

Ekoremediacija – praktični primer v obratu predelave zelenjave

Ecoremediation – a case study in a vegetable processing plant

Anton PROSNIK^{1*}, Janez PETEK²

POVZETEK:

Obrat proizvaja odpadno vodo v predelavi vrtnin, gob in v proizvodnji zelenjavnih omak. Takšna voda je po sestavi heterogena in spreminjajočih pretokov. Obstoječo čiščenje v egalizacijskem bazenu z naknadnim usedalnikom in nevtralizacijo ni zadoščalo za doseganje predpisanih maksimalnih dovoljenih koncentracij za izpust v kanalizacijo. Pred rekonstrukcijo in dograditvijo čistilne naprave smo izvedli analizo dejanskega stanja, da smo ugotovili sestavo in maksimalne pretoke odpadnih vod iz vseh procesov (predelave kumar, gobic, rdeče pese, paprike in zelenjavnih omak), kar je bila osnova načrtovanja čistilne naprave.

Ugotovili smo, da polovico odpadne vode sestavlja hladilna voda, ki smo jo ločili od onesnažene. Pri odločanju o vrsti čistilne naprave smo se odločili za fizikalno – kemijsko predčiščenje z naknadnim čiščenjem v rastlinski čistilni napravi. Takšen način je zagotovil doseganje zahtevanih parametrov vode za izpust v kanalizacijo, nižje obratovalne in stroške naložbe. Sistem učinkovito obratuje že četrto leto in predstavlja vzoren način sonaravnega čiščenja odpadne vode onesnažene z organskimi odpadnimi snovmi in mu lahko rečemo ekoremediacijsko čiščenje odpadne vode v industriji.

KLJUČNE BESEDE:

Rastlinska čistilna naprava, ekoremediacija, predelava zelenjave, proizvodnja omak

ABSTRACT:

The production plant produces wastewater in the vegetable and mushroom canning process and in the vegetable souse process. Batch processes and various products are the main reasons for the changes in the wastewater composition and flow. The previous wastewater treatment system with the equalisation basin, settling and neutralisation had low treatment efficiency.

The retrofitting of the wastewater treatment plant (WWTP) started with the assessment phase where the composition and wastewater quantities were obtained (maximum, average and minimum) from the various processes such as the processing of cucumbers, mushrooms, beetroots, red pepper and vegetable sousses. Data obtained were the basis for the wastewater treatment design. The main results showed that nearly half of the wastewater consisted of cooling wastewater, which was separated and released into the environment without treatment. Regarding the legislation requirements and investment costs, the following wastewater treatment system were proposed and implemented: physical and chemical pre-treatment and treatment in the wetland treatment plant. After the implementation, all legislation requirements were fulfilled, and the investment and operating cost were decreased (compared to the traditional WWTP). The system has been operating efficiently for four years and it represents an example of the ecoremediation system in industry.

KEY WORDS:

Wetland treatment plant, Ecoremediation, Vegetable processing, Sousses production

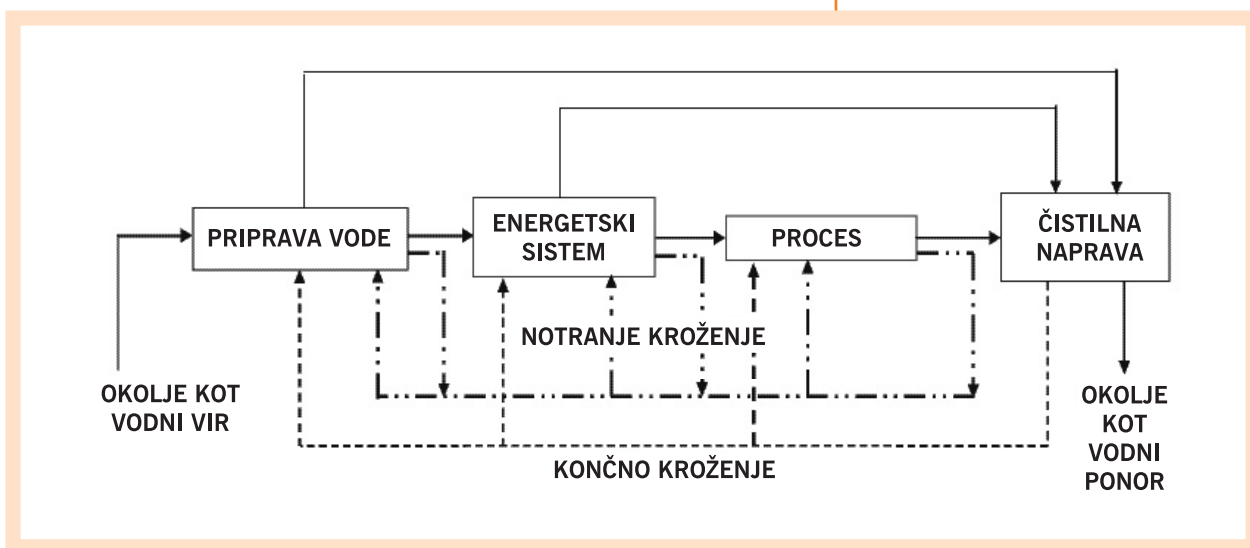
¹ Anton Prosnik
Izer, Slovenska cesta 40, SI - 2277
Središče ob Dravi, Slovenija
E-mail: tprosnik@siol.net

* korespondenčni avtor/corresponding author

² Janez Petek
Inštitut za sanitarno inženirstvo,
Zaloška cesta 155, SI - 1000 Ljubljana,
Slovenija
Institute of Occupational,
Food and Environmental Hygiene,
Zaloška cesta 155, SI - 1000 Ljubljana,
Slovenia

V industriji porabljamo vodo kot surovino, topilo ali nosilo energije (hladilno vodo in/ali paro). Vodo bodisi črpamo v lastnem črpališču kot podtalno ali površinsko vodo oz. jo kupujemo, npr. od komunalnega podjetja. V nekaterih primerih jo lahko pridobivamo tudi iz surovin, npr. pri proizvodnji sladkorja iz sladkorne pese. Pred uporabo vodo ustrezno pripravimo, nato jo vodimo skozi proces(e) in jo končno kot odpadno vodo odvajamo v čistilno napravo ali jo recikliramo ter vračamo v proces oz. odvajamo v okolje. Različne možnosti so prikazane na sliki 1 [1].

Krogotoki vode v industriji [1]



Običajno vse vode (neoččiščene in/ali delno očiščene) ne moremo vračati in porabljati v procesih oz. v druge namene. V teh primerih vodo čistimo v čistilni napravi. V zadnjih desetletjih so se uveljavile konvencionalne tehnike čiščenja odpadnih vod, ki vključujejo kombinacijo fizikalnega in kemijskega predčiščenja ter končnega biološkega čiščenja (aerobnega in anaerobnega s pridobivanjem bioplina), dodamo pa lahko še ravnanje z odpadnim muljem (koncentriranje v centrifugah ali prešah). V mnogih primerih, kljub uporabi najboljših razpoložljivih tehnik (BAT), nismo mogli doseči z zakonom predpisanih maksimalnih dovoljenih koncentracij (MDK) odpadnih snovi v vodi. Zato lahko, po zadnji biološki stopnji čiščenja (ali pa takoj po kemijskem predčiščenju), dodamo ti. zadržujočo laguno v več prekatih, kjer posnemamo naravno močvirje z visoko stopnjo samočistilne sposobnosti. Takšno napravo imenujemo rastlinska čistilna naprava, celotni sistem pa ekoremediacija.

V zadnjih desetletjih so se uveljavile konvencionalne tehnike čiščenja odpadnih vod, ki vključujejo kombinacijo fizikalnega in kemijskega predčiščenja ter končnega biološkega čiščenja (aerobnega in anaerobnega s pridobivanjem bioplina), dodamo pa lahko še ravnanje z odpadnim muljem (koncentriranje v centrifugah ali prešah).

OPIS OBRATA ZA KONZERVIRANJE ZELENJAVE IN PROIZVODNJO OMAK

Obrat za predelavo zelenjave in gob je pred rekonstrukcijo sistema za čiščenje odpadne tehnološke vode proizvajal naslednje produkte:

- gobice v kisu in slanici;
- ajvar;

- zelenjavo v kisu (kumare, papriko, rdečo peso, čebulček);
- drugo zelenjavo in koruzo.

Skupna letna proizvodnja je dosegala 3.500 t. Leta 2001 so dogradili novi obrat za proizvodnjo zelenjavnih omak (Worcester, ketchup, hren) v skupni kapaciteti 500 ton na leto. V obratu proizvajajo naslednje vrste odpadnih vod:

- hladilne odpadne vode;
- odpadne tehnološke vode;
- vode od pranja opreme in prostorov;
- sanitarno odpadno vodo.

Komunalno odpadno vodo so zbirali v septični jami, tehnološko v egalizacijskem bazenu. Od tu so obe odpadni vodi črpali v usedalnik. Po usedanju in nevtralizaciji je voda odtekala v kanalizacijo, mulj so odvažali v bližnjo komunalno čistilno napravo (KČN).

Podatki o količinah odpadnih vod

Pred širitvijo obrata so proizvedli okrog 30.000 m³/a odpadnih vod. Podrobnejši podatki so v tabeli 1.

Tabela 1:

Proizvedene količine odpadnih vod v letu 1999.

Vrsta odpadne vode	V/m ³
Voda, porabljena za proizvodnjo pare	1.844,0
Voda, porabljena za naliv	884,0
Hladilna voda	14.398,0
Voda, porabljena za razsoljevanje	943,6
Voda porabljena za pranje	10.488,0
Sanitarna voda	296,4
Voda za blanširanje	630,0
SKUPAJ	29.484,0

Iz analize potreb novega obrata za proizvodnjo zelenjavnih omak smo ugotovili 15.000 m³ dodatno potrebne tehnološke vode, največ kot hladilno in vodo za pranje, ki jo kot odpadno vodo proizvajajo izven sezone proizvodnje zelenjave in gob. Od skupne količine je 11.000 m³ hladilne odpadne vode in 4.000 m³ tehnološke odpadne vode.

Nova čistilna naprava bo torej obremenjena s 45.000 m³/a odpadne vode.

Iz analize proizvedenih količin odpadne vode po mesecih (tabela 2) sledi, da bo čistilna naprava najbolj obremenjena v poletnih mesecih.

Tabela 2:

Analiza proizvedene odpadne vode po mesecih za leto 1999.

Mesec	V/m ³	Število del. dni	Število izmen	q/(m ³ /dan)
Januar	858	20	1	42,9
Februar	655	19	1	34,5
Marec	848	22	1	38,5
April	564	16	1	35,3
Maj	466	16	1	29,1
Junij	1.640	19	2	79,0
Julij	7.308	28	2	130,5
Avgust	5.486	26	2	127,6
September	3.982	25	2	107,6
Oktober	4.329	23	2	117,0
November	2.213	21	1	105,4
December	1.135	15	2	66,8

Maksimalni pretoki in onesnaženost odpadne tehnološke vode

Tabeli 3 in 4 prikazujeta podatke o maksimalnih proizvodnostih, ki so bili osnova izračuna maksimalnih prostornin odpadne vode po produktih.

Tabela 3:

Maksimalni proizvodni čas po procesnih enotah pri proizvodnji kumaric.

KUMARICE	Založna kad	???	Krtačni pralnik	Avtom. polnilnik	Nalivalni stroj	Zapiralnik	Hladilna kad	Pranje del. pov.
t _{delovni} /h	751	454	1.314	900	1.224	203	6.008	431

Tabela 4:

Maksimalni proizvodni čas po procesnih enotah pri proizvodnji rdeče pese.

RDEČA PESA	Avtoklav	Avtoklav	Stroj za lupljenje	Nalivalnik	Zapiralnik	Hladilna voda	Pranje del. pov.
t _{delovni} /h	239	230	1.682	330	55	1.912	137

Izračunali smo, da je povprečni pretok odpadne vode iz proizvodnje kumaric 4,4 m³/h, oz. 70 m³/dan. Če upoštevamo maksimalno proizvodnjo tehnološke odpadne vode iz proizvodnje kumaric in pranje (istočasni izpust v kanalizacijo), znaša maksimalni pretok odpadne vode 11 m³/h.

Pri izračunu maksimalnega pretoka odpadne vode smo upoštevali naslednje postavke:

- za kuhanje rdeče pese v avtoklavu porabijo 4 m³ vode na šaržo (12 šarž v 16 urah);
- stroj za lupljenje rdeče pese porabi 7 m³/h vode;
- vakumski nalivalnik porabi 1,63 m³ vode na uro, letno obratuje 203 ure;
- zapiralnik porabi na uro 0,27 m³ vode, letno obratuje 203 ure.

Iz navedenega sledi, da je maksimalni pretok odpadne vode iz proizvodnje rdeče pese vključno s pranjem 10 m³/h.

Sproti so izvajali tudi kemijske analize odpadnih vod bodisi v lastnem laboratoriju oz. od pooblaščen organizacije v okviru monitoringa odpadnih vod.

Podatki so v tabelah 5 in 6.

Tabela 5:

Lastnosti odpadne vode pred vtokom v čistilno napravo (mešanica tehnološke in hladilne odpadne vode).

	T (°C)	pH	Usedljivost (mL/L)	Nerazt. snovi (mg/L)	γ(KPK) (mg/L)	γ(KPK5) (mg/L)
RDEČA PESA						
1	25,0	6,13	24,0	1.289	1.335	970
2	26,0	4,25	3,5	898	2.790	1.625
1	23,5	6,80	34,0	782	2.893	1.550
2	27,0	4,21	4,2	954	2.485	1.400
KUMARICE						
1	35,5	6,7	2,2	78	397	260
2	22,0	6,41	0,8	84	729	640
1	25,0	4,40	0,5	214	1.434	375
2	23,0	6,61	0,8	594	508	470
PAPRIKA FILETI						
1	25,0	6,63	0,1	82	785	590
2	21,5	6,48	0,4	168	751	590
1	20,0	5,80	8,0	608	1.420	1.175
2	23,0	5,32	0,8	171	522	490
AJVAR						
1	22,0	4,99	8,0	753	2.622	1.525
2	23,0	4,66	0,9	416	2.031	1.125

Tabela 6:

Obremenjenost odpadne tehnološke vode na iztoku v kanalizacijo pred rekonstrukcijo.

	T (°C)	pH	Neraztopljene snovi (mg/L)	Usedljivost (mL/L)	γ(BPK) (mg/L)	γ(BPK5) (mg/L)
KUMARICE	25	7,20	70	0,7	443	255
RDEČA PESA	27	5,70	196	3,5	1.275	775
SLADKI FEFERONI	21	6,90	14	3,0	475	326
ŠAMPINJONI in PEKOČI FEFERONI	30	7,02	102	0,0	449	265
AJVAR	22	6,76	30	3,5	494	285
SLADKA KORUZA	27	6,96	344	1,7	695	395
GOBICE V OLJU	15	7,46	198	2,5	773	500
ŠAMPINJONI	21	7,51	146	3,7	362	232

Tabela 6 torej prikazuje lastnosti skupne odpadne vode (hladilne in vseh tehnoloških vod). Z ločitvijo hladilne vode smo predvidevali, da bodo vrednosti, merjene na skupni odpadni tehnološki vodi skupaj s sanitarno vodo za približno dvakrat višje. Zato so po analizi tehnoloških procesov z dodatnimi ukrepi predvidena zmanjšanja obremenjenosti. Obenem smo tudi upoštevali obdobja, ko ne proizvajajo odpadne tehnološke vode, kar je letno 20 dni.

Ugotovili smo različne dejavnike, ki vplivajo na lastnosti odpadne vode:

A) Raznolikost surovin

Ker proizvodni program obsega vrsto različnih surovin, ob različnih časih in v različnih kombinacijah, npr. sveže (kumarice, papriko, feferone, rdečo peso, gobe, zelje, korenček), v obliki kisanih polizdelkov (kisane-ga zelja in repe), kot marinade (slano kisle nalive, feferone), v slanici (gobe, kapre, oljke), zamrznjene (koruzo, grah), v obliki koncentrata (paradižnika) in sušene surovine (hren).

B) Raznolikost v obremenjenosti

Vsaka surovina ima specifične lastnosti in v tehnološkem procesu nastaja značilna odpadna voda, ki je edinstvena po sestavi in obremenjenosti. Posebej omenimo predelavo rdeče pese, ki proizvede velike količine močno onesnažene vode. Poseben problem predstavljajo nekateri polizdelki, predvsem slanice, ki so praviloma visoko koncentrirane (10 % do 20 %), njihova odpadna voda lahko popolnoma poruši pH odpadne vode v egalizacijskem bazenu.

C) Raznolikost po količini

Pri analizi pretokov odpadne tehnološke vode smo upoštevali dve značilnosti:

- maksimalne pretoke v obratovalnih dnevih, predvsem po zaustavitvi procesa, ko poteka čiščenje;
- sezonsko obremenitev, ki je povezana z vegetacijsko dobo svežih surovin.

V poletnih mesecih poteka predelava vrtnin iz sveže surovine v dveh ali celo treh izmenah, kar pomeni dodatno porabo vode za pranje in s tem stalno visoke pretoke tako odpadne vode iz procesa kot iz čiščenja. Izven sezone oz. 20 % delovnih dni tehnološke odpadne vode ne proizvajajo.

Z ločitvijo hladilne od ostale tehnološke vode smo pretok odpadne vode za polovico znižali, povečali pa koncentracijo snovi v odpadni vodi za 100 %.

DOLOČITEV TEHNOLOGIJE ČIŠČENJA ODPADNE TEHNOLOŠKE VODE

Analiza dejanskega stanja, določitev maksimalnih pretokov in sestave odpadne vode so bile osnove za določanje načina oz. tehnologije čiščenja odpadne vode. Proučevali smo naslednje možnosti čiščenja:

- fizikalno-kemijsko čiščenje;

Z ločitvijo hladilne vode smo predvidevali, da bodo vrednosti, merjene na skupni odpadni tehnološki vodi skupaj s sanitarno vodo za približno dvakrat višje.

Z ločitvijo hladilne od ostale tehnološke vode smo pretok odpadne vode za polovico znižali, povečali pa koncentracijo snovi v odpadni vodi za 100 %.

Analiza dejanskega stanja, določitev maksimalnih pretokov in sestave odpadne vode so bile osnove za določanje načina oz. tehnologije čiščenja odpadne vode.

- fizikalno-kemijsko predčiščenje z naknadnim biološkim čiščenjem;
- fizikalno-kemijsko predčiščenje z naknadnim čiščenjem v biološki čistilni napravi.

Glede na pričakovane spremembe zakonodaje o omejevanju in preprečevanju onesnaževanja okolja (pričakovane vedno nižje maksimalne dovoljene koncentracije odpadnih snovi za izpust v okolje), stroške naložbe in razpoložljiv prostor, smo se odločili za naslednjo tehnologijo čiščenja:

- fizikalno-kemijsko predčiščenje (uravnavanje pH, nevtraliziranje in flotacijo);
- uravnavanje sestave odpadne vode po fizikalno-kemijskem predčiščenju pred biološkim čiščenjem;
- končno čiščenje odpadne vode v rastlinski čistilni napravi (RČN).

Ker je bil eden od pogojev fizikalno - kemijskega predčiščenja izbira takšne tehnologije, ki bi omogočala uporabo obstoječih septičnih jam in podtalnih betonskih rezervoarjev ter zgradbe ob minimalnem izkoristku predčiščenja od 40 % do 60 %, smo izbrali tehnologijo fizikalno-kemijskega predčiščenja nizozemskega dobavitelja Nijhuis Water Technology.

Opis tehnologije čiščenja

Sanitarna odpadna voda

Sanitarno odpadno vodo, ki jo vodijo s fekalnim kanalizacijskim sistemom, zbirajo v tri prekatni septični jami, kjer poteka usedanje snovi in izločanje maščob, delna anaerobna razgradnja odpadnih snovi in delna presnova maščob. Iz tretjega prekata voda skupaj s prečiščeno tehnološko odpadno vodo teče na biološko čiščenje na rastlinskem čistilnem polju. Usedlo odpadno blato iz tri prekatne greznice odvaža pooblaščen odstranjevalec v KČN.

Tehnološka odpadna voda

Tehnološka odpadna voda po tehnološki kanalizaciji teče v črpališče. Iz črpališča odpadno vodo s centrifugalno črpalko črpajo na rotacijsko sito. Izločeni trdni delci po koritu drsijo v zbiralnik, ki jih skupaj z ostalimi trdnimi organskimi odpadki iz proizvodnje oddajajo pooblaščenemu podjetju za kompostiranje.

Odpadna voda po čiščenju na rotacijskem situ teče v vmesno črpališče, od koder jo črpajo na flotacijsko napravo. Pred vtokom v flotacijo uravnajo pH vrednost in dodajo sredstvo za izboljšanje flotacije. V flotacijski napravi se voda zmeša s flokulantom, nastajajoči delci se skupaj z zračnimi mehurčki dvignejo na površino, posnemala jih potisnejo v ustrezni zbiralnik. Flotat po tračnem transporterju odvajajo v zbiralnik in ga oddajajo pooblaščenemu podjetju v nadaljnjo predelavo.

Usedline iz flotacijske naprave občasno črpajo v črpališče odpadne vode, od tu pa na ponovno čiščenje. Delno očiščena voda s flotacijske naprave skupaj z odpadno sanitarno vodo teče na biološko čiščenje na rastlinsko čistilno polje.

Ker je bil eden od pogojev fizikalno-kemijskega predčiščenja izbira takšne tehnologije, ki bi omogočala uporabo obstoječih septičnih jam in podtalnih betonskih rezervoarjev ter zgradbe ob minimalnem izkoristku predčiščenja od 40 % do 60 %, smo izbrali tehnologijo fizikalno-kemijskega predčiščenja nizozemskega dobavitelja Nijhuis Water Technology.

Rastlinska čistilna naprava za biološko čiščenje tehnološke odpadne vode

Uporaba teh načinov se je po končani gradnji in poskusnem obratovanju izkazala kot učinkovita, predvsem zaradi naslednjih dejstev:

A) Dinamika pretoka odpadne vode in spreminjanje koncentracije snovi v odpadni vodi (je izrazito sezonskega značaja) sovпада z vegetacijo oz. povečano evapotranspiracijo od julija do novembra in viri onesnaženja (vode iz pranja tehnoloških površin, pranja in toplotne obdelave vrtnin).

Novi proces proizvodnje zelenjavnih omak poteka izven sezone vrtnin in z minimalnimi emisijami vode (predvidena maksimalna obremenitev ČN je do 5 m³/h), ki nastopa z močnejšim onesnaženjem, predvsem ob koncu obratovalnega dneva (neodvisno od proizvedenih količin produktov).

B) Sistem ima znatne puferske sposobnosti

- Puferska sposobnost glede spreminjanje pretokov. V času nizkih pretokov odpadne tehnološke vode RČN brez škode „miruje“, za vzdrževanje sistema niso potrebni posebni ukrepi (20 dni - 30 dni v letu vtoka ni ali je minimalen). S zagonom predelave se pretok hitro poveča. RČN omogoča ublažitev s prostornino zadrževanja 300 m³.
- Glede na vrsto onesnaženja. Zaradi rezerve prostornine RČN brez škode ublaži velike spremembe koncentracij. Obenem je mogoče redčiti vodo z odpadno vodo proizvodnje slanic.
- Zanesljivost in varnost. Zadrževanje vode v RČN preprečuje in ublaži velika nihanja v lastnostih vode tudi takrat, ko RČN ne deluje.

C) Odpadni produkti. Rastlinska biomasa je odlična surovina za kompostiranje. Produkti čiščenja so biološko razgradljivi ter ne predstavljajo dodatne obremenitve okolja. Substrat je gramoz, ki ga je mogoče reciklirati. Ob razgradnji je ostanek samo polietilenska folija visoke gostote (PEHD) in cevje. Površino RČN (1.500 m²) je po odstranitvi polnila mogoče spet zatraviti.

D) Obratovanje in vzdrževanje. Za obratovanje RČN ne porabljajo dodatne energije. Pretok ročno regulirajo in prilagajajo dinamiki proizvodnje. Vzdrževalna dela so: enkrat letno košnja in odvoz biomase, ki je prvovrstna surovina za kompostiranje. Projektirani maksimalni letni obratovalni stroški celotne čistilne naprave znašajo največ 20.000 EUR (dejansko doseženi so 6.300 EUR/a).

E) Stroški naložbe. Ob odločanju so stroški naložbe na prvem mestu. Stroški izgradnje RČN so nižji kot za ostale vrste čistilnih naprav. Stroški naložbe RČN vključno z infrastrukturo (kanalizacijo in kompenzacijskim bazenom) so dosegli 96.000 EUR. Skupaj s sistemom fizikalno-kemijskega predčiščenja celotna naložba ni dosegla zneska 200.000 EUR. Stroški naložbe klasične čistilne naprave s fizikalno-kemijskim predčiščenjem in naknadnim biološkim aerobnim čiščenjem z aktivnim blatom, bi znašali 420.000 EUR.

F) Nadzor in izkušnje. V obratu so bili na razpolago ustrezni kadri za nadzor nad obratovanjem ČN in RČN. Glede na že pridobljene izku-

Rastlinska biomasa je odlična surovina za kompostiranje.

Produkti čiščenja so biološko razgradljivi ter ne predstavljajo dodatne obremenitve okolja.

Stroški izgradnje RČN so nižji kot za ostale vrste čistilnih naprav.

šnje z obstoječo ČN in pilotno RČN smo predvideli dodatnih 30 ur tedensko za strokovni nadzor nad delovanjem, kar so zagotovili z obstoječimi kadri.

Opis rastlinske čistilne naprave

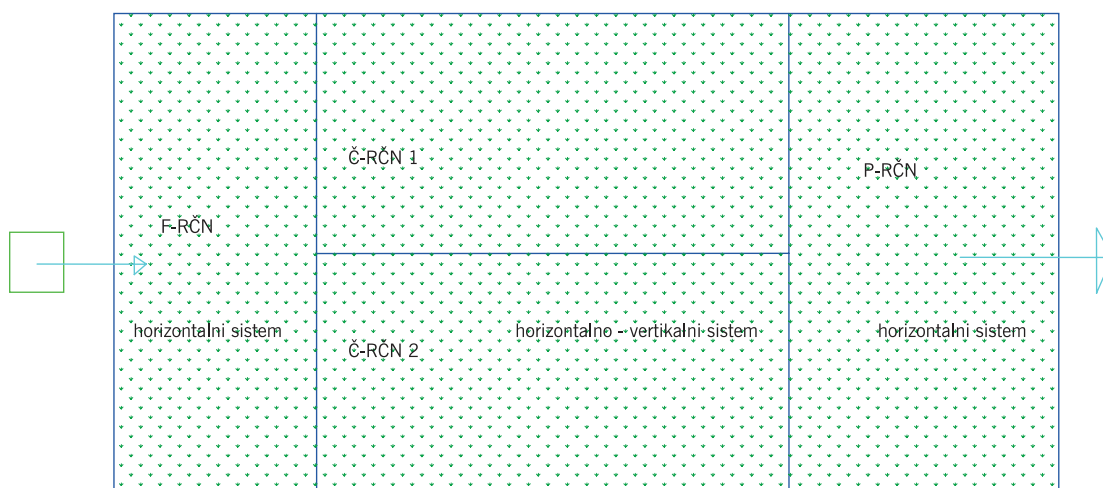
Za rastlinsko čistilno napravo (čistilno polje) izkopljeemo bazen, stene obložimo z nabito plastjo gline debeline 5 cm do 10 cm. Na tako pripravljeno podlago položimo PEHD folijo debeline 2 mm in jo zaščitimo s tkanino plosčinske gostote 400 g/m². Korito mora biti nepropustno za vodo in folija zaščitena pred mehanskimi poškodbami. Stene bazena so iz nabite zemljine in so dvignjene 0,5 m nad gladino bazena, prekrite s humusom in zatravljene. Do čistilne naprave in po nabrežinah je urejena pot iz betonskih plošč (500 mm x 500 mm x 50 mm).

Bazen je razdeljen na štiri čistilna polja, ki se v kaskadah spuščajo od vtoka proti iztoku [2]. Nagibi v vzdolžni in prečni smeri so 0,5 %. Funkcijsko so grede razdeljene na filtrirno, čistilno in polirno gredo. Polja so tako dimenzionirana, da omogočajo zadrževanje vode do 4 dni glede na predvideno dnevno količino do 80 m³ odpadne vode.

Substrat v čistilnih poljih je mešanica gramoza (frakcije 0,3 mm – 3 mm, 4 mm – 8 mm, 8 mm – 16 mm, 16 mm – 30 mm). Debelina nasutja gramoza je 750 mm – 800 mm. Površino zasadimo z rastlinami tiste vrste, ki so značilne za določeno področje (5 do 10 sadik po m²). Dovodni cevovod iz PEHD je dolžine 75 m, premera 160 mm in je vkopan v nasip (zaradi zaščite pred zmrzovanjem). Višinska razlika med vtokom in iztokom v čistilni napravi je 1,875 m. Drenažne cevi za vtok in iztok vode v ČN (uporabljene cevi PEHD) so tako nameščene, da je mogoča regulacija pretoka in smeri toka. Ob vtokih in iztokih na posameznih poljih so nameščeni čistilni jaški s pokrovi.

Regulacije pretokov v posameznih poljih so opremljene z ventili (iz nerjavnega jekla ali umetne mase). Regulacija smeri toka (horizontalni, vertikalni) je urejena s posebnim jaškom na prehodu iz filtrirnega v čistilna polja. Prečiščena voda na koncu teče v kontrolni jašek (premera 800 mm, pokritega z lito železnim pokrovom 600 mm x 600 mm).

Slika 2:
Shema rastlinske čistilne naprave [2].



Iztok v skupno kanalizacijo poteka po kanalih za "odvod meteorne vode" (premera 200 mm) in se vključuje na obstoječo meteorno kanalizacijo na višinski koti 1,370 m.

Shema rastlinske čistilne naprave za čiščenje odpadne vode iz živilsko-predelovalne industrije je na sliki 2.

Opis procesa čiščenja v rastlinski čistilni napravi

Čistilno polje je zgrajeno z ustreznim nagibom, da voda pronica skozi propustni medij (gramoz različnih granulacij) od vtoka proti iztoku. Od okolja je bazen ločen z nepropustno plastjo (PEFD folijo). Rastlinsko čistilno polje posnema samočistilne sposobnosti narave. V procesu sodelujejo poleg višjih rastlin (trstike) tudi značilni mikro in drugi organizmi. Na iztočnem delu je revizijski jašek, kjer pred iztokom v kanalizacijo izvajajo redno kontrolo prečiščene vode.

Čistilno polje je tako dimenzionirano, da je za vsako priključeno enoto onesnaženja (EO) predvideno 3 m² površine. Zadrževalni čas vode je od 3 dni – 5 dni. Upravljanje RČN zajema planiranje in ročno regulacijo pretokov skozi posamezne grede glede na vtok. Nadzor je občasen. Za upravljanje in vzdrževanje rastlinskega čistilne naprave je potrebno, poleg dnevnega nadzora in krmiljenja pretokov, občasnega čiščenja cevi, še enkrat na leto košnja in odstranitev rastlinske mase.

ZAKLJUČEK

Načrtovanje čistilne naprave je zahteven proces in vključuje naslednje faze: vodno in/ali masno bilanco vseh obratov, da dobimo maksimalne, povprečne in minimalne pretoke in sestavo odpadne vode, proučitev možnosti zniževanje porabe in proizvodnje odpadne vode, možnosti ločevanja, regeneracije, recikliranja in ponovne uporabe vode (internega kroženja). Na ta način najprej znižamo količino in povečamo koncentracijo odpadne vode, v obstoječih obratih izvedemo še potrebne meritve pretokov, sestave in koncentracij snovi v odpadni vodi (oz. uporabimo meritve obratovalnega monitoringa). Če v obratu potekajo šaržni procesi in/ali nastajajo velika nihanja v sestavi in koncentraciji odpadne vode (kar je običajna praksa v slovenski industriji), potem proučimo še velikost zadrževalnih (egalizacijskih) rezervoarjev, kar nam omogoča dodatno znižanje kapacitete čistilne naprave in s tem investicijskih ter obratovalnih stroškov. Ko zberemo navedene podatke, znižamo količine in koncentracije strupenih snovi, se odločimo o načinu čiščenja odpadne vode. Na voljo imamo fizikalno predčiščenje, kemično in biološko čiščenje. Vsaka naslednja faza čiščenja odpadne vode zahteva ustrezne lastnosti vode, ki jo mora zagotoviti predhodna faza. Biološko čiščenje (aerobno in/ali anaerobno) je drago in se mu da izogniti z vgradnjo bolj sonaravnega končnega čiščenja odpadne vode, ki posnema naravne procese v okolju (močvirja); to je rastlinska čistilna naprava. Prednosti takšnega čiščenja (ki jo imenujemo tudi ekoremediacija) je v nizkih investicijskih ter zanemarljivih obratovalnih stroških.

V opisanem primeru smo se odločili za kombinacijo fizikalno-kemijskega predčiščenja z naknadnim čiščenjem v rastlinski čistilni napravi. Upora-

Upravljanje RČN zajema planiranje in ročno regulacijo pretokov skozi posamezne grede glede na vtok. Za upravljanje in vzdrževanje rastlinskega čistilne naprave je potrebno, poleg dnevnega nadzora in krmiljenja pretokov, občasnega čiščenja cevi, še enkrat na leto košnja in odstranitev rastlinske mase.

V opisanem primeru smo se odločili za kombinacijo fizikalno-kemijskega predčiščenja z naknadnim čiščenjem v rastlinski čistilni napravi.

Slika 3:

Izgradnja rastlinske čistilne naprave za čiščenje odpadne vode iz živilsko-predelovalne industrije v Središču ob Dravi (Vir: Arhiv LIMNOS).



Naveden primer nazorno kaže, da je mogoče zagotoviti zahtevane parametre odpadne vode za izpust v okolje tudi s kombinacijo predčiščenja in naknadnim čiščenjem v RČN.

bili smo obstoječi kanalizacijski sistem vključno z izravnalnimi rezervoarji ter obstoječo zgradbo, v katero smo vgradili fizikalno-kemično čistilno napravo. S tem smo znižali investicijske stroške in zagotovili zahtevane parametre odpadne vode za čiščenje v rastlinski čistilni napravi.

Rastlinska čistilna naprava obratuje že četrto leto. Analize odpadne vode na iztoku iz RČN so pokazale, da dosegajo vse parametre zahtevane z okoljevarstveno zakonodajo. RČN je postavljena na nekdanji zelenici ob tovarni in je postala del zelenice, saj danes trstičje prekriva celotno površino (slika 3).

Z RČN upravlja ena oseba iz službe kakovosti. Čiščenje in gospodarjenje z vodo je vključeno v osnovna tehnološka navodila kot del tehnološkega procesa.

Naveden primer nazorno kaže, da je mogoče zagotoviti zahtevane parametre odpadne vode za izpust v okolje tudi s kombinacijo predčiščenja in naknadnim čiščenjem v RČN. Takšen način čiščenja je priporočljiv za tiste vode, ki niso obremenjene s strupenimi snovmi anorganskega izvora. Takšne čistilne naprave je možno vgraditi v prehrambeni, mesno-predelovalni industriji, živinoreji, pa tudi za čiščenje komunalne odpadne vode, npr. za manjša naselja in celo za individualna gospodinjstva. Znanje so tudi uspešne uporabe za čiščenje izcednih vod odlagališč odpadkov in odpadnih vod iz prometnic.

LITERATURA

- [1] Petek J. Praktični primeri recikliranja napajalnih in tehnoloških vod. Tehnološke napajalne vode 2002: zbornik predavanj; Podčetrtek 28. – 29. november. Ljubljana: Zavod za tehnično izobraževanje, 2002: 65-71.
- [2] Bulc T., Vrhovšek D., Zupančič M. Idejno tehnološki projekt rastlinske čistilne naprave RČN – Droga Gosad. Ljubljana: Limnos d.o.o., 2001.