

IZKUŠNJE PTUJSKE ČISTILNE NAPRAVE – VODNOGOSPODARSKA IN EKOLOŠKA PROBLEMATIKA

EXPERIENCES OF PTUJ WWTP – WATER MANAGEMENT AND ECOLOGICAL PROBLEMS

prof. dr. Mitja Rismal, univ. dipl. inž. grad.
Barjanska ul, 68, Ljubljana

Strokovni članek
UDK 57:628.32(497.4Ptuj)

Povzetek | Članek obravnava načrtovanje in izgradnjo čistilne naprave na Ptuj z zmogljivosti 105.000 PE s III. stopnjo čiščenja odpadnih voda, ki je bila zgrajena zaradi spremembe naravnega vodnega režima Drave med Ptujem in Ormožem in jo je povzročila izgradnja HE Formin. Za pogon čistilne naprave je bila namesto 180 kW električne moči iz možne lastne proizvodnje bioplina predvidena na jezu HE Formin v Markovcih izgradnja cenejše male HE s 3000 kW neizkoriščene vodne moči pretoka za zagotavljanje biološkega minimuma v spodnji Dravi.

Ključne besede: biološke čistilne naprave za odpadne vode

Summary | The paper describes the design and construction of the 105,000 PE WWTP of the city Ptuj with step III purification, which was built due to the changes of the Drava river natural regime between Ptuj and Ormož by the new constructed Formin hydroelectrical power station. To run the plant, instead of a biogas plant for the production of electricity with the power of 180 kW, a cheaper 3,000 KW hydro power plant was built on the nearby water dam of the HPS Formin.

Key words: WWTP wastewater treatment plants

1 • UVOD

Čistilna naprava na Ptuj (slika 1) z odplakami klavnice Perutnine in tedanje prašičje farne v Dražencih z visoko koncentracijo BPK5 in amonija je bila načrtovana in zgrajena konec sedemdesetih in na začetku osemdesetih let prejšnjega stoletja zaradi spremembe naravnega režima reke Drave med Ptujem in Ormožem, ki ga je povzročila izgradnja nove HE Formin.

Za jezo na Dravi v Markovcih je nastalo Ptujsko jezero (slika 2). Glavni tok Drave je bil speljan po umetnem energetskem kanalu na HE Formin (slika 3), preostanek Drave za zagotavljanje biološkega minimuma pa preko jezu v Markovcih v staro naravno korito Drave.

Čistilna naprava je bila zasnovana za izgradnjo v dveh etapah. Za prvo etapo zmogljivosti 105.000 PE je bil zgrajen biološki reaktor 20.000 m³ prostornine za simultano nitrifikacijo in denitrifikacijo efluenta po konceptu Carousel (vrtljak) brez primarne sedimentacije in anaerobne stabilizacije blata. Podobna rešitev je bila uporabljena na približno še enkrat večji napravi Zwijndrecht za 200.000 PE na Nizozemskem (slika 4).

Namesto objektov za pogon čistilne naprave z lastnim bioplinom je bila načrtovana cenejša, mala HE na jezu v Markovcih s 3000 kW vodne moči, ki je izkoriščala vodo za zagotavljanje biološkega minimuma v spodnji Dravi. Za povečanje čistilne naprave na 160.000 PE v

drugi etapi je bila k reaktorju 20.000 m³ Carousel, podobno kot pri čistilni napravi Borken v Nemčiji (rdeči objekti na sliki 5), predvidena dograditev primarne sedimentacije in anaerobnih reaktorjev za izrabo 270 kW električne moči iz v njih pridobljenega bioplina (slika 3). Tako bi v končni fazi izkoristili vso razpoložljivo obnovljivo energijo. Najprej več cenejše vodne energije in v drugi etapi bioplin.

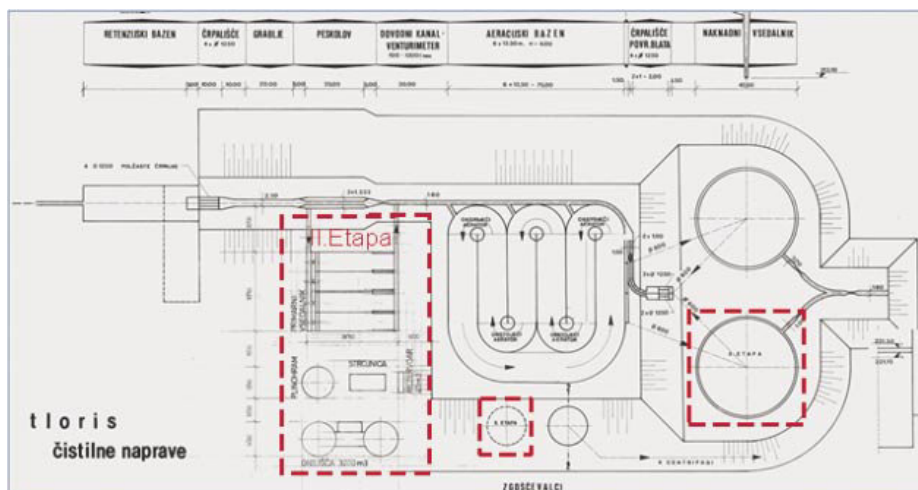
V primerjavi s tedaj grajenimi visoko obremenjenimi napravami z anaerobno stabilizacijo blata in bioplinom je imela ptujška naprava naslednje lastnosti:

1. amesto visoko obremenjene naprave z 1,2 kgBPK5/m³ in zato potrebno anaerobno stabilizacijo blata ter v prvi etapi možno proizvodnjo bioplina s 180 kW električne moči je bila izbrana čistilna naprava brez proizvodnje bioplina, s štirikrat nižjo

obremenitvijo $0,3 \text{ kgBPK5/m}^3$ aerobno-anoksičnega reaktorja prostornine 20.000 m^3 za nitrifikacijo in denitrifikacijo efluenta. Izbrana naprava je manj obremenjena in ima višjo stopnjo čiščenja BPK.5. Dokončna stabilizacija in higienizacija blata pred razvozom na kmetijske površine pa je bila predvidena na sušilnih gredah oziroma na kasneje načrtovanih depojskih bazenih.

Z izgradnjo primarnih usedalnikov z anaerobnimi reaktorji bi v prvi etapi ptujske čistilne naprave za 105.000 PE z izrabo bioplina od potrebnih 315 kW za pogon čistilne naprave pokrili le 180 kW , v drugi etapi za 160.000 PE pa od potrebnih 480 kW le 270 kW .

2. V neposredni bližini čistilne naprave pa se je na jezu HE Formin v Markovcih v spodnjo Dravo neizkoriščeno izgubljala vodna moč 2000 do 3000 kW biološkega minimuma $Q_{\text{min pozimi}} = 20 \text{ m}^3/\text{s}$ in $Q_{\text{min poleti}} = 30 \text{ m}^3/\text{s}$, s katero je bilo mogoče pokriti potrebe prve



Slika 1 • Ptujška čistilna naprava je bila po projektih avtorja članka v letih 1977–1979 načrtovana za izgradnjo v 2 etapah. Za prvo etapo je bil predviden aerobno-anoksični biološki reaktor za nitrifikacijo in denitrifikacijo efluenta zmogljivosti 105.000 PE . Za pogon prve in druge etape čistilne naprave je bila načrtovana mala HE na jezu v Markovcih (sliki 3 in 7) z zmogljivostjo 2000 do 3000 kW . Višek energije od porabe v prvi etapi 315 kW in v drugi etapi 450 kW pa bi oddali v omrežje. V načrtu za drugo etapo predvidena možnost izgradnje primarnih usedalnikov in anaerobnih reaktorjev, za izrabo 270 kW iz bioplina pa je bila prepuščena kasnejši odločitvi glede na takrat veljavno ceno energije



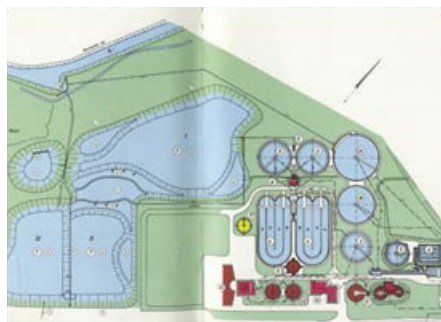
Slika 2 • Zajezena Drava s Ptujem



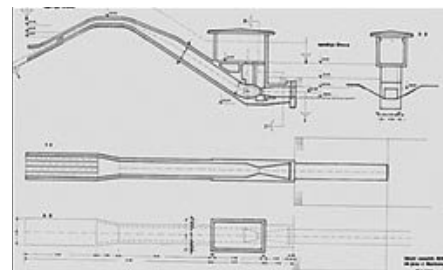
Slika 3 • Jez HE Formin s spodnjo Dravo in energetskim kanalom do HE Formin. Mala HE, po predlogu projektanta, pa so končno (levo do jezu) po mnogih letih le zgradili



Slika 4 • Čistilna naprava, 200.000 PE , Zwijndrecht na Nizozemskem z nitrifikacijo in denitrifikacijo brez anaerobnih reaktorjev



Slika 5 • Čistilna naprava Borken v Nemčiji z nitrifikacijo in denitrifikacijo ter anaerobno stabilizacijo biološkega blata, kakršna je bila predvidena pri ptujski napravi v drugi faz



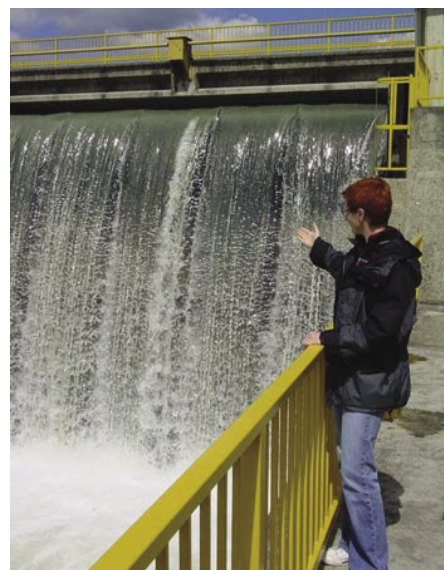
Slika 6 • Načrt male HE 3000 kW na jezu v Markovcih. Namesto zapornice je predvidena natega z ventilom na temenu za njeno ozračje in za odzračje z ejektorjem

in druge etape načrtovane čistilne naprave, za oddajo v omrežja pa bi ostalo še 1500 do 2500 kW).

Za pogon prve in druge etape čistilne naprave je bila izbrana ta energetska in ekonomsko ugodnejša uporaba še neizkoriščene vodne energije na jezu v Markovcih. Dograditi je bilo treba le strojno male HE s ca. 100 m dolgim tlačnim cevovodom v obliki natege. Cena je bila manjša od objektov in naprav za lastno proizvodnjo bioplina, pridobljena moč 3000 kW vodne turbine pa 10 krat večja od plinskega motorja 270 kW druge etape čistilne naprave.

Izgradnja primarnih usedalnikov z anaerobnimi reaktorji za pridobivanje bioplina, ki bi pomenila polno izrabo obeh vrst obnovljive energije, je bila prestavljena v čas izgradnje druge etape.

3. Posebnost tega projekta je bila tudi aeracija odpadne vode z vodnimi slapovi, gnanimi s 4-propellerskimi črpalkami Jugoturbine po 80 kW ($H_g = 1,5$ m in $Q_g = 4,0$ m³/s). Petega aeratorja s propellersko črpalko, ki je bil načrtovan za rezervo in za II. Etapo, še niso vgradili. Rešitev je dobila celo priznanje tedanje Zveze za varstvo okolja SFRJ. Podatki o tem so v arhivu Komunalnega inženiringa na Zavodu za urbanizem v Mariboru in deloma v arhivu IZH FGG. Druga posebnost pa je morda izgradnja za slovenske razmere tedaj največjega, ca. 700 m dolgega sifona pod Dravo za odvod odpadne vode z levega brega do čistilne naprave na desnem bregu Drave.



Slika 7 • Energetski jez v Markovcih z minimalnim biološkim pretokom v spodnjo Dravo (pozimi 20,0 m³/s, poleti 30,0 m³/s)

2 • PORUŠITEV POLOVICE ZGRAJENE ČISTILNE NAPRAVE ZA DENITRIFIKACIJO IN IZGRADNJA OBJEKTOV ZA LASTNO PROIZVODNJO BIOPLINA

Rezultati čiščenja zgrajene naprave so ustrezali tedanjim predpisom, čeprav je odvečno biološko blato namesto v načrtovane depoijske bazene odtekalo kar v Dravo, ker teh bazenov sploh niso zgradili. Problem je nastal, ko se je na enem od štirih aeratorjev pokvaril reduktor in je koncentracija kisika v biološkem bazenu padla pod dopustno mejo. Iz čistilne naprave pa se je začel v okolico širiti smrad.

Pokvarjenega reduktorja niso popravili, ampak so po napotilu novih projektantov, ki so opisanemu projektu čistilne naprave nasprotovali, z namenom zmanjšati porabo kisika, polovico biološkega reaktorja enostavno porušili. Štiri vgrajene aeratorje so zamenjali z 8 aeracijskimi turbinami manjše zmogljivosti (sliki 8 in 9). Za porušitev reaktorja prostornine 10.000 m³ za denitrifikacijo ni bilo nobenega

razloga, saj za denitrifikacijo, z izjemo za gibanje vode, ni potrebna energija.

Namesto načrtovane male HE na jezu v Markovcih z močjo 3000 kW pa so zgradili primarne usedalnike in dva anaerobna reaktorja s plinskim motorjem, ki lahko v prvi etapi pokrije 180 kW, v drugi z dograditvijo še tretjega anaerobnega reaktorja pa 270 kW (slika 10).

Čistilna naprava za 105.000 PE z nitrifikacijo in denitrifikacijo efluenta je danes, po predpisu ES, obvezna. Pri 3 kW/1000 PE porabi na leto 2,76 GWh.



Slika 8 • Porušena in za več kot polovico zmanjšana zmogljivost zgrajene čistilne naprave brez denitrifikacije. Vgrajene propellerske črpalke so zamenjali s 4 aeracijskimi turbinami polovične zmogljivosti



Slika 9 • Rekonstrukcija prvotno načrtovane in zgrajene naprave. Z opustitvijo anoksičnega reaktorja – črnega dela na sredini – so prvotno prostornino biološkega reaktorja zmanjšali na polovico

Ker načrtovane male HE na jezu v Markovcih niso zgradili, je ostalo pri lastni ceni vodne energije 0,118 EUR/ kWh na leto neizkoriščeno 17,52 GWh/ v vrednosti 2,067.360 EUR. Z energijo 600 GWh, vredno 70,290.240 EUR, bi v 34 letih čistilno napravo in malo HE odplačali že pred leti.



Slika 10 • Namesto male HE z močjo 2000 do 3000 kW v Markovcih so za 180 kW zgradili dražje primarne usedalnike in gnilišča, s porušljivo anoksičnega dela pa napravo osiromašili za denitrifikacijo

3 • EKOLOŠKO IN EKONOMSKO VPRAŠANJE IZKORIŠČANJA BIOPLINA ZA ENERGETSKO BILANCO DRŽAVE

V ekološkem pogledu sta vodna energija in bioplin iz organskega onesnaženja odpadne vode obnovljiva vira energije.

V Sloveniji je zgrajenih 233 komunalnih čistilnih naprav s skupno zmogljivostjo 2,04.10⁶ PE. Večina naprav, večjih od 6000 PE, je zgrajena za anaerobno stabilizacijo blata.

Skupna proizvodnja električne energije na teh čistilnih napravah, če bi imele vse anaerobne reaktorje za proizvodnjo bioplina, bi pri 1,7 kW/1000 PE ne bila večja od 30,38 GWh/leto, kar je ca. 0,5 % od 6125 GWh/leto vse ekonomsko izkoristljive vodne energije v Sloveniji (Mravljak, 2000) (preglednica 1).

Če je na voljo cenejša vodna energija v omrežju, proizvodnja dražje energije iz bioplina ni gospodarna. To dokazujejo čistilne naprave v Zwijndrechtu z 200.000 PE (slika 4) na Nizozemskem in drugje v Evropi, na primer na Ruhru (sliki 11 in 12).

To so empirično potrdili tudi na še večji čistilni napravi Ruhleben za 1,600.000 PE (slika 13) v Berlinu. Pridobivanje bioplina iz organske mase blata v osmih že zgrajenih velikih anaerobnih reaktorjih s prostornino 52.000 m³ so opustili. Lastno energijo organskega dela dehidriranega blata pa so uporabili za sežig blata v sežigalnici. Energetska problematika

		Pri porabi čistilnih naprav 3,0 kWh/ 1000 PE	GWh bioplina/ GWh vse hid- roenergije	Pri porabi čistilnih naprav 2,5 kWh/ 1000 PE	GWh bioplina/ GWh vse hid- roenergije
		GWh/l	%	GWh/l	%
1	Poraba električne energije za pogon komunalnih čistilnih naprav	53,61	0,88	44,68	0,73
2	Možna proizvodnja električne energije iz bioplina na komunalnih čistilnih napravah	30,38	0,5	30,38	0,5
3	Deficit možne energije bioplina na komunalnih čistilnih napravah	23,23	0,38	14,30	0,23

Preglednica 1 • Energetska bilanca 233 zgrajenih čistilnih naprav za III. stopnjo čiščenja

sežiga biološkega blata namesto proizvodnje bioplina je obravnavana v ((Rismal, 2008), (Rismal, 2010)).

V preteklih 50 letih se je ekonomska meja uporabe energije lastnega bioplina najprej dvigala od čistilnih naprav s 6000 PE na 100.000 PE, nato pa se je znižala na 50.000 PE, kar je deloma posledica energetske bolj učinkovitih aeratorjev, ki so na čistilnih napravah največji

porabnik energije (od 3,0 kWh na 2,5 kWh/1000 PE), in sedanjega splošnega trenda po varčevanju in uporabi obnovljivih virov energije. Pomemben je tudi interes proizvajalcev opreme za izkoriščanje bioplina.

Zato ni bilo in tudi danes ni razloga, da bi pri ptujski čistilni napravi ravnali drugače in ne bi najprej uporabili neizkoriščene in cenejše vodne energije na jezu v Markovcih.



Slika 11 • ČN Herbede na Ruhru. Nitrifikacija in denitrifikacija brez anaerobnih reaktorjev



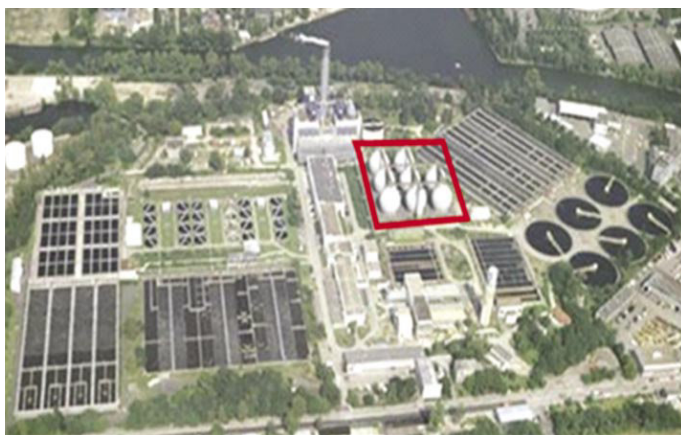
Slika 12 • Čistilna naprava Kettingen na Ruhru. Nitrifikacija in denitrifikacija brez anaerobnih reaktorjev

4 • ANAEROBNI POSTOPEK PREDČIŠČENJA ZA ORGANSKO VISOKO OBREMENJENE ODPADNE VODE

Čiščenje visoko obremenjenih odpadnih voda v anaerobnih reaktorjih z vertikalnim pretokom odpadne vode je podobno kot pri vertikalnih usedalnikih, kjer se preko lebdeče

zavese aktivnega anaerobnega blata (UASB Upflow anaerobic sludge blanket) uporablja za predčiščenje visoko obremenjenih industrijskih organskih odpadkov iz pivovarn, prašičjih farm in

podobnih virov onesnažene vode. Le ostanek onesnaženja pa se aerobno očisti, lahko tudi skupaj s komunalnimi odpadkami, kot je to izvedeno na čistilni napravi v Laškem (slika 14).



Slika 13 • Čistilna naprava Ruhleben, Berlin, za 1,6 mio. PE. Leta 1985 so opustili 8 zgrajenih anaerobnih reaktorjev z 52.000 m³ prostornine. Uporabili pa so jih za zalogovnik blata pred sežigom



Slika 14 • Čistilna naprava Laško z aerobno stabilizacijo blata in predčiščenjem odpadne vode Pivovarne Laško na UASB-reaktorju

5 • LASTNOSTI NIZKO OBREMENJENIH ČISTILNIH NAPRAV Z AEROBNO STABILIZACIJO BLATA

Visoko obremenjene čistilne naprave so v recipientih izboljšale le bilanco kisika. Niso pa odstranile za salmonide in drugo življenje v vodi strupenega amonija, ki je z ostankom fosforja s fotosintezo alg povzročal tudi novo, tako imenovano sekundarno organsko onesnaženje recipientov.

Najbolj opazne posledice so v počasi tekočih rekah, v naravnih in v umetnih akumulacijah, kjer so nekatere alge, kot je Anabena flossaque, lahko tudi toksične (ugotovljeno za domače živali), povzročijo pa probleme pri pripravi pitne vode (Mahmood, 1988). Zato so na Nizozemskem ((Muskat, 1959),

(Pasveer, 1960), (Baars, 1962)) že v 50 letih prejšnjega stoletja razvili in postopoma izpopolnili 4- do 5-krat nižje obremenjene čistilne naprave z aerobno stabilizacijo blata, pri obremenitvi 0,08 kg BPK5 do 0,05 kg BPK5/kgSS, s starostjo aktivnega biološkega blata 20 do 25 dni. Zaradi enostavne izvedbe so jih poimenovali oksidacijski jarki – oxidation ditchis. Za deponiranje, higienizacijo in dokončno stabilizacijo blata pa so pred uporabo za gnojilo na poljih uporabili sušilne grede ali cenene zemeljske bazene.

Prednost teh nizko obremenjenih naprav pred visoko obremenjenimi je tudi, da zaradi večje prostornine in večje mase aktivnega biološkega blata boljše izravnavo sunkovito obremenitev industrijskih odplak iz klavnic,

pivovarn, mlekarn in podobnih virov ter padavinskega dotoka pri mešanih kanalizacijah.

Zaradi teh lastnosti je tudi upravljanje teh naprav enostavnejše in cenejše, obratovanje

pa varnejše. Zato so jih tudi, na primer, zgradili ob reki Ruhr (sliki 11 in 12), iz katere se na njenem povodju oskrbuje s pitno vodo 5 milijonov prebivalcev (Rismal, 2012).

6 • DOKONČNA PORUŠITEV 1980. LETA ZGRAJENE ČISTILNE NAPRAVE NA PTUJU IN IZGRADNJA ŽE TRETJE

Čistilna naprava brez bazena za denitrifikacijo (sliki 9 in 10), ki so ga ob predelavi naprave porušili, je omogočala le nitrifikacijo, ne pa tudi denitrifikacije po danes strožjih predpisih ES.

Leta 1980 zgrajene naprave (slike 1, 8 in 9), ki je ustrezala novim predpisom, niso obnovili,

ampak so zgradili novo, že tretjo napravo, sedaj brez anaerobnih reaktorjev, po »moderni« metodi SBR (sequence batch reactors – sekvenčni reaktorji) (sliki 15 in 16), ki je za mešane kanalizacije s padavinskim odtokom manj primerna in v svetu manj uporabljena rešitev. S tem ko so celotno napravo s pri-

marnim usedalnikom in dvema anaerobnima reaktorjema za 180 kW (sliki 10 in 12), ki so jih sami zgradili, dokončno porušili, so pokazali, da opisana rekonstrukcija naprave in 20-letno nasprotovanje napravam z aerobno stabilizacijo blata, kot sta bili napravi v Murski Soboti in na Ptuj, nista bila upravičena.



Slika 15 • Začetek gradnje nove, tretje čistilne naprave SBR



Slika 16 • Na novo zgrajena tretja naprava SBR z dokončno porušitvijo prve in druge naprave

7 • SKLEP

Članek opisuje načrtovanje čistilne naprave na Ptuj za 105.000 PE in 160.000 PE z nitrifikacijo in denitrifikacijo efluenta, z aerobno stabilizacijo blata in njeno porušitev ter dvakratno predelavo te naprave.

Slike od 18 do 22 ponazarjajo genezo načrtovanja in gradnje čistilnih naprav v Sloveniji od v letih 1970–72 zgrajene prve večje čistilne naprave s poživljenim biološkim blatom za 30.000 PE v Murski Soboti. Pred tem je bila v Sloveniji po načrtu inž. Dolničarja zgrajena, če ne upoštevamo manjših s poživljenim blatom, le večja čistilna naprava s precejalniki v Šentvidu pri Ljubljani.

Poudarjena sta pomen nizko obremenjenih čistilnih naprav z aerobno stabilizacijo blata, nitrifikacijo in denitrifikacijo za zaščito voda in pomen energetske samooskrbe čistilnih naprav z lastnim bioplinom s stališča celotne

energetske bilance v državi. Zaradi nekaj manjše porabe energije na račun slabšega čiščenja je v preteklosti prevladala izgradnja visoko obremenjenih naprav z anaerobno stabilizacijo blata in izkoriščanjem bioplina.

Če bi namesto takšnih naprav gradili nizko obremenjene naprave, kot sta bili zgrajeni v Murski Soboti (slika 20), ptujška čistilna naprava (slika 1) in novejši napravi v Celju (slika 21) in Mariboru (slika 22), danes gradnja novih naprav z nitrifikacijo in denitrifikacijo, kot jih zahtevajo predpisi ES, ne bi bila potrebna. V že zgrajenih čistilnih napravah z aerobno stabilizacijo blata bi kontinuirano aeracijo le zamenjali z diskontinuirano aeracijo (intermitent aeration), (Rismal, 2005), kot so jo, za primer, že pred leti uporabili na čistilni napravi Eisenstadt (Železno) v sosednji Avstriji (slika 17).

Da pridobivanje bioplina za pogon čistilnih naprav (sliki 18 in 19) tudi na večjih napravah ni gospodarno, so v Sloveniji pokazali šele tuji koncesionarji z izgradnjo naprav v Celju (slika 21) in Mariboru (slika 22), na Bledu, v Krajski Gori in v Laškem (slika 14), s tem ko so naprave brez anaerobne stabilizacije in bioplina sami zgradili in jih po pogodbi tudi sami upravljajo. Enako kot na napravah v lastnih državah (slike 11, 12, 13, 14 in 17) brez anaerobne stabilizacije blata in brez čiščenja na SBR, kot so ga, za že tretjo čistilno napravo, uporabili na Ptuj.

Stroka in ekološka industrija sta na področju čiščenja odpadnih voda naredili velik napredek. Gradnja čistilnih naprav z mnogimi proizvodi in tehnološkimi rešitvami, ki jih znanje in ekološka industrija ponujata, je omogočila pomembno izboljšanje kakovosti voda tudi v Sloveniji. Proizvodnja opreme in tehnoloških rešitev za čiščenje voda pa je že in bo vedno pomembnejša gospodarska panoga in vir zaslužka.



Slika 17 • Čistilna naprava Eisenstadt (Železno) v sosednji Avstriji za zaščito, Nižiderskega jezera (Neusiedler See)



Slika 18 • Anaerobni reaktorji čistilne naprave v Postojni brez nitrifikacije/denitrifikacije efluenta



Slika 19 • Čistilna naprava Ljubljana. Nepotrební anaerobni reaktorji in sušilnika za sušenje blata z energijo bioplina, namesto direktnega sežiga z lastno energijo organske mase blata



Slika 20 • Čistilna naprava Murska Sobota z aerobno (1970–72) stabilizacijo in anaerobno destabilizacijo v depojskem bazenu po projektu avtorja članka



Slika 21 • Čistilna naprava Celje, 80.000 PE, z nitrifikacijo, denitrifikacijo, defosfatizacijo in brez anaerobnih reaktorjev za stabilizacijo blata



Slika 22 • Čistilna naprava Maribor, 230.000 PE, z nitrifikacijo, denitrifikacijo in defosfatizacijo, brez anaerobne stabilizacije blata, zgrajena po predlogu avtorja članka

Naloga naročnikov in upravljavcev čistilnih naprav, največkrat občin, s projektanti naj bi bila, da bi iz množice ponujenih rešitev izbrali tiste, ki vsakokratnim pogojem in potrebam najboljše ustrezajo.

V Sloveniji z dvema milijona prebivalcev večinoma majhne občine ne morejo

imeti, to niti ne bi bilo racionalno, za to vseh potrebnih strokovnjakov. Ker jih nimajo, odgovornosti za gospodarne rešitve čiščenja odpadnih voda, kot kaže primer ptujske čistilne naprave, ni mogoče prepuščati zgolj občinam. Podobno velja tudi za problematiko pitne vode.

Za gospodarno in ekološko skladno urejanje voda je po zakonu kot upravljavec voda v sodelovanju z občinami in stroko odgovorna država. Primer ptujske čistilne naprave in drugi primeri pa kažejo, da takšnega sodelovanja ni dovolj in da z vodami v Sloveniji ne gospodarimo najboljše.

8 • LITERATURA

- Baars, J. K., The Use of Oxidation ditches for Treatment of Sewage from Small Communities; Bull.Org.mond.Sant, Bull.Wid Hith Org, 1962. Gradbeni vestnik, Ljubljana, februar 2008.
- Mahmood, N. A., Carmichael, W. W., Pfahler, D., Anticholinesterase poisonings in dogs from a cyanobacterial (blue-green algae) bloom dominated by *Anabaena flos-aquae*, Am J Vet Res, april 1988.
- Mravljak, J., Hidroenergetski potencial Slovenije, Elektrogospodarstvo Slovenije, d.d., 2000.
- Muskat, J., Oxygenation of water by bladed rotors, Research Institute for Public Health Engineering T.N.O., Report No.28, The Hague, 1959.
- Pasveer, A., New developments in the application of Kessener brushes (aeration rotors) in the activated-sludge treatment of trade-waste waters, Waste treatment, Proceedings of the Second Symposium on the Treatment, Of Waste Waters,Oxford,Pergamo, 1960.
- Rismal, M., Energetska in ekološka problematika obdelave in končne dispozicije blata iz čistilnih naprav, Gradbeni vestnik, Ljubljana, maj 2010.
- Rismal, M., Interdisciplinarnost in integralno upravljanje in načrtovanje vodnih sistemov, Gradbeni vestnik, februar 2012.
- Rismal, M., Primerjava CAST, SBR in kontinuirne čistilne naprave, Gradbeni vestnik, december 2005.
- Rismal, M., Problematika lastne energetske oskrbe čistilnih naprav z nitrifikacijo in denitrifikacijo z bioplinom, Gradbeni vestnik, september 2003.
- Rismal, M., Problematika negospodarne dispozicije blata iz ljubljanske čistilne naprave,
- Rismal, M., Sekvenčne (SBR) ali kontinuirne čistilne naprave za čiščenje komunalnih odpadnih vod, Gradbeni vestnik, julij 2004.