anorganskog ugljika (IC), koncentracija otopljenog organskog ugljika (DOC), kemijska potrošnja kisika (KPK), biološka potrošnja kisika (BPK₅), ukupno suspendirane čestice (TSS), kationa (Na⁺, Ca⁺, K⁺, Mg⁺), aniona (F⁻, Cl⁻, NO₃⁻, NO₂⁻, SO₄²⁻, PO₄³⁻), elemenata u tragovima, PO i mikrobiološka analiza.

Druga faza – RO/NF obrada MBR efluenta

- MBR efluent iz Perioda II (10 L) cirkulirao je kroz membransku jedinicu (Sepa CF II) protokom od 3 L min⁻¹
- Korištene su NF270, NF90 i XLE (Dow-Filmtec, SAD; MWCO od 100 do 300 Da; max. radna temperatura 45°C, max. radni tlak 41 bar, protok permeata od 96,78 do 150,93 L m⁻² h⁻¹)
- Ispiranje membrana demineraliziranom vodom (7 L), tlačna predobrada (15 bar; 1 h), obrada MBR efluenta pri 12 bar (3 h), pranje membrana demineraliziranom vodom (30 min)
- Provedena analiza MBR efluenta i RO/NF permeata kao i u prvoj fazi



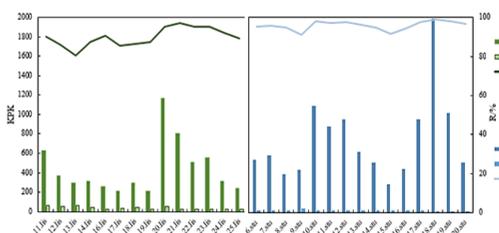
Slika 1. Shematski prikaz MBR-a



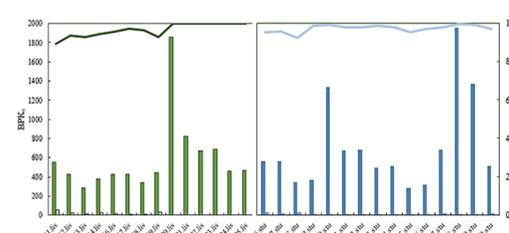
Slika 2. Shematski prikaz RO/NF uređaja

[REZULTATI]

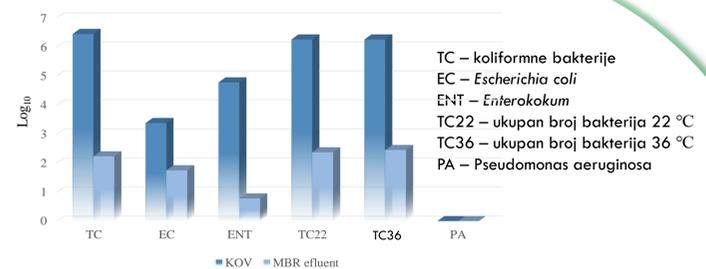
MBR obradom KOV-a postignuto je visoko smanjenje KPK, BPK₅ i mutnoće u iznosima većim od 91%, 95% i 99%, dok je smanjenje električne provodnosti bilo svega oko 19%.



Slika 3. Grafički prikaz KPK za Period I. (zeleno) i Period II. (plavo)



Slika 4. Grafički prikaz BPK₅ za Period I. (zeleno) i Period II. (plavo)



Slika 5. Broj bakterijskih indikatora u KOV-u i MBR efluentu

Dodatna obrada MBR efluenta s RO/NF membranama smanjila je DOC i KPK u iznosima 86% i 71%. Električna provodnost je dodatno smanjena – 55% s NF270, 94% s NF90 i 95% s XLE.

Tablica 1. Dobivene vrijednosti fizikalno-kemijskih značajki ulaza i permeata RO/NF za ispitivane membrane

	NF270			NF90			XLE		
	ulaz	permeat	R, %	ulaz	permeat	R, %	ulaz	permeat	R, %
DOC mg L ⁻¹	27,01	0,962	96,43	16,09	2,1338	86,74	17,42	2,1662	87,6
KPK mg O ₂ L ⁻¹	22,7	<5	>77,97	25,8	5,7	77,91	23,8	6,67	72
BPK ₅ mg O ₂ L ⁻¹	13	<4	>69,23	15	<4	>73,33	13	<4	>69,23
EC _w μS cm ⁻¹	1000	444	55,60	1083	69,7	93,56	1083	55,5	94,90

Tablica 2. Uklanjanje PO s MBR-om

PO (μg L ⁻¹)	Period I.			Period II.		
	KOV	MBR efluent	R (%)	KOV	MBR efluent	R (%)
Azitromicin	0,68±0,23	0,32±0,02	52,62	11,90±16,19	9,13±7,08	23,25
Eritromicin	0,044±0,062	0,06±0,09	-44,44	0,11±0,16	0,30±0,23	-167,95
Klaritromicin	6,08±3,74	1,56±1,14	74,25	1,54±0,22	0,43±0,06	71,87
Diklofenak	87,80±25,14	80,71±19,81	8,07	36,04±6,78	28,06±10,57	22,13
Imidaklopid	1,44±2,03	1,70±2,40	-18,07	n.d.	n.d.	-
Metiokarb	0,228	<LOQ	>99,9	n.d.	n.d.	-
Klotianidin	3,99±4,79	0,46±0,25	88,37	n.d.	n.d.	-
Acetamid	2,32±3,22	1,40±1,99	39,36	n.d.	n.d.	-
Tiametoksam	3,18±4,79	3,14±3,79	1,05	n.d.	n.d.	-
Oksadiazon	1,72±1,28	1,15±0,88	33,15	0,114	0,11	-
Trialat	0,29	<LOQ	>99,9	n.d.	n.d.	-

U Periodu II detektirani su samo azitromicin, klaritromicin i diklofenak čija je daljnja RO/NF obrada pokazala visoke vrijednosti uklanjanja (100% za NF90 i XLE i preko 76% za NF270).

[ZAKLJUČAK]

Ovisno o tipu membrane, prema EU smjernicama samo MBR-RO/NF permeat zadovoljava uvjete za uporabu u svrhu navodnjavanja, dok prema WHO smjernicama SAR i EC_w bi se trebao dodatno korigirati, zbog značajnijeg smanjenja električne provodnosti. Stoga se predlaže miješanje MBR efluenta i NF/RO permeata u omjeru 0,20:0,80 čime su zadovoljene i WHO i EU propisane vrijednosti.

[ZAHVALA]

Ovaj rad financiran je u sklopu Programa Vlade Republike Hrvatske za poticanje istraživačkih i razvojnih aktivnosti u području klimatskih promjena za razdoblje od 2015. do 2016. godine uz podršku Ministarstva znanosti i obrazovanja, Ministarstva zaštite okoliša i energetike, Fonda za zaštitu okoliša i energetska učinkovitost te Hrvatske zaklade za znanost, u sklopu projekta Izravna uporaba komunalne otpadne vode za navodnjavanje membranskim tehnologijama (ReHOMem) (PKP-2016-06-8522).