

## **EKOLOŠKO ZBRINJAVANJE AKTIVNOG MULJA PREHRAMBENE INDUSTRIJE**

### **ECOLOGICAL CARE OF ACTIVE SLUDGE FROM THE FOOD INDUSTRY WASTE WATER TREATMENT**

**Daniela Nekić Dvorski**

#### **SAŽETAK**

Aktivni mulj nastaje kao nusprodukt biološkog tretmana otpadne vode u pročištaču te zahtijeva posebnu tehnologiju obrade i stabilizacije. Skupom tehnoloških postupaka aktivni mulj se može pretvoriti u oblik prihvatljiv za okoliš, no takvi postupci su financijski često vrlo zahtjevni. Pomoću naprednih tehnologija obrade otpadnog mulja kompostiranjem, mulj se može primijeniti u poljoprivredi. Primjeni mulja na poljoprivrednim površinama uvijek prethode opsežne laboratorijske analize kojima se utvrđuje zastupljenost štetnih tvari i mikroorganizama u mulju koje su strogo propisane pravilnikom. Stabilizacija mulja je nužna zbog uništavanja patogenih mikroorganizama u mulju, pri čemu se zadržavaju hranjive tvari, zastupljene u kompostiranom mulju.

Kompost od mulja može se primjenjivati u poljoprivredi kao koristan materijal za povećanje plodnosti zemljišta. S tim ciljem je provedeno istraživanje s tri vrste mulja. Kao osnovna sirovina za pokus upotrijebljeni su uzorci mulja s pročištača otpadnih voda Danica, pivovare Carlsberg i Kvasac d.o.o. Zagreb. Uzorci muljeva bili su pomiješani sa slamom i zeolitom, koji je poznat po svojim pozitivnim svojstvima i učinku na tlo.

Laboratorijskim metodama ispitivane su vrijednosti temperature, pH i suhe tvari uzoraka, kako bi se utvrdila aktivnost mikroorganizama mulja te pogodnost mulja kao materijala za kompostiranje. Prvi pokus je izveden početkom drugog mjeseca s uzorcima mulja s pročištača Danica. Dobiveni rezultati upućuju na zamjetnu aktivnost mikroorganizama u mulju. Pokus je ponovljen s uzorcima muljeva pivovare Carlsberg i Kvasca u ljetnom razdoblju godine. Aktivnost mikroorganizama bila je veća nego kod prvog pokusa.

**Ključne riječi:** aktivni mulj, otpadne vode, kompostiranje, ekologija

## ABSTRACT

Active sludge evolves as a by-product of biological treatment of waste water in the scrubber and it demands special technology of treatment and stabilization. With all technological treatments, active sludge can be turned into a form that is accepted by the environment, but the treatments are financially demanding. With the help of advanced technologies waste sludge is composted and can be used in agriculture.

Before using sludge on agricultural land extended laboratory analyses are done. The analyses determine the number of harmful substances and microorganisms strictly according to regulations. The stabilization of sludge is necessary for destroying pathogen microorganisms which can be found in sludge. By that the nutrients in composted sludge are preserved.

The composted sludge can be used in agriculture as a useful material for increasing the fertility of soil. With that aim the research was carried out with three kinds of sludge. Samples of sludge from the scrubbers of waste waters from "Danica", brew eries "Carlsberg" and "Kvasac d.o.o. Zagreb" were used as the main raw material for the experiment. The samples of sludge were mixed with straw and zeolite, which are known for their positive characteristics and effect on soil. The values of temperature, pH and dry matter were analysed in the laboratory to determine the activity of microorganisms in sludge and suitability of sludge as a material for composting. The first experiment was carried out in the beginning of February from the scrubbers of "Danica". The results show a considerable activity of microorganisms in sludge. The experiment was repeated with samples from the brew eries "Carlsberg" and "Kvasac" during the summer. The activity of microorganisms was bigger than in the first experiment.

Key words: Active sludge, waste water, composting, ecology

## UVOD

Otpadni mulj s pročištača je pogodan za kompostiranje i kao takav za primjenu na poljoprivrednom tlu. Ranije analize su pokazale da je sadržaj teških metala ispod najviših dopuštenih vrijednosti koje nalaže Pravilnik pa je isključena mogućnost kontaminacije tla. Potrebno je redovito kontrolirati

sadržaj štetnih tvari u mulju kako bi se unošenjem u tlo izbjegla još veća kontaminacija tla.

Cilj ovog rada je bio prikupiti te usporediti podatke vezane uz raspoložive vrste mulja i laboratorijskim analitičkim postupkom utvrditi mikrobiološku aktivnost mulja na temelju koje bi se mogli donijeti zaključci o mogućnostima njegovog zbrinjavanja. S tog su razloga podaci i opažanja prikupljeni tijekom provedbe istraživanja uspoređeni s podacima u raspoloživoj literaturi.

Problem zbrinjavanja otpadnog mulja nije u potpunosti riješen zbog troškova koji uvelike smanjuje lepezu mogućnosti zbrinjavanja mulja, stoga će se obratiti pažnja na postupke svakodnevnog zbrinjavanja.

## MATERIJALI I METODE

Provedeno je ispitivanje uzoraka otpadnog mulja u laboratoriju za ispitivanje otpadnih voda i muljeva u Odjelu ekologije, Podravka d.d. te laboratoriju u sklopu pročištača otpadnih voda Danica.

Pokusni uzorci bili su smješteni u pomoćnim prostorijama pročištača Danica, u uvjetima atmosferske vlage i temperature zraka, na suhom i prozračnom mjestu. Osnovna sirovina korištena za pokus je mulj kao nusprodukt biološkog procesa pročišćavanja otpadne vode, nakon postupka zgušnjavanja centrifugiranjem.

Pokus je izveden u dva navrata.

Prvi pokusni uzorci su bili postavljeni 19.2.2009. godine, a kao osnovna sirovina korišten je aktivni ugušćeni mulj s pročištača Danica. Drugim pokusom su ispitivani muljevi s pročištača otpadnih voda pivovare Carlsberg i Kvasac d.o.o. Zagreb. S ciljem povećanja aktivnosti mikroorganizama aktivnog mulja, korištene su pomoćne sirovine: zeolit i pšenična slama. Uzorci mulja su stavljeni u kartonske kutije obložene pvc folijom koja sprečava istjecanje mulja iz kutije.

Kao kontrolni uzorak služio je čisti mulj.

Drugi uzorak je činilo 20 kilograma mulja i 2 kg zeolita, treći 20 kilograma mulja pomiješano s 1.5 kg slame, a četvrti 20 kilograma mulja pomiješano s 5 kg zeolita.

Predviđeno vrijeme trajanja pokusa bilo je 5-7 tjedana.

Kroz to vremensko razdoblje su mjereni osnovni parametri temperatura, pH vrijednost i sadržaj suhe tvari i kojima se utvrđivala aktivnost mikroorganizama.

Upotreba pomoćnih sirovina pomiješanih s muljem imala je za cilj povećati aktivnost mikroorganizama u mulju. Utvrđivanje mikrobiološke aktivnosti mulja provodilo se certificiranim laboratorijskim metodama i to suha tvar: Standard Methods 2540 B, pH vrijednost: ISO 10523 Standard Methods 2550 B.

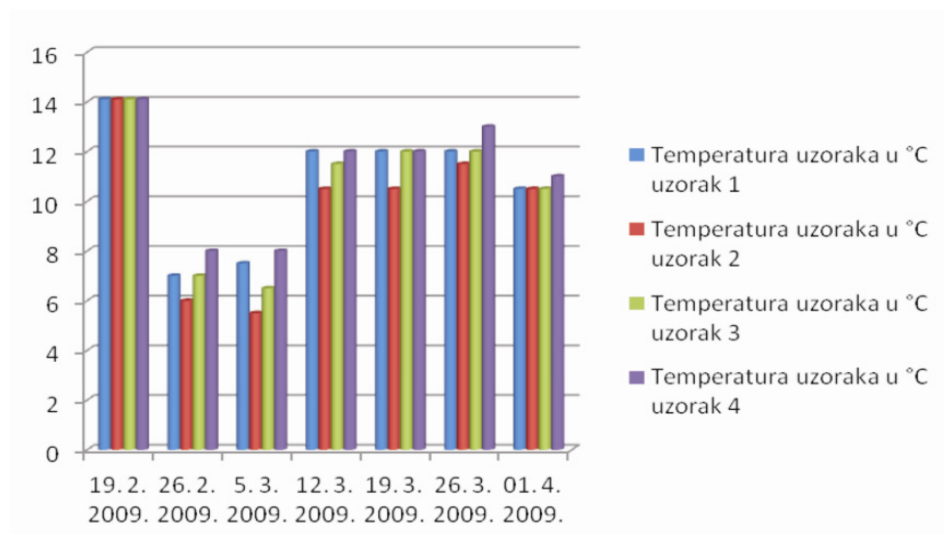
Temperatura je mjerena ubodnim laboratorijskim živinim termometrom.

## REZULTATI ISTRAŽIVANJA

Rezultati analiza mulja s pročištača Danica

**Grafikon 1. Grafički prikaz kretanja temperature u pokusnim uzorcima**

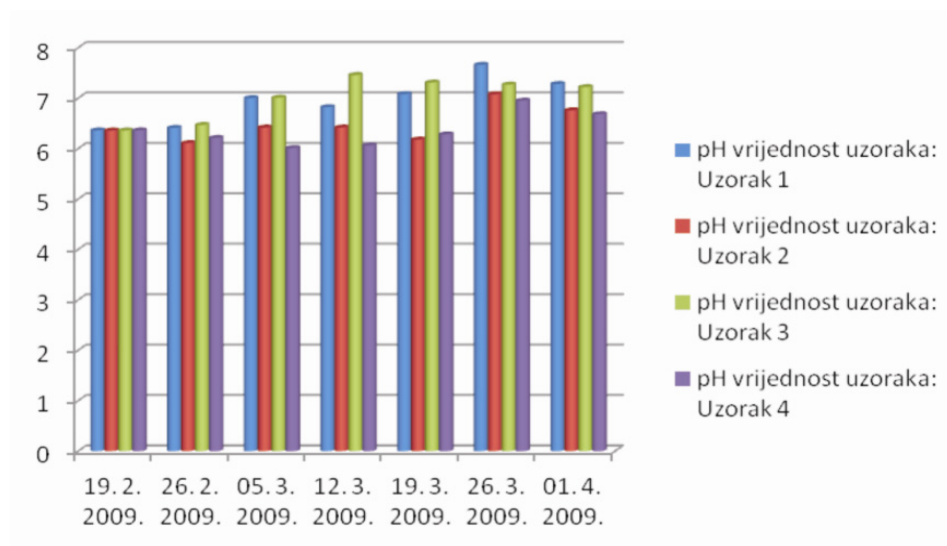
**Chart 1: Graphic display of the temperature variation in experimental samples**



Iz grafikona 1. vidljiva je početna vrijednost temperatura koja je izmjerena 19.2. u svim uzorcima prilikom postavljanja pokusa. Nakon toga dolazi do pada vrijednosti temperature zbog izjednačavanja s atmosferskom temperaturom. U drugoj polovici trajanja pokusa je vidljiv blagi nastavak rasta temperature. Najveći porast temperature je zabilježen u uzorku broj 4.

**Grafikon 2. Grafički prikaz kretanja pH vrijednosti uzoraka**

**Chart 2: Graphic display of the pH value variation in samples**



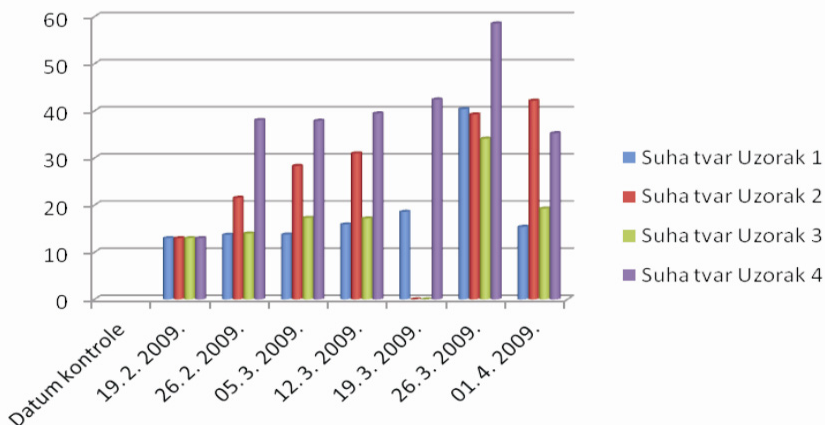
Najveće promjene pH vrijednosti zabilježene su u prvom uzorku u kojem se nalazi samo mulj bez dodataka i u trećem uzorku u kojem je mulj pomiješan sa slamom.

Pri uzorcima mulja pomiješanim sa zeolitom je zabilježen prvo pad pH vrijednosti, a zatim blagi nastavak rasta (Grafikon 2.).

U sadržaju suhe tvari utvrđene su najveće promjene. Uzorci broj 2 i 4 kojima je dodan zeolit imali su najviše vrijednosti suhe tvari vjerojatno zbog vezanja vode za čestice zeolita (Grafikon 3.).

**Grafikon 3. Rezultati laboratorijskih analiza odredivanja suhe tvari**

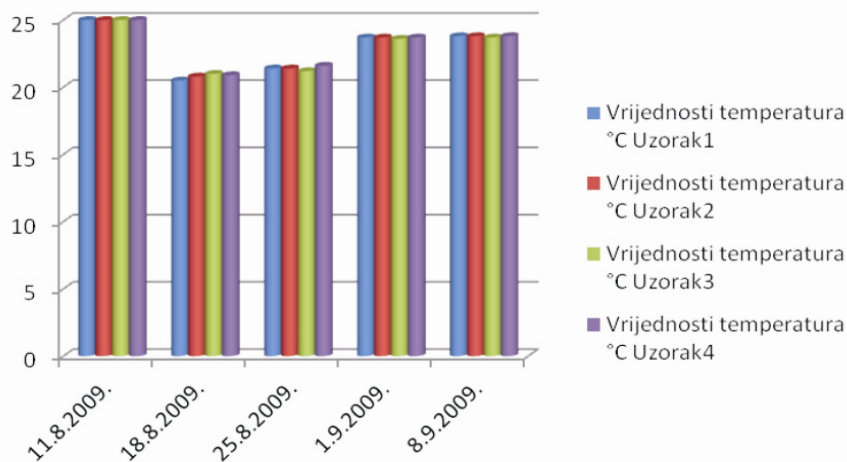
**Chart 3: Results of laboratory analyses and determination of dry matter**



Rezultati analiza mulja iz pivovare Carlsberg i Kvasac d.o.o. Zagreb

**Grafikon 4. Kretanje temperatura u razdoblju od pet tjedana u pokusnim uzorcima Carlsberg**

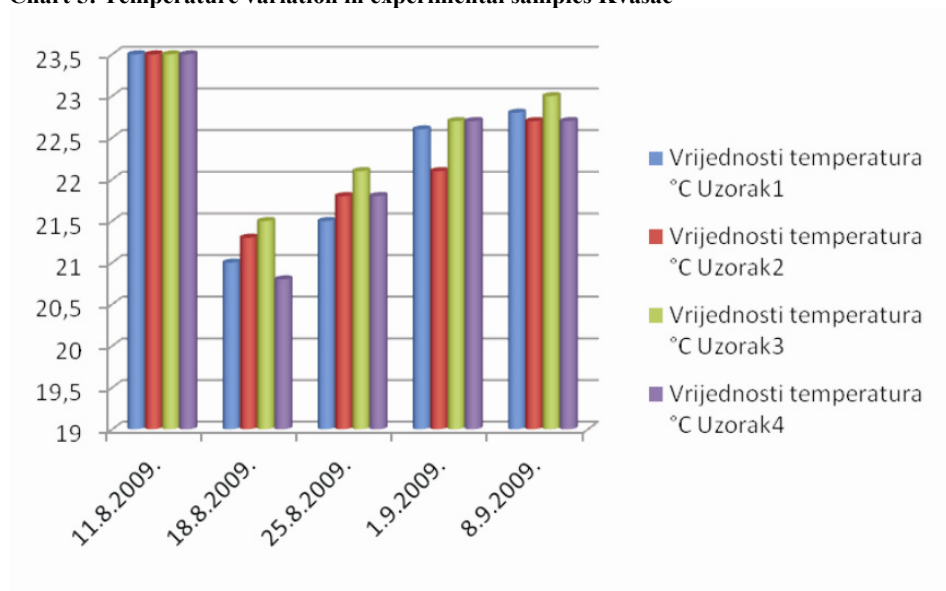
**Chart 4: Temperature variation in a period of five weeks in experimental samples Carlsberg**



Na dan uzorkovanja i postavljanja pokusa temperatura mulja je iznosila 25°C. Nakon nekog vremena temperatura uzoraka mulja bila je izjednačena s temperaturom zraka u prostoriji. U četvrtom i petom tjednu provođenja pokusa zabilježen je porast temperature u uzorcima (Grafikon 4.).

**Grafikon 5. Kretanje vrijednosti temperature pokusnih uzoraka Kvasac**

**Chart 5: Temperature variation in experimental samples Kvasac**

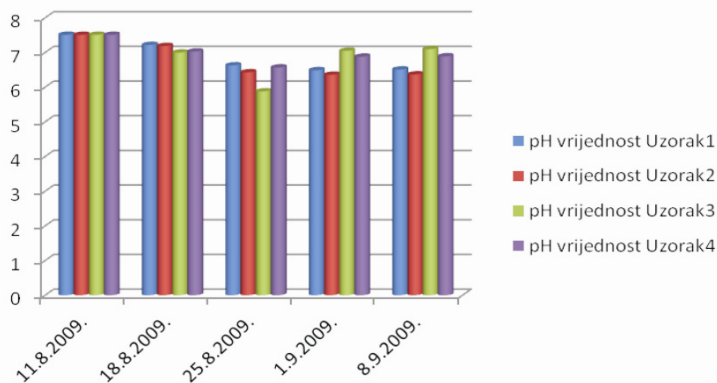


Kod pokusnih uzoraka Kvasca zabilježene su promjene temperaturnog kretanja manjeg raspona nego kod uzoraka Carsberg.

Oscilacije i porast vrijednosti temperature mogle bi biti pokazatelj djelovanja mikroorganizama, koji bi kroz dulje vremensko razdoblje vjerojatno pokazali još izraženiju aktivnost što bi se tada još više odrazilo i na temperaturnim vrijednostima (Grafikon 5.).

**Grafikon 6. Kretanje pH vrijednosti u pokusnim uzorcima Carlsberg, u razdoblju od pet tjedana**

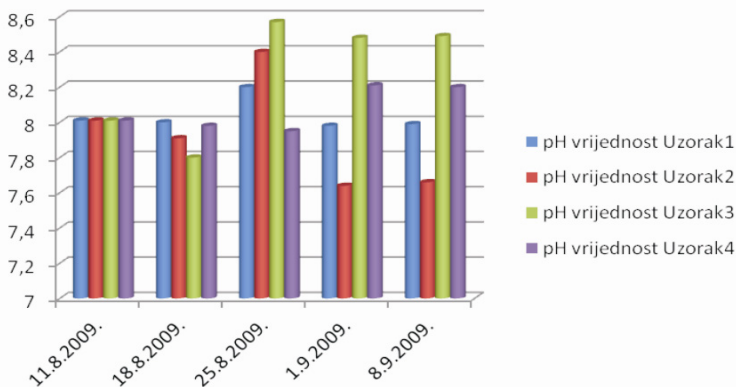
**Chart 6: pH value variation in a period of five weeks in experimental samples Carlsberg**



Kod mjerenja pH vrijednosti također su vidljive promjene. Uobičajena pojava u prvoj fazi kompostiranja je spuštanje pH vrijednosti, što se dogodilo i u ovom slučaju s obje vrste mulja. U usporedbi s vrijednostima izmjerenim u uzorcima mulja Danica, vidljivo je da je u mulju Carlsberg i Kvasac došlo do značajnih promjena (Grafikoni 6. i 7.).

**Grafikon 7. Kretanje pH vrijednosti za uzorke Kvasac**

**Chart 7: pH value variation for samples Kvasac**

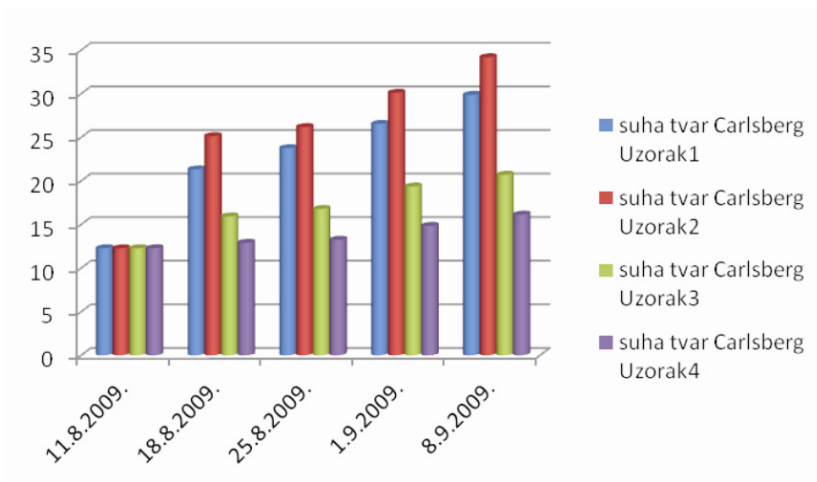




Uzorci Kvasac kod vrijednosti pH pokazuju neutralnu do blago alkalnu reakciju, koja je u posljednjim tjednima imala blagi nastavak rasta (Grafikon 7.).

**Grafikon 8. Vrijednosti suhe tvari utvrđene u laboratoriju za uzorke Carlsberg**

**Chart 8: Dry matter determined in laboratory for samples Carlsberg**



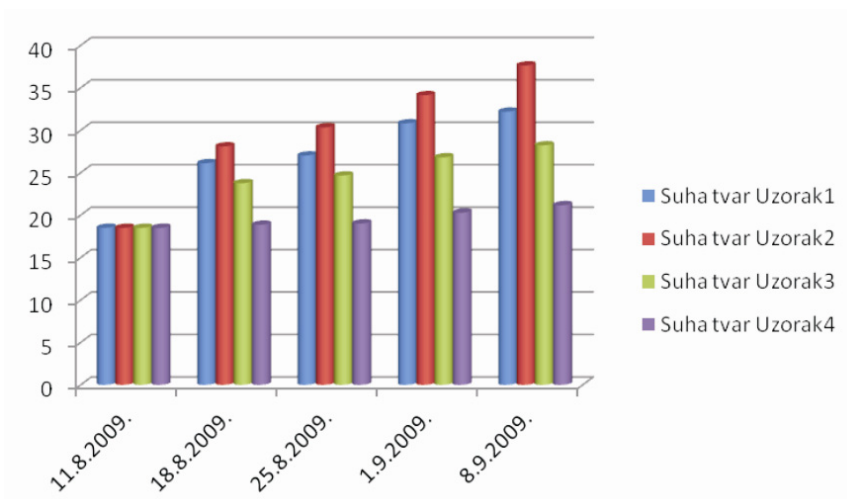
Za razliku od vrijednosti suhe tvari izmjerene u pokusu provedenim početkom godine s uzorcima mulja Danica kod kojih se udio suhe tvari povećavao mnogo brže pa je u određenom momentu bilo potrebno dodati tekućinu u uzorke kako bi potaknuli rad mikroorganizama kod uzoraka Carlsberg i Kvasac udio suhe tvari se postupno povećava bez značajnih odstupanja.

Udio suhe tvari bio je veći u uzorcima koji su pomiješani sa zeolitom. Budući da je zeolit mineral šupljikave strukture vjerojatno je vezao dio dostupne tekućine (Grafikon 8.).

Sadržaj suhe tvari u uzorcima Kvasac bio je veći u odnosu na uzorak Carlsberg (Grafikon 9.).

**Grafikon 9. Vrijednosti suhe tvari u pokusnim uzorcima Kvasac**

**Chart 9: Dry matter content in experimental samples Kvasac**



## RASPRAVA

U proizvodnim uvjetima vrijednosti mjerenih parametara bi vjerojatno bile drugačije. Budući da je provedeni pokus bio samo simulacija bioloških procesa nije bilo moguće zadovoljiti sve potrebne uvjete za uspješnu transformaciju biomase mulja u pravi kompost zbog tehničkih uvjeta i nedostatka sredstava. Ipak, promjene koje su uočene mjerenjem vrijednosti tri ispitivana parametra daju naznake da je mulj bogat hranivima i povoljan za primjenu u poljoprivredi što dokazuje i pšenica koja je izniknula iz uzorka Carlsberg u kojem je mulj bio pomiješan sa slamom.

U veljači 2004. godine provedeno je ispitivanje mulja Panonske pivovare, te je napisan elaborat o kemijskim, fizikalnim i mikrobiološkim osobinama tog mulja.

Ispitivanje je provedeno s ciljem utvrđivanja kemijskih, fizikalnih i mikrobioloških svojstava mulja i njegovog mogućeg utjecaja na tlo i uzgajane biljke. Također utvrđivano je da li je njegovo privremeno odlaganje na ili u neposrednoj blizini poljoprivrednih površina sigurno za zdravlje ljudi i životinja

i da li privremeno odlaganje mulja na ili u neposrednoj blizini poljoprivrednih površina imati potencijalno negativni odnosno štetni utjecaj na okoliš.

Isto tako, htjelo se utvrditi kemijske, fizikalne i mikrobiološke osobine mulja u svrhu daljnjih istraživanja njegovog učinka na oraničnu proizvodnju i proizvodnju supstrata za uzgoj bilja u zaštićenim prostorima. (Grupa autora., 2004). U istraživanjima je utvrđena vododržnost, gustoća i specifična volumna težina mulja. Od kemijskih osobina mulja utvrđivala se pH vrijednost, količina ukupne organske tvari, udio ukupnog dušika, udio suhe tvari i pepela, udio teških metala i biogenih makro i mikroelemenata atomsko - adsorpcijskom spektrofotometrijskom metodom: provedeno je istraživanje i mikrobioloških osobina mulja i „screening“ fitotoksičnosti standardnim mikrobiološkim pregledom mezofilnih mikroorganizama i testom klijavosti zrna pšenice u petrijevim zdjelicama. Mulj je korišten kao podloga za naklijavanje bez dodatka drugog hraniva (Tablica 1.).

Prema vrijednostima prikazanim na tablici može se zaključiti da je mulj zadovoljavajućih fizikalnih osobina, te da ima dobru sposobnost zadržavanja vode. U skladu s tim preporučljivo ga je primjenjivati na tlima smanjene vododržnosti poput aluvijalnih tipova tala, te tlima pjeskovito ilovaste strukture. Upotreba mulja na poljoprivrednom tlu isključuje zakiseljavanje ili alkalizaciju tla jer je pH reakcija mulja neutralna što upućuje na njegovu visoku pufersku vrijednost.

Povoljan udio biogenih mikro i makro elemenata (N, K, P, Ca, Mg, Fe, Cu i Zn) ima veliku važnost za rast i razvoj biljaka. Istovremeno nema naznaka na fitotoksične količine bilo kojeg metala. Budući da se u mulju nalazi velik udio kalcija koji u tlu djeluje kao koagulator sekundarnih alumosilikata (minerala gline), pospješuje se stvaranje strukturnih agregata tla.

Nizak udio natrija je povoljan jer natrijevi ioni imaju negativan učinak na tlo. Natrij ima peptidno djelovanje na strukturne agregate tla, dakle suprotno od kalcija.

Svaki mulj koji se planira primijeniti u ratarskoj proizvodnji ili upotrijebiti kao sirovinu za pripremu komposta mora biti siguran za rukovanje i korištenje, tj. ne smije biti opterećen opasnim bakterijama ili drugim štetnim mikrobima.

**Tablica 1. Rezultati istraživanja kemijskih i fizikalnih karakteristika mulja**

**Table 1 Chemical and physical characteristic of sludge**

Osobina	Vrijednosti
Specifična gustoća (specifična težina volumna-s.t.v.)	0,97≈1g/cm <sup>3</sup> ili kg/l
Iscijedena voda nakon 48 sati filtracije u laboratorijskim uvjetima	0,00ml
Voda	88-90 %
Suha tvar (s.t.)	10-12%
Pepeo	33,50%
pH (u deinoiziranoj H <sub>2</sub> O)	7,25
pH (u 1mol/dm <sup>3</sup> KCL)	5,93
Ukupna organska tvar	66,50%
Ukupni dušik (N)	5% u s.t., odnosno 0,5 uzorku s 90% vode
Ukupni kalij (K <sub>2</sub> O)	1,93% u s.t.
Ukupni fosfor (P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> )	6,64% u s.t.
Kalcij (Ca)	5,20% u s.t.
Natrij (Na)	0,847% u s.t.
Magnezij (Mg)	0,783/ u s.t.
Mangan (Mn)	38,0mg/kg s.t.
Cink (Zn)	231,0 mg/kg s.t.
Bakar (Cu)	71,40 mg/kg s.t.
Željezo (Fe)	1534 mg/kg s.t.
Kadmij (Cd)	0,26 mg/kg s.t.
Nikal (Ni)	1,83 mg/kg s.t.
Olovo (Pb)	1,60 mg/kg s.t.
Krom (Cr)	2,98 mg/kg s.t.

Izvor: Elaborat o kemijskim, fizikalnim i mikrobiološkim osobinama mulja. Križevci, veljača 2004.

Kvalitetnu provedbu procesa aerobne razgradnje tvari organskog porijekla iz otpadne vode omogućuje dobra kakvoća aktivnog mulja s dovoljnom zastupljenošću potrebnih mikroorganizama (bakterije, kvasci, alge, protozoe i metazoe) koji pridonose i vezivanju pahuljica mulja. Sve navedene vrste mikroorganizama žive u simbiotskoj zajednici u kojoj po brojnosti prednjače bakterije koje su indikator kakvoće aktivnog mulja. Ovi mikroorganizmi mogu preživjeti u aktivnom mulju ovisno o koncentraciji dostupnog kisika. U skladu s tim nastaju mikrobne skupine aerobnog ili anaerobnog aktivnog mulja.

**Tablica 2. Prisutnost kvasca i enterobakterija i njihovi udjeli u mulju**

**Table 2 Presence and share of yeast and antherobacter in sludge**

Vrsta:	Vrijednost:
Ukupni broj anaerobnih psihrofilnih bakterija u 1g (inkubacija provedena na 22°C)	124000
Ukupan broj anaerobnih mezofilnih bakterija u 1g (inkubacija provedena na 37°C)	128000
Stanice kvasca u 1g uzorka	61000
<i>Enterobacteriaceae</i> u 1g uzorka	126000
<i>Salmonella spp.</i> u 25 g uzorka	Negativan nalaz
<i>Escherichia coli</i> u 45 g uzorka (inkubacija provedena na 44°C)	Negativan nalaz
<i>Enterococcus spp.</i> u 1g uzorka	Negativan nalaz

Izvor: Techno ing, Poduzeće za marketing, inženjering, trgovinu i posredovanje d.o.o. (2005.): Elaborat zaštite okoliša za izgradnju odlagališta za neopasni organski otpad kompostište - Imbriovec.

Pravilnikom o gospodarenju muljem definirani su načini postupanja kako bi se spriječile štetne posljedice za tlo i okoliš. U poljoprivredne svrhe smije se koristiti samo mulj čiji udio teških metala ne prelazi vrijednosti propisane pravilnikom (Tablica 3.).

**Tablica 3. Dopušteni sadržaj teških metala u obrađenom mulju koji se koristi u poljoprivredi**

**Table 3 Admitted content of heavy metals in processed sludge for use in agriculture**

Teški metali	Dopušteni sadržaj teških metala izražen u mg/kg suhe tvari reprezentativnog uzorka mulja
kadmij	5
bakar	600
nikal	80
olovo	500
cink	2000
živa	5
krom	500

Izvor: Pravilnik o gospodarenju muljem iz uređaja za pročišćavanje otpadnih voda kada se mulj koristi u poljoprivredi ( NN 38/08).

Udio teških metala u analiziranom uzorku bio je ispod najviših dopuštenih vrijednosti te je isključena vjerojatnost negativnog utjecaja na okoliš i opterećenja tla. Testom klijavosti nije utvrđeno fitotoksično djelovanje na ponik pšenice, niti je smanjena klijavost. Ukupna klijavost je iznosila 97%. Nisu uočene niti degenerativne promjene na klici u vidu deformacija (Tablica 4.).

Prema ispitanim parametrima uzorak zadovoljava uvjete za odlagalište neopasnog otpada prema Pravilniku o načinima i uvjetima odlaganja otpada, kategorijama i uvjetima rada za odlagalište otpada (NN117/07).

Temeljem provedenih analiza utvrđeno je da mulj je dobre vododržnosti, te djeluje povoljno na povećanje kapaciteta tla za vodu. Isključena je prisutnost opasnih bakterija i teških metala kojima bi se moglo kontaminirati tlo korištenjem mulja kao gnojiva. Prema udjelu mikroorganizama manje je opasan od stajskog gnoja ili gnojovke kojima se tretiraju ratarske površine u konvencionalnoj ratarskoj proizvodnji. Karakterističan je po značajnom udjelu organske tvari koja potječe od mikroorganizama sakupljenih mikrobiološkom obradom otpadnih voda. Siguran je kao materijal za deponiranje ili primjenu na poljoprivrednim površinama zbog potencijalno korisnog učinka na tlo, a isključena je opasnost za okoliš.

**Tablica 4. Udio teških metala utvrđen u uzorku mulja**

**Table 4 Content of heavy metals in sludge samples**

Redni br.	Fizikalno-kemijski parametri	MDK za odlagalište neopasnog otpada	mg/kg suhe tvari
1.	Arsen (As)	2	<0,001
2.	Barij (Ba)	100	<10
3.	Kadmij (Cd)	1	<0,1
4.	Ukupni Krom (Cr)	10	1,11
5.	Bakar (Cu)	50	<0,05
6.	Živa (Hg)	0,2	<0,006
7.	Molibden (Mo)	10	<10
8.	Nikal (Ni)	10	<0,2
9.	Olovo (Pb)	10	<0,4
10.	Selen (Se)	0,5	<0,1
11.	Cink (Zn)	50	<0,5
12.	Kloridi (Cl)	15 000	176,7
13.	Fluoridi (F)	150	<5
14.	Sulfati (So <sup>2</sup> □)	20 000	<100
15.	Otopljeni organski ugljik (DOC)	800	260
16.	Ukupne rastopljene tvari	60 000	1 960

Izvor: Bioinstitut d.o.o. Laboratorij Dr. Rudolfa Steinera 7, Čakovec.

U drugim su pak istraživanjima utvrđivana svojstva aktivnog mulja nastalog iz procesa obrade otpadnih voda Tvornice za proizvodnju pekarskog kvasca u Koprivnici.

Mulj sadrži veoma visok udio organske tvari što ga čini vrlo jako humoznim, a kao takav je vrlo povoljan za korištenje kao organski gnoj ili kao sirovina za proizvodnju komposta (Tablica 5.). Pogodan je za korištenje prvenstveno na kiselim tlima, uzimajući u obzir njegovu alkalnu reakciju. Visoki sadržaj organske tvari koja se nalazi u mulju vjerojatno potječe od sirovinske osnove koja se koristi za proizvodnju pekarskog kvasca, a to je

melasa šećerne repe. Procesima kompostiranja bi se organska tvar mogla preraditi u trajni humus koji blagotvorno djeluje na plodnost tla. U skladu s tim može se koristiti za povećanje plodnosti tla, za uzgoj svih kultura na otvorenom i zaštićenim prostorima.

Rezultati analiza pokazuju da je udio teških metala u aktivnom mulju podrijetlom iz otpadnih voda proizvodnje pekarskog kvasca u dozvoljenim količinama i da se mulj može koristiti za kompostiranje (Tablica 6.). Količinu komposta koji se unosi u tlo potrebno je odrediti prema sadržaju suhe tvari tako

**Tablica 5. Važniji kemijski parametri mulja**

**Table 5 Important chemical parameters of sludge samples**

Oznaka uzorka	Reakcija tla pH, n-CaCl <sub>2</sub>	Ocjena	Organske tvari (%)	Ocjena	Opskrbljenost tla hranivima mg/100g tla		
					P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> Ocjena	K <sub>2</sub> O Ocjena	
Kvasac 1	8,02	alkalna	34,1	v.j. Humozno	38,2 v.bogata	>45,0 v.bogata	
Kvasac 2	7,75	alkalna	34,1	v.j. Humozno	41,2 v.bogata	>45,0 v.bogata	

V.j. Humozno = vrlo jako humozno V. bogara = vrlo bogata

Izvor : Grupa autora (2005): Biološki mulj iz obrade otpadnih voda tvornice za proizvodnju pekarskog kvasca: karakteristike, kompostiranje i primjena. Prehrambeno- biotehnološki fakultet Sveučilište u Zagrebu.

**Tablica 6. Sadržaj teških metala u mulju nastalom iz obrade otpadnih voda tvornice za proizvodnju pekarskog kvasca u Koprivnici**

**Table 6 Heavy metals content in sludge from waste water processing of yield factory in Koprivnica**

Oznaka uzorka	Sadržaj u tlu, mg/kg, ekstrahirano u zlatotopki							
	Cd	Pb	Mn	Co	Ni	Cu	Cr	Zn
Kvasac 1	2,7	30	766	17	11	36	11	156
Kvasac 2	2,8	29	777	16	12	34	10	158

Izvor: Biološki mulj iz obrade otpadnih voda tvornice za proizvodnju pekarskog kvasca: karakteristike, kompostiranje i primjena. Zagreb, svibanj 2005. Autori Dr. sc. Slobodan Grba; Dr. sc. Srdan Novak.



da maksimalna količina primjenjenog komposta ne smije iznositi više od 10 tona suhe tvari po hektaru godišnje.

U slučaju višegodišnje primjene komposta na istoj parceli, potrebno je analizirati zastupljenost teških metala u tlu.

## ZAKLJUČCI

Pokusom provedenim u zimskom razdoblju godine s muljem nastalim obradom otpadnih voda pročištača Danica kad su temperature zraka bile relativno niske što je negativno utjecalo na rad mikroba u pokusnim uzorcima nije bilo očekivanih reakcija. Najveće promjene su zabilježene u sadržaju suhe tvari.

Rezultati dobiveni analizom aktivnih muljeva pivovare Carlsberg i tvornice Kvasac pokazuju da je aktivnost mikroorganizama bila veća što se odrazilo na vrijednosti mjerenih parametara.

U ekološkoj proizvodnji mogla bi biti zanimljiva mješavina mulja sa zeolitom. Upotrebom zeolita prilikom kompostiranja dobiva se visokokvalitetno kompostno gnojivo s produženim djelovanjem za vrijeme trajanja vegetacije ratarskih kultura, jer je smanjen gubitak hranjivih tvari. Prilikom procesa miješanja mulja sa zeolitom znatno se smanjuje neugodan miris kompostne hrpe, a i zagađenje okoliša je svedeno na minimum.

Mulj je pogodan za korištenje na tlima zbog povoljne pH reakcije te kao kompost djeluje povoljno na strukturu tla.

## LITERATURA

1. Anonimus (2007): Biološki uređaj za pročišćavanje otpadnih voda grada Koprivnice. Komunalac, gradsko komunalno poduzeće d.o.o.
2. Anonimus (2005.): Elaborat zaštite okoliša za izgradnju odlagališta za neopasni organski otpad kompostište- Imbriovec.
3. Anonimus (2000.): Studija o ekološkoj i ekonomskoj potrebi osnivanja centralne kompostane za preradu bio-otpada na području Republike Hrvatske.
4. Anonimus (1991): Upotreba mulja kao gnojiva. Agrotehničar (4/91), mjesečni časopis, izabrani članak. (Str. 37-38)

5. Dolenc, M. (2005): Opis postupanja s biorazgradivim otpadom u cilju proizvodnje komposta. Poljoprivredna zadruga Imbriovec.
6. Drvenkar, D.(2004.): Idejno rješenje, odlagalište za neopasni otpad-kompostište. Abra d.o.o.
7. Glancer-Šoljan, Margareta; Tibela Landeka Dragičević; V. Šoljan; S. Ban (XX): Biotehnologija u zaštiti okoliša. Interna skripta. Prehrambeno-biotehnološki fakultet Sveučilište u Zagrebu. (Str. 112-154)
8. Grupa autora (2000): Mogućnost proizvodnje komposta od uguščenih otpadnih muljeva uređaja za pročišćavanje otpadnih voda Danica. Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Odelek za agronomijo, Center za pedologijo in varstvo okolja.
9. Grupa autora (2004): Elaborat o kemijskim, fizikalnim i mikrobiološkim osobinama saturacijskog mulja. Visoko gospodarsko učilište u Križevcima.
10. Grupa autora (2005): Biološki mulj iz obrade otpadnih voda tvornice za proizvodnju pekarskog kvasca: karakteristike, kompostiranje i primjena. Prehrambeno- biotehnološki fakultet Sveučilište u Zagrebu.
11. Hren, M. (2008.): Što je zeolit? Velebit informatika international d.o.o. Zagreb.
12. Kemer, N. Frank (2001): Nalkov priručnik za vodu. Hemijska kompanija Nalko. Jugoslovenska akademija Savez inženjera i tehničara Srbije, Građevinska knjiga, a.d.
13. Pal, I. i suradnici (2000.): Eko poljoprivredna čitanka, Koprivnica.
14. Pravilnik o graničnim vrijednostima pokazatelja, opasnih i drugih tvari u otpadnim vodama (NN br. 40/99).
15. Pravilnik o procjeni utjecaja na okoliš (NN 59/00 i 136/ 04).
16. Pravilnik o gospodarenju muljem iz uređaja za pročišćavanje otpadnih voda kada se mulj koristi u poljoprivredi (NN38/08).
17. Pravilnik o dobroj poljoprivrednoj praksi u korištenju gnojiva (NN 56/08).
18. Pravilnik o zaštiti poljoprivrednog zemljišta od onečišćenja štetnim tvarima (NN15/92).
19. Pravilnik o načinima i uvjetima odlaganja otpada, kategorijama i uvjetima rada odlagališta otpada (NN117/07).
20. Tedeschi, S. (1997): Zaštita voda. Hrvatsko društvo građevinskih inženjera, Zagreb.

21. Tušar, Božena (2004): Ispuštanje i pročišćavanje otpadne vode. Croatia knjiga, Zagreb.
22. Udruga, Centar za kompost, Osijek (2005.): Mali priručnik za kompostiranje. Centar za kompost, Osijek.
23. Uredba o opasnim tvarima u vodama (NN br. 78/98).
24. Vuković, Marija (2006.): Analiza procesa nastajanja aktivnog mulja pri obradi otpadnih voda. Disertacija, Sveučilište u Zagrebu, Fakultet kemijskog inženjerstva i tehnologije.
25. Zakon o zaštiti okoliša (NN br. 82/94, 128/99).
26. Zakon o vodama (NN br. 107/95).
27. Zakon o otpadu (NN br. 151/03).
28. Znaor, D. (1996.): Ekološka poljoprivreda. Nakladni zavod Globus, Zagreb.

**Adresa autora – Author's address:**

Struč. spec. ing. agr. Daniela Nekić Dvorski  
Starogradska 20/1  
48000 Koprivnica

**Primljeno - received:**

10.02.2012.

