

**EKOLOŠKI PRIHVATLJIVI NAČINI ZBRINJAVANJA MULJEVA
ZAOSTALIH NA KOMUNALNIM UREĐAJIMA ZA PREČIŠĆAVANJE
OTPADNIH VODA**

**ENVIRONMENTALLY ACCEPTABLE WAY OF DISPOSING OF
RESIDUAL SLUDGE IN MUNICIPAL DEVICES FOR WASTEWATER
TREATMENT**

Mr.sc. Muvedet Šišić
ALBA Zenica d.o.o.
Zenica

Farzet Bikić, Prof. dr.
Univerzitet u Zenici, Fakultet za metalurgiju i materijale
Zenica

Nurudin Avdić, Prof. dr.
Univerzitet u Sarajevu, Prirodno-matematički fakultet
Sarajevo

REZIME

Sastav, uvjeti za korištenje i način odlaganja muljeva nastalih prečišćavanjem komunalnih otpadnih voda su regulirani u zakonodavstvu zemalja EU. Ekološki prihvatljivi načini zbrinjavanja ovih muljeva podrazumijevaju prethodnu obradu pa i u slučajevima odlaganja na deponiji komunalnog otpada. Ukoliko mulj želimo koristiti kao resurs postoji više načina njegovog korištenja od kojih se u Evropi najčešće koriste sljedeći načini:

1. Higijenzacija i korištenje za fertilizaciju poljoprivrednog zemljišta. U Njemačkoj se godišnje proizvede 2.000.000 tona suhe tvari mulja. Od toga se 30 % iskoristi u poljoprivredi, a za usporedbu, u Kaliforniji (SAD) se godišnje proizvede 680.000 tona suhe tvari mulja, od čega se u poljoprivredi koristi 70 %.

2. Termička obrada spaljivanjem u industrijskim ili specijalizovanim pećima što je jedan od najprihvatljivijih načina sa ekološkog i higijenskog a takođe i sa ekonomskog stanovišta jer sadrži oko 70 % organske tvari čija se energetska vrijednost može iskoristiti.

Ključne riječi: mulj, zbrinjavanje, obrada, spaljivanje, kompostiranje

SUMMARY

The composition, conditions of use and method of disposal of sludges produced by purification of municipal/urban waste water are regulated in EU countries. Environmentally acceptable ways of disposing of the sludge imply pre-treatment even in cases of disposal on the landfill of communal waste. If we want to use sludge as a resource there are more ways of its use of which in Europe usually use the following ways:

1. Hygienisation and use for fertilization of agricultural land. In Germany, the annual production of 2 000 000 tons of dry sludge matter. Of these, 30% use in agriculture, and for comparison, in California (USA) annually produces 680 000 tons of sludge dry matter, of which agriculture uses 70%.

2. Thermal treatment by incineration in industrial and specialized furnaces which is one of the most acceptable ways from the environmental and hygienic but also from economic standpoint because it contains approximately 70% organic material whose energy value can be used.

Key words: sludge, disposing, treatment, incineration, composting

1. UVOD

U postupcima prečišćavanja komunalnih otpadnih voda kao nusprodukt pojavljuje se mulj. Zbrinjavanje ovog mulja predstavlja poseban problem zbog sadržaja teških metala i drugih štetnih materija, zato što po svom karakteru i hemijskom sastavu se ne može odlagati na deponije komunalnog otpada a ujedno često ima i štetne efekte. Muljevi su pri tome čak i veći problem od otpadne vode jer je uticaj otpadnih voda manje vidljiv ukoliko se ispuštaju u vodotokove ili velike akumulacije. To podrazumijeva da se ovaj mulj mora kontrolirano zbrinjavati. Zemlje EU su zadnjih 15-ak godina posvetile posebnu pažnju zbrinjavanju muljeva sa uređaja za prečišćavanje komunalnih otpadnih voda. Sastav, uvjeti za korištenje i način odlaganja muljeva iz komunalnih otpadnih voda su regulirani u zakonodavstvu zemalja EU. Važeća legislativa definiše između ostalog i koliki sadržaj suhe tvari (%) izraženo kroz ukupni organski ugljik (TOC) i sadržaj biorazgradive komponente, treba da ima mulj da bi se mogao odlagati na odlagalištima otpada. Na odlagalištima otpada je zabranjen prihvata, između ostalog, i: "komunalnog otpada ukoliko mu masa biorazgradive komponente premašuje 35 % od ukupne mase". Biološki stabilizirani mulj sadrži uvijek više od 35 % biorazgradive tvari. Takođe je kao kriterij za odlaganje otpada na odlagališta neopasnog otpada, kao granična vrijednost za ukupni organski ugljik (TOC), određeno najviše 5 % od mase suhe tvari, a stabilizirani mulj ima više od 5 % TOC-a. Prema tome, muljevi s uređaja za prečišćavanja komunalnih otpadnih voda se nebi smjeli odlagati na odlagališta neopasnog otpada [1,2,3].

2. NAČINI ZBRINJAVANJA MULJA SA KOMUNALNIH UREĐAJA ZA PREČIŠĆAVANJE OTPADNIH VODA

Općenito, obrađeni mulj sa uređaja za prečišćavanje komunalnih otpadnih voda može se zbrinuti:

- upotrebom u poljoprivredi, odnosno za slične namjene kao što su cvjećarstvo, šumarstvo, pašnjaci, sanacija oštećenih dijelova zemljišta,
- korištenjem mulja kao energenta proizvodnjom bioplina i postupcima termičke obrade,
- odlaganjem na posebno uređenim odlagalištima samo za mulj, lagunama i sl.

2.1. Upotreba mulja sa prečišćavača komunalnih otpadnih voda u poljoprivredi

Prije konačnog odlaganja i/ili upotrebe mulja sirovi mulj je potrebno obraditi. Obrada mulja zavisi od načina upotrebe. Za slučaj da se mulj upotrebljava u poljoprivredi, kao poboljšivač tla i slično, potrebno je predvidjeti sljedeće postupke obrade: zgušnjavanje, stabilizaciju i odvodnjavanje. Stabilizacijom mulja smanjuje se broj patogenih mikroorganizama i neugodan miris. Primjena postupka stabilizacije ovisi o mjestu i načinu konačne dispozicije mulja. Da bi se mulj mogao nakon stabilizacije koristiti za kompostiranje on mora da

zadovolji određene fizičko-hemijsko-biološke kriterije. Važećom legislativom su propisana ograničenja što se tiče upotrebe mulja a koja se odnose na sljedeće [7,8,9,10].:

- sadržaj teških metala u mulju i poljoprivrednom tlu na kojem se koristi,
- sadržaj organskih tvari u mulju,
- sadržaj patogenih mikroorganizama,
- vrste tla i namjenu,
- količinu suhe tvari mulja koja se smije u jednoj godini aplicirati na poljoprivredno tlo.

Osim ograničenja što se tiče sastojaka štetnih i opasnih tvari u mulju postoje i druga ograničenja. Ograničenja koja je propisala Američka agencija za zaštitu okoliša uzimaju u obzir sljedeće parametre: nagib tla, propusnost tla, udaljenost od površinskih voda, dubinu do podzemne vode. U slučaju kada sadržaj mulja zadovoljava sve propise o primjeni mulja u poljoprivredi, tada se mulj može koristiti nakon stabilizacije u tekućem ili krutom obliku. Konačno, potrebno je istaknuti da mulj kao poboljšivač tla mora biti siguran i u zdravstvenom pogledu, posebno sa stanovišta sadržaja mikroorganizama [15].

Upotreba mulja u poljoprivredi, šumarstvu, cvjećarstvu i sl. temelji se na sadržaju hranjivih tvari u mulju. Razgradnjom organske tvari u mulju do anorganske, one se ugrađuju u glinaste i humusne čestice i postaju dostupne biljkama za rast. Organska tvar u mulju poboljšava strukturu tla te omogućava prozračivanje tla. Istodobno omogućava bolje zadržavanje vlage u tlu. Za prihranjivanje biljaka bitna su tri elementa : dušik, fosfor i kalij. Međutim, mulj sadrži i druge tvari potrebne za rast biljaka kao što su mikrohranjiva :željezo, mangan, cink, bakar, bor, molibden. Općenito mulj sadrži vrijednosti hranjivih tvari navedene u tabeli 1.

Tabela 1. Sadržaj hranjivih tvari u mulju[1,4]

Element	% od suhe tvari
Dušik	3-7
Fosfor	2-7
Kalij	< 1,5

Mulj je u prvom redu poboljšivač tla, a sadržaj hranjivih tvari u odnosu na klasična gnojiva je prikazana u tabeli 2.

Tabela 2. Usporedba hranjivih tvari u mineralnim gnojivima i mulju u postocima[1,4]

Proizvod	Dušik	Fosfor	Kalij
Mineralno gnojivo	5	10	10
Stabilizirani mulj (suha tvar)	3,3	2,3	0,3

Nakon stabilizacije mulj se obrađuje postupcima kompostiranja. Kompostiranje je proces razgradnje organske tvari u mulju do anorganske. Konačni proizvod je sličan humusu sa sadržajem vode 40 do 50 %. Razgradnja organske tvari u kompostu može biti aerobna ili anaerobna. S obzirom na temperature kod kojih se odvija razgradnja poznati su:

- mezofilni procesi, kod kojih se kompostiranje odvija na temperaturama od 20 do 40 °C,
- termofilni procesi, kod kojih se kompostiranje odvija na temperaturama od 40 do 70 °C.

Pri kompostiranju na višim temperaturama (termofilni procesi) obično se unište sve bakterije i virusi, ali su u nekim slučajevima opaženi paraziti. Zato je kod kompostiranja mulja na nižim temperaturama ponekad potrebno izvršiti i dezinfekciju mulja, što zavisi od vrste poljoprivredne kulture koja se uzgaja na tlima poboljšanim kompostom. Muljevi sa prečistača

komunalnih otpadnih voda sadrže znatne količine dušikovih spojeva pa je radi poboljšanja odnosa ugljika i dušika, pri kompostiranju potrebno dodavati organsku materiju koja ne sadrži dušik ili ga sadrži u jako malom procentu [15,16,17].

Tretman mulja s komunalnih postrojenja z prečišćavanje otpadnih voda i mogućnost njegove primjene u poljoprivredi u skladu sa načelima održivog razvoja u današnje vrijeme sve više dobiva na važnosti. Za usporedbu, u Njemačkoj se godišnje proizvede 2.000.000 tona suhe tvari mulja. Od toga se 30 % iskoristi u poljoprivredi, a za usporedbu, u Kaliforniji (SAD) se godišnje proizvede 680.000 tona suhe tvari mulja, od čega se u poljoprivredi koristi 70 % [5,6]. Detaljna analiza sadržaja ovih muljeva i uspostavljanje optimalnog sistema i modela za praćenje postupka obrade može doprinijeti definisanju konačnog sistema zbrinjavanja i projektovanju postrojenja za obradu istih. Prednosti korištenja mulja u poljoprivredi su sljedeće:

- smanjuje se korištenje umjetnih gnojiva,
- smanjeni troškovi proizvodnje,
- poboljšana plodnost i struktura tla,
- održavanje optimalne vlažnosti, poboljšanje propusnosti,
- obogaćivanje organskim tvarima,
- recirkulacija na globalnoj razini iscrpljenih spojeva fosfora,
- smanjena mogućnost erozije.

2.2. Energetsko iskorištavanje mulja sa prečišćavača komunalnih otpadnih voda

Kada se mulj ne može upotrebljavati kao poboljšivač tla u poljoprivredi, šumarstvu, cvjećarstvu i za slične namjene, moguće rješenje je primjena jednog od postupaka energetskog iskorištavanja. Polazeći od činjenice da organska tvar u mulju ima odgovarajući energetski potencijal, poželjno je mulj iskoristiti u energetske svrhe. Iskorištavanje mulja kao energenta moguće je:

- proizvodnjom bioplina postupcima anaerobne stabilizacije,
- postupcima termičke obrade.

Postupak anaerobne stabilizacije primjenjuje se bez obzira na naknadnu termičku obradu. Razgradnjom organske tvari u anaerobnoj stabilizaciji se dobiva plin, sa znatnim udjelom metana. Upotreba dobivenog bioplina kao energenta ostvarena je prvi put 1895. godine u Engleskoj [13]. Količina bioplina u mezofilnom anaerobnom postupku zavisi od sastava mulja, odnosno porijekla, a za komunalne se otpadne vode može računati s vrijednostima prikazanim u tabeli 3. Donja ogrjevna moć bioplina, uz pretpostavku da je količina metana 65 %, bit će 22.400 KJ/m³. Prirodni plin, koji sadrži metan, butan i propan, ima donju ogrjevnju moć 37.300 KJ/m³. Pretvorbom u električnu energiju, pomoću motora s unutarnjim izgaranjem, stupanj iskorištavanja energije je do 30 %. Toplinska energija od hlađenja motora i ispušnih cijevi može se iskoristiti do vrijednosti 45 % energije plina.

Tabela 3 . Proizvodnja bioplina kod anaerobne digestije (mezofilne) [1,4]

Pokazatelj	Mulj iz prethodnog taložnika	Mulj iz naknadnog taložnika
Razgradnja organske tvari (O.T. u %)	50-55	45-50
Količina bioplina Nm ³ / kg razgrađene O. T.	0,85-1,2	0,75-1,0

Preostali digestat mora biti dehidriran i zahtijeva naknadu obradu (na primjer kompostiranje). Toplinska vrijednost je zbog digestije niska. Konačno zbrinjavanje može biti odlaganje na zemljište ili alternativno zahtijeva dodatnu termičku obradu.

Termička obrada može se obavljati na više načina i to:

- spaljivanjem mulja u posebnim pećima
- spaljivanjem mulja zajedno s ostalim krutim otpadom
- oksidacijom u struji vlažnog zraka.

Spaljivanjem se razvijaju visoke temperature (i više od 800 oC kako bi se odstranili neugodni mirisi) pa se toplinska energija može iskoristiti za proizvodnju tople vode, pare ili pretvorbu u električnu energiju. Posljednjih se godina razvija postupak sušenja mulja (do 90 % suhe tvari) primjenom sunčeve energije pod nazivom solarna dehidracija. Termička obrada spaljivanjem u industrijskim ili specijalizovanim pećima je jedan od najprihvatljivijih načina sa ekološkog i higijenskog stanovišta a takođe i sa ekonomskog stanovišta jer sadrži oko 70 % organske tvari čija se energijska vrijednost može iskoristiti. Ogrjevna moć suhe organske tvari ovisna je o vrsti mulja te je procijenjena kao srednja vrijednost od 25.000 KJ/kg kod neobrađenog mulja, a do 12.000 KJ/kg kod anaerobno stabiliziranog mulja [1,4].

2.3. Odlaganje mulja sa prečištača komunalnih otpadnih voda na uređenim odlagalištima

U većini se država odlaganje mulja na odlagališta postepeno smanjuje u skladu sa zahtjevima Direktive o odlaganju otpada (1999/31/EEZ), koja zahtijeva smanjenje količine biorazgradivog otpada koji dospjeva na odlagalište, te zabranjuje odlaganje neobrađenog otpada na odlagalište. Ovisno o namjeni zemljišta, topografskim prilikama, geološkim okolnostima i drugim činiteljima, u pojedinim slučajevima mulj se iz uređaja za pročišćavanje otpadnih voda neće moći iskoristiti za poljoprivredu i slične namjene. Također se može pretpostaviti da neće postojati ni ekonomski uvjeti za termičku oksidaciju mulja. Mulj se može prevoziti ili tlačiti cjevovodom. Kao daljnja mogućnost konačnog odlaganja mulja, jest odlaganje stabiliziranog mulja u lagunama. Lagune mogu biti zemljani jarci dubine 3-5 m i širine do 2,0 m[2,14]. Ovisno o propusnosti tla i najvišim se zonskim razinama podzemne vode, potrebno je izraditi slojeve nepropusnosti bočnih stranica i dna kao kod odlagališta otpada. Zbog mogućnosti pojave mirisa te razvoja insekata, lagune moraju biti udaljene od naseljenih mjesta i javnih saobraćajnica. Ovo rješenje nije popularno i uglavnom se izbjegava.

3. ZAKLJUČAK

Dosadašnja iskustva pokazuju da povećanjem broja izgrađenih uređaja za pročišćavanje otpadnih voda, problem konačne dispozicije mulja postaje sve veći. Stoga je izboru najpovoljnijega rješenja obrade mulja i njegove konačne dispozicije potrebno pridati veću važnosti to već u prvim fazama definiranja konceptijskog rješenja uređaja za pročišćavanje. Kao prilog navedenoj konstataciji može se uzeti u obzir i činjenica da troškovi obrade i konačnog odlaganja mulja iznose i do 50 % ukupnih troškova poslovanja cjelokupnog uređaja, uključivo troškove kapitalnih ulaganja, pogona i održavanja te konačnog odlaganja. Postojeće se uređaje za pročišćavanje također preporučuje dodatno ispitati u smislu mogućnosti eventualnih poboljšanja tehnoloških procesa obrade mulja, a sve s ciljem što manje proizvodnje stabiliziranog mulja kako bi se troškovi njegova odlaganja dodatno smanjili. Značajan faktor pri definiranju najpovoljnijega postupka obrade mulja i konačnog odlaganja može biti mogućnost njegova ponovnog iskorištavanja, što u skladu s načelima održivog razvitka u današnje vrijeme sve više dobiva na važnosti.

4. LITERATURA

- [1] D. Vouk, D. Malus, S. Tedeschi, Muljevi s komunalnih uređaja za pročišćavanje otpadnih voda Sveučilište u Zagrebu, Građevinski fakultet, Zagreb.
- [2] D. Vouk, D. Malus, S. Tedeschi, Konačna obrada mulja otpadnih voda grada Zagreba, Sveučilište u Zagrebu Građevinski fakultet, Zagreb.
- [3] S. Tedeschi, Prikaz sustava za pročišćavanje kanalskih voda grada Zagreba. Zbornik savjetovanja Akumuliranje, tretman i evakuacija vode, Subotica, 1981.
- [4] Metcalf and Eddy Inc: Wastewater Engineering Treatment and Reuse, Mc Graw Hill, New York, (2003), 1819.
- [5] State of California, Department of Resources Recycling and Recovery CALRecycle, Organic Materials Management, www.calrecycle.ca.gov
- [6] Statistisches Bundesamt, Pressemitteilung Nr. 490/2010, Njemačka
- [7] Direktiva savjeta (86/278/EEC) od 12. juna 1986. o zaštiti životne sredine, a posebno zemljišta, pri korišćenju kanalizacionog mulja u poljoprivredi Council Directive on the protection of the environment, and in particular of the soil, when sewage sludge is used in agriculture, Official Journal OJ L 181, 1986.
- [8] Pravilnik o gospodarenju muljem iz uređaja za pročišćavanje otpadnih voda kada se mulj koristi u poljoprivredi (NN 38/08)
- [9] Grupa autora, Mogućnost proizvodnje komposta od ugušćenih otpadnih muljeva uređaja za pročišćavanje otpadnih voda Danica. Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Odelek za agronomijo, Center za pedologijo in varstvo okolja, 2000.
- [10] Pravilnik o utvrđivanju dozvoljenih količina štetnih i opasnih tvari u zemljištu i metodi njihova ispitivanja (Sl. novine FBiH br. 72/09)
- [11] Tedeschi, S.: Mogućnost korištenja mulja iz otpadnih voda grada Zagreba, Građevinar, 5, 1981.
- [12] Izvještaj o rezultatima istraživanja primjene otpadnog mulja u poljoprivredi, Agronomski fakultet Sveučilišta u Zagrebu – Zavod za ishranu bilja, Samoupravna vodoprivredna interesna zajednica za vodno područje sliva Save, Zagreb, 1992.
- [13] Pravilnik o zaštiti poljoprivrednog zemljišta od onečišćenja štetnim tvarima, Narodne novine, 1992.
- [14] Tedeschi, S.; Višić, I.: Mogućnosti izgradnje uređaja za čišćenje otpadnih voda grada Zagreba. Zbornik Sabora hrvatskih graditelja '96 – "Graditeljstvo u obnovi i razvitku Republike Hrvatske", Cavtat, 1996.
- [15] Obrada komunalnog otpada i otpadnog mulja metodom ECOCYCLING, Global energy invest, Dalekovod, Zagreb, 2009.
- [16] Nowak, O.; Kuehn, V.; Zessner, M.: Sludge management of small water and wastewater treatment plants, Water Science and Technology, Vol 48, 11-12, (2003), 33-41.
- [17] Pravilnik o gospodarenju muljem iz uređaja za pročišćavanje otpadnih voda kada se mulj koristi u poljoprivredi (NN 38/08)