

Zbornik

**11. strokovnega posvetovanja
z mednarodno udeležbo**

**“GOSPODARJENJE
Z ODPADKI - GZO’10”**

Glavni urednik:
dr. Jože KORTNIK

Moravske Toplice,
26. avgust 2010

Spoštovani udeleženci,

z letos že enajstim strokovnim posvetovanjem z mednarodno udeležbo „Gospodarjenje z odpadki – GzO'10” nadaljujemo z izvedbo interdisciplinarnih strokovnih/znanstvenih srečanj domačih in tujih strokovnjakov s področja gospodarjenja z odpadki. Za uspešno delo na tako zahtevnem interdisciplinarnem področju kot je gospodarjenje z odpadki je namreč nujno potrebno povezovanje, sodelovanje in izmenjava izkušenj strokovnjakov različnih strok.

Na strokovnem posvetovanju z mednarodno udeležbo „Gospodarjenje z odpadki – GzO'10”, ki tokrat prvič poteka v Pomurju, bo po izboru strokovnega odbora GzO svoje prispevke predstavilo 13 domačih in tujih predavateljev, strokovnjakov na področju gospodarjenja z odpadki. Ti nam bodo predstavili novosti in stanje na področju zakonodaje ravnanja z odpadki v Sloveniji in EU, prikazali tehnološke in ekonomske možnosti različnih načinov obdelave odpadkov, uspešne regijske pristope reševanja problematike ravnanja z odpadki v Sloveniji, novosti v svetu, rezultate raziskav in razvoja na področju ravnanja z odpadki. Za izmenjavo idej, mnenj in izkušenj glede stanja in možnosti nadaljnjega razvoja na področju gospodarjenja z odpadki bodo potekale tri tehnične sekcije ter strokovno voden ogled Centra za ravnanje z odpadki Puconci - CEROP. Zbornik člankov strokovnega posvetovanja GzO'10 je nekoliko skromnejši kot lanski in obsega 13 prispevkov od skupaj 26 avtorjev in soavtorjev, od tega 2 prispevka iz tujine (Finske in Hrvaške).

V okviru strokovnega posvetovanja bomo, v sodelovanju z družbama Gorenje Surovina d.o.o. in Saubermacher, izvedli tudi poldnevno strokovno vodeno ekskurzijo z ogledom Centra za predelavo odpadkov družbe Gorenje Surovina v Mariboru in Centra za ravnanje z odpadki družbe Saubermacher v Gradcu (Avstrija). Glede na lanskoletno dokaj številčno udeležbo na strokovni ekskurziji v Pokrajino Gorico (Italija), tudi letos nadaljujemo s to novostjo na naših posvetovanjih.

Zahvale

Za pokroviteljstvo nad 11. strokovnim posvetovanjem z mednarodno udeležbo „Gospodarjenje z odpadki – GzO'10” se želim zahvaliti Univerzi v Ljubljani, Naravoslovnotehniški fakulteti, Oddelku za geotehnologijo in rudarstvo, Ministrstvu za okolje in prostor, društvu SRDIT in Občini Moravske Toplice, ki gosti letošnje strokovno posvetovanje.

V imenu organizacijskega odbora se še posebej toplo zahvaljujem zlatima sponzorjema podjetjema RIKO d.o.o. in Gorenje Surovina d.o.o. in bronastim sponzorjem družbam KOSTAK, komunalno stavbno podjetje d.d., Centru za ravnanje z odpadki Dolenjske – CeROD, ECONO d.o.o. in ERICo Velenje Inštitut za ekološke raziskave d.o.o.. Za organizacijo in izvedbo strokovno vodenih ekskurzij se zahvaljujem Centru za ravnanje z odpadki Puconci – CEROP in družbi Saubermacher Slovenija d.o.o..

Organizacija in izvedba uspešnega strokovnega posvetovanja z mednarodno udeležbo zahteva predano in timsko delo številnih posameznikov. Toplo bi se želel zahvaliti članom organizacijskega in strokovnega odbora GzO, ki so pomembno pripomogli k uspešni organizaciji in izvedbi strokovnega posvetovanja.

Zahvalo za uspešno strokovno posvetovanje dolgujem tudi vsem Vam, ki ste pripravili strokovne prispevke in predstavitve in vsem Vam, ki boste sodelovali z vprašanji, mnenji in pripombami v strokovnih razpravah in na strokovni ekskurziji.

SREČNO!

doc.dr. Jože KORTNIK
predsednik organizacijskega
in strokovnega odbora GzO'10

KAZALO

	doc.dr. Jože KORTNIK	
ID 13	Ravnanje z gradbenimi odpadki v RSloveniji	1
	Drago MIR	
ID 10	Nenevarni-nevarni odpadki – zakonodaja in izvajanje v praksi	15
	dr. Marinka VOVK, dr. Janja KLINČAR	
ID 12	izkušnje delovanja prvega centra ponovne uporabe v Sloveniji	24
	Drago DERVARIČ	
ID 07	Primer dobre prakse ločenega zbiranja embalažnih materialov	34
	mag. Janez EKART, Brigita POLANEC, prof.dr. Srečko GLODEŽ, prof.dr. Niko SAMEC, dr. Filip KOKALJ	
ID 04	Razvoj matematičnega modela za izdelavo trdnega goriva iz odpadkov	43
	prof.dr. Viktor GRILC, mag. Muharem HUSIĆ	
ID 11	Problemi pri termični izrabi lesne biomase in možne rešitve	58
	Vesna MISLEJ, Cirila BORDON	
ID 03	Specifikacija in uporaba alternativnega trdnega goriva iz blata komunalne čistilne naprave	68
	dr. Igor PETROVIČ, prof.dr. Davorin KOVAČIĆ	
ID 05	Mehanički parametri MBO otpada	80
	mag. Andrej IVANC, mag. Grega VERK	
ID 06	Čistilna naprava za izcedne vode odlagališča nenevarnih odpadkov Barje - Ljubljana	91
	Nanna RONKAINEN, dr. Kauko KUJALA, dr. Jouko SAARELA	
ID 02	Field tests of using industrial by-products in landfill cover	103
	doc.dr. Andrej BOMBAČ, Jože LENARČIČ	
ID 01	Vitek nevtralizacijski reaktor – izbor in presoja mešanja	111

Dora ILIĆ, Lidija NEVEDA

ID 08 Izkušnje in težave pri zbiranju in uničevanju medicinskih odpadkov v podjetju Ekologija d.o.o. 121

Karel LIPIČ

ID 09 Lokalna agenda 21 za Slovenijo za občine v letu 2008/2009 132



ID 10

Ravnanje z gradbenimi odpadki v Republiki Sloveniji

doc. dr. Jože KORTNIK¹

¹ *UNIVERZA V LJUBLJANI, Naravoslovnotehniška fakulteta,
Oddelek za geotehnologijo in rudarstvo, Aškerčeva 12,
SI-1000 LJUBLJANA
joze.kortnik@ntf.uni-lj.si*

Povzetek

Gradbeništvo ima na okolje velik vpliv, ki se prične z proizvodnjo in prevozom materialov, nadaljuje z gradnjo in rušenjem zgradb, ter vplivom zgradb na okolje. Največ materialov, ki se v gradbeništvu uporabljajo, kot so pesek, gramoz, kamenje, lapor, apnenec in les se pridobiva iz naravnih virov. Njihova proizvodnja in prevoz povzročata različne vplive na okolje, kot so prah, hrup, onesnažen zrak in vode, onesnaženost tal, sprememba krajine in zmanjšanje neobnovljivih naravnih virov. Na drugi strani gradbeništvo kot dejavnost proizvede vedno večje količine gradbenih odpadkov, ki jih je v veliki meri možno ustrezno predelati in ponovno uporabiti. Za dolgoročno zmanjšanje vpliva gradbeništva na okolje, je zato potrebno zmanjšati uporabo naravnih virov in poskrbeti za večjo pripravo in uporabo sekundarnih surovin iz pridobljenih gradbenih odpadkov.

Količina nastalih gradbenih odpadkov v Sloveniji v povprečju narašča in se je od leta 2002 do leta 2005 povečala za več kot trikrat, kar je posledica tako vestnejšega poročanja kot predvsem povečane gradnje različnih objektov in cestne infrastrukture. Zato so cilji ravnanja z gradbenimi odpadki v Sloveniji usmerjeni k vzpostavitvi učinkovitega sistema ravnanja z gradbenimi odpadki (do konca leta 2008), ki obsega: ločeno zbiranje na mestu nastanka, 30 % ponovno uporabo, 40 % snovno predelavo, sežiganje oziroma uporabo lesa v gradbenih odpadkih kot gorivo, 10 % odlaganje neuporabnih preostankov. Za odpadke iz zemeljskih izkopov - 30 % ponovno uporabo, 50 % uporabo preostanka po predelavi, odlaganje neuporabnih preostankov do 20 %, ter vzpostavitvi registra objektov in naprav, v katerih je vgrajenih več kot 1.000 kg materialov, ki vsebujejo šibko vezani azbest ter zagotovitev odlaganja odpadkov, ki vsebujejo trdno vezan azbest, na odlagališča nenevarnih odpadkov.

V članku bodo prikazani različni načini ravnanja z gradbenimi odpadki, ki jih v prvi vrsti narekuje država z zakonodajo, in na drugi strani trg s cenami gradenj. Predstavljeni bodo potenciali in možnosti ponovne uporabe inertnih gradbenih odpadkov/materialov.

Ključne besede: gradbeni odpadki, reciklaža, center za ravnanje z gradbenimi odpadki.

1. UVOD

V okviru Nacionalnega programa varstva okolja (ReNPVO) je za področje ravnanja z gradbenimi odpadki izdelan operativni program ukrepov ravnanja z gradbenimi odpadki (OP). V prvem štiriletnem obdobju, od 2004 do 2008, je bil usmerjen predvsem k vzpostavitvi učinkovitejšega sistema ravnanja z gradbenimi odpadki, ki obsega: ločeno zbiranje na mestu nastanka, 30 % ponovno uporabo, 40 % snovno predelavo, sežiganje oziroma uporabo lesa v gradbenih odpadkih kot gorivo, 10 % odlaganje neuporabnih preostankov. Za odpadke iz zemeljskih izkopov - 30 % ponovno uporabo, 50 % uporabo preostanka po predelavi, odlaganje neuporabnih preostankov do 20 %, ter vzpostavitvi registra objektov in naprav, v katerih je vgrajenih več kot 1.000 kg materialov, ki vsebujejo šibko vezani azbest ter zagotovitev odlaganja odpadkov, ki vsebujejo trdno vezan azbest, na odlagališča nenevarnih odpadkov. Količina nastalih gradbenih odpadkov v povprečju narašča. Od leta 2002 do leta 2005 se je po podatkih ARSO količina gradbenih odpadkov povečala za več kot trikrat, kar je posledica tako prizadevnejšega poročanja kot tudi povečane gradnje različnih objektov in cestne infrastrukture.

Ravnanje z gradbenimi odpadki danes podrobneje ureja Uredba o ravnanju z odpadki, ki nastajajo pri gradbenih delih (Ur. l. RS št. 34/08). Ta določa obvezna ravnanja z odpadki, ki nastajajo pri gradbenih delih zaradi gradnje, rekonstrukcije, adaptacije, obnove ali odstranitve objekta, tj. za odpadke iz skupine odpadkov s številko 17 iz klasifikacijskega seznama odpadkov. Določbe te uredbe ne veljajo za odpadke, ki pri gradbenih delih ne nastanejo neposredno kot posledica postopkov izvajanja gradbenih del, kot so npr. odpadna embalaža, ki ovija gradbeni material ali gradbene izdelke, ali komunalni odpadki, ki jih povzročajo zaposleni na gradbišču. Ne velja za zemeljski izkop, ki nastaja pri gradbenih delih zaradi gradnje, rekonstrukcije, adaptacije, obnove ali odstranitve objekta, če ni onesnažen z nevarnimi snovmi tako, da bi se v skladu s predpisom, ki ureja ravnanje z odpadki, uvrstil med nevarne gradbene odpadke, in se ravna z njim v skladu s predpisom, ki ureja obremenjevanje tal z vnašanjem odpadkov. Prav tako ne velja za odpadne

naplavine, ki se v skladu s predpisi, ki urejajo vode, premeščajo znotraj območja površinskih voda zaradi upravljanja voda in vodnih poti ali preprečevanja poplav ali blažitve posledic poplav in suše, če odpadne naplavine niso onesnažene z nevarnimi snovmi tako, da se v skladu s predpisom, ki ureja ravnanje z odpadki, uvrščajo med nevarne gradbene odpadke in ne velja za gradbene odpadke, vključno z zemeljskim izkopom in odpadnimi naplavinami, ki nastajajo pri izvajanju zaščite in reševanja ob naravnih in drugih nesrečah. Za ravnanja z gradbenimi odpadki, ki niso urejena s to uredbo, se uporablja predpis, ki ureja ravnanje z odpadki. Gradbene odpadke, ki vsebujejo azbest urejata Uredba o ravnanju z odpadki, ki vsebujejo azbest (Ur.l. RS, št. 34/08) ter Pravilnik o pogojih, pod katerimi se lahko pri rekonstrukciji in odstranitvi objektov in pri vzdrževalnih delih na objektih, instalacijah in napravah odstranjujejo materiali, ki vsebujejo azbest (Ur.l. RS, št. 72/01 in 41/04 – ZVO-1).

2. VRSTE GRADBENIH ODPADKOV

Gradbeni odpadki, za katere se lahko izvajala reciklaža oz. predelava, so glede na izvor nastanka razvrščeni v naslednje glavne skupine:

- Gradbeni odpadki za snovno predelavo:
 - i. nekontaminirani zemeljski izkopi in njim podobni materiali nizke gradnje (17 05 04 in 17 05 06),
 - ii. mineralni odpadki rušitev, obnove ali gradnje objektov (17 01 01, 17 01 02, 17 01 03, 17 01 07),
 - iii. mešani gradbeni odpadki (17 09 04, 17 08 02, 17 02 00, 17 04 00) so:
 - 1. les, steklo, plastika,
 - 2. kovine,
 - 3. gradbeni materiali na osnovi gipsa.
- Gradbenih odpadkov, ki jih odstranjuje služba za ravnanje z odpadki:
 - i ostanki predelave gradbenih odpadkov za katere še ne obstaja nadaljnja snovna predelava ali prodajni trg sekundarnih surovin.
- Gradbeni odpadki, ki se po Uredbi o ravnanju z odpadki (Ur. l. RS, št. 34/08) štejejo kot nevarni in ne morejo biti predmet storitev.

Glede na Uredbo o ravnanju z odpadki (Ur. list RS, št. 34/08) ter njeno priložilo 7. Klasifikacijski seznam odpadkov, se gradbeni odpadki in ruševine vključno z odpadnimi materiali pri gradnji cest razvrščajo v klasifikacijsko skupino 17. Nadalje so materiali razvrščeni v 8 podskupin:

- 17 01 – Beton, opeka, ploščice in keramika;
- 17 02 – Les, steklo in plastika;
- 17 03 – Bitumenske mešanice, premogov katran in katranski izdelki;
- 17 04 – Kovine (vključno z zlitinami);

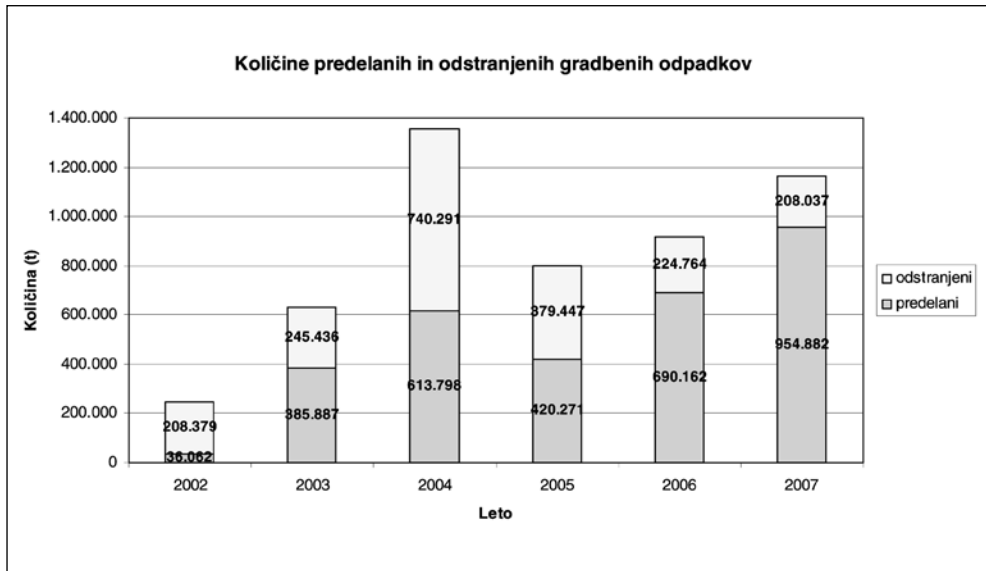
- 17 05 – Zemlja (vključno z izkopano zemljino z onesnaženih krajev), kamenje in zemeljski izkopi;
- 17 06 – Izolirni materiali in gradbeni materiali, ki vsebujejo azbest;
- 17 08 – Gradbeni materiali na osnovi gipsa;
- 17 09 – Drugi gradbeni odpadki in odpadki pri rušenju objektov.

V vseh klasifikacijskih skupinah so nevarni odpadki označeni z zvezdico. Nevarnih odpadkov se ne sprejema v predelavo, kakor tudi ne material pomešanih z nevarnimi odpadki oz. le v primeru, ko uporabniki nevarne odpadke izločijo sami pred oddajo.

Tabela 1.: Sestava gradbenih odpadkov z oceno letnih količin.

SESTAVA GRADBENIH ODPADKOV		
	Prostorninski delež	Utežni delež
Mineralne surovine	55 %	85 %
gorljive komponente	40 %	13 %
kovine (železo, barvne kovine)	5 %	2 %
OCENA LETNIH KOLIČIN GRADBENIH ODPADKOV (kg / E.a = kilogramov na prebivalca na leto)		
ostanki cestogradnje		150 kg/E.a
mineralni odpadki rušitev, obnove ali gradnje objektov		200 kg/E.a
mešani gradbeni odpadki		50 - 250 kg/E.a

Po oceni iz 'Operativnega programa ravnanja z gradbenimi odpadki za obdobje od 2004 do konca 2008 (**OD14 Gradbeni odpadki**)', nastane v Sloveniji blizu 2 milijonov ton gradbenih odpadkov, od tega 40 % predstavljajo zemeljski izkopi in 60 % ostali gradbeni odpadki. To pomeni letno okoli 1 t gradbenih odpadkov na prebivalca oz. od 500 do 600 kg/prebivalca, nastalih pri gradnjah in rušitvah objektov visokih gradenj ter okrog dodatnih 300 do 400 kg gradbenih odpadkov nastalih pri gradnji inženirskih objektov, tj. zemeljskih izkopov, gradnji cest, ipd. Problem gradbenih odpadkov ni toliko v količini nastalih odpadkov, kot v ravnanju z njimi. Približno polovico teh odpadkov smo v preteklih letih odložili na odlagališčih. Šele v letu 2006 smo jih po podatkih ARSO predelali 63 % oz. 690.162 ton, leto prej pa le 37 % oz. 368.241 t.



Slika 1.: Količine predelanih in odstranjenih gradbenih odpadkov v Sloveniji (vir: ARSO).

V Sloveniji je tako v letu 2005 nastalo 1.006.349 ton gradbenih odpadkov. Problem gradbenih odpadkov ni toliko v količini nastalih odpadkov kot v ravnanju z njimi. Predelati bi bilo možno 90 do 95 % gradbenih odpadkov, v Sloveniji se jih predela manj kot polovico, medtem ko se preostale količine gradbenih odpadkov odlagajo na odlagališčih nenevarnih odpadkov, končajo kot zasipni material različnih zemeljskih depresij ali kako drugače. V letu 2005 je bilo predelano 368.241 t gradbenih odpadkov, ki predstavljajo potencialno sekundarno gradbeno surovino in s tem posledično zmanjšali potrebo po naravnih virih. Največji delež gradbenih odpadkov predstavljajo mineralne komponente (več kot 60%), potreba po mineralnih gradbenih surovinah v Sloveniji pa je po podatkih Geološkega zavoda Slovenije za leto 2007 več kog 28 milijonov ton s trendom narašča.

Po podatkih ARSO je bilo ob koncu leta 2009 v Sloveniji evidentiranih 26 zbiralcev gradbenih odpadkov (gospodarskih subjektov, ki delujejo na področju ravnanja z gradbenimi odpadki). Večina od njih že razpolaga s predpisanimi dovoljenji za zbiranje in predelavo odpadkov (po postopkih R1, R3, R4, R5, R10, R12 ali R13), ostali so v fazi obravnave njihovih vlog, oziroma ustreznimi objekti in napravami. Podrobna evidenca zbiralcev, predelovalcev in odstranjevalcev odpadkov pod klasifikacijsko številko 17: Gradbeni odpadki in odpadki pri rušenju objektov, je dosegljiva oz. objavljena na spletnih straneh ARSO.

3. MOŽNOSTI UPORABE GRADBENIH ODPADKOV

S procesiranjem oz. predelavo gradbenih odpadkov lahko pridobivamo tako mineralne surovine, nemineralne oz. gorljive sestavine gradbenih odpadkov kot sekundarne surovine, kovine, iz katerih izločimo surovine neuporabne za snovno ali energetska reciklažo.

3.1 Mineralne surovine

Osnovni produkt predelave gradbenih odpadkov so mineralni produkti. Delež mineralnih sestavin v gradbenih odpadkih niha od 67% do 100%, odvisno od tipa rušitve, adaptacije ali gradnje. Tehnologija selektivnega procesiranja odpadkov je predstavljena v nadaljevanju kakor tudi produkti postopkov predelave:

- asfalti: drobljene asfaltne plošče zrnivosti $0 \text{ mm} < d < 32 \text{ mm}$ za ponovno uporabo kot dodatek v hladen ali vroč postopek proizvodnje asfaltnih mešanic za uporabo v zgornjih vezanih ustrojih cest 1., 2. in 3. reda (1.-avtoceste, magistralne in regionalne, 2. in 3.-lokalne ceste)
- asfaltne frakcije: drobljeni betoni zrnivosti
 - $0 \text{ mm} < d < 4 \text{ mm}$,
 - $4 \text{ mm} < d < 8 \text{ mm}$,
 - $8 \text{ mm} < d < 16 \text{ mm}$,
 - $16 \text{ mm} < d < 32 \text{ mm}$,

ki so primerni za proizvodnjo svežih asfaltnih mešanic za ceste 2. reda (lokalne ceste) ali pa za uporabo kot betonske frakcije v gradbeništvu (peski za betoniranje).

- tamponi: proizvedeni iz drobljenih mešanih mineralnih komponent gradbenih odpadkov. Tamponi, zrnivosti $0 \text{ mm} < d < 32 \text{ mm}$, se uporabljajo za spodnje nevezane ustroje cest 1. in 2. reda (magistralne in regionalne ter lokalne ceste).
- opečni materiali: drobljeni opečni materiali zrnivosti $0 \text{ mm} < d < 32 \text{ mm}$ služijo kot vstopni material proizvodnje produktov ($0 \text{ mm} < d < 3,0 \text{ mm}$) namenjenih za različna športna igrišča na prostem (teniška igrišča, tekaške steze, hipodromi itd.). Zaradi lastnosti materiala (zagotavlja kakovostno dreniranje ter hkrati zadržuje vlago v porah zrn, kar zagotavlja trajnejšo vlažnost ter s tem preprečevanje emisije prahu) jih lahko uporabljamo tudi v druge namene.
- peski: primarno odsejane frakcije $0 \text{ mm} < d < 8 \text{ mm}$, ki so slabše kakovosti, uporabljamo kot zasipne materiale (zasipanje izkopov pri gradnji kanalizacij, plinovodov, vodovoda itd.), za posipavanje oz. urejanje makadamskih lokalnih cest ali parkirišč in gozdnih cest. Peski lahko služijo kot prekrivni material na deponiji komunalnih odpadkov (prednost teh

materialov je, da so plasti sanitarne prekrivke komunalnih odpadkov lahko tanjše, kar pomeni znaten prihranek deponijskega prostora, lažjo vgradnjo in so sposobni rekultivacije oz. ozelenitve).

3.2 Nemineralne surovine – kovine in gorljive surovine

Iz gradbenih odpadkov se v tehnološkem postopku izločuje nemineralne sestavine za katere obstaja trg sekundarnih surovin:

- kovine: izločene kovine predstavljajo utežno približno 2% vseh gradbenih odpadkov. Večinski delež predstavlja armaturno železo (ca. 1,5%), ostalo barvne kovine kot so baker, svinec, aluminij oz. ostanki kleparskih del, vodovoda in kanalizacije, elektroinstalacij ter drugo.
- les, stiropor, plastika: različni produkti reciklaže za katere obstaja prodajni trg.

Z izločanjem teh komponent se zagotavlja kakovost mineralnih produktov, kakor tudi zmanjševanje količin odpadkov potrebnih za odlaganje, kar hkrati pomeni tudi znižanje stroškov celovitega sistema ravnanja z gradbenimi odpadki.

4. STANJE PREDELAVE GRADBENIH ODPADKOV

Namen predelave oz. reciklaže gradbenih odpadkov ni le zmanjševanje količin odpadkov, ki se odstranjujejo, temveč tudi pridobivanje določenih ločenih frakcij (sekundarnih surovin), ki lahko predstavljajo tržno blago. Celovit postopek predelave obsega tako storitveno, kakor tudi proizvodno dejavnost. Med storitveno dejavnost šteje prevzem gradbenih odpadkov s ciljem njihove predelave ter s tem zmanjševanje stroškov, ki bi bili posledica njihovega odstranjevanja (odlaganje). V okvir storitvene dejavnosti je možno vključiti tudi sistem zbiranja odpadkov, kar pa zahteva celovito prostorsko in organizacijsko zasnovo. Sistem zbiranja je moč organizirati v okviru obstoječe družbe za predelavo gradbenih odpadkov, ali pa v povezavi z družbami, ki opravljajo sorodno dejavnost zbiranja odpadkov.

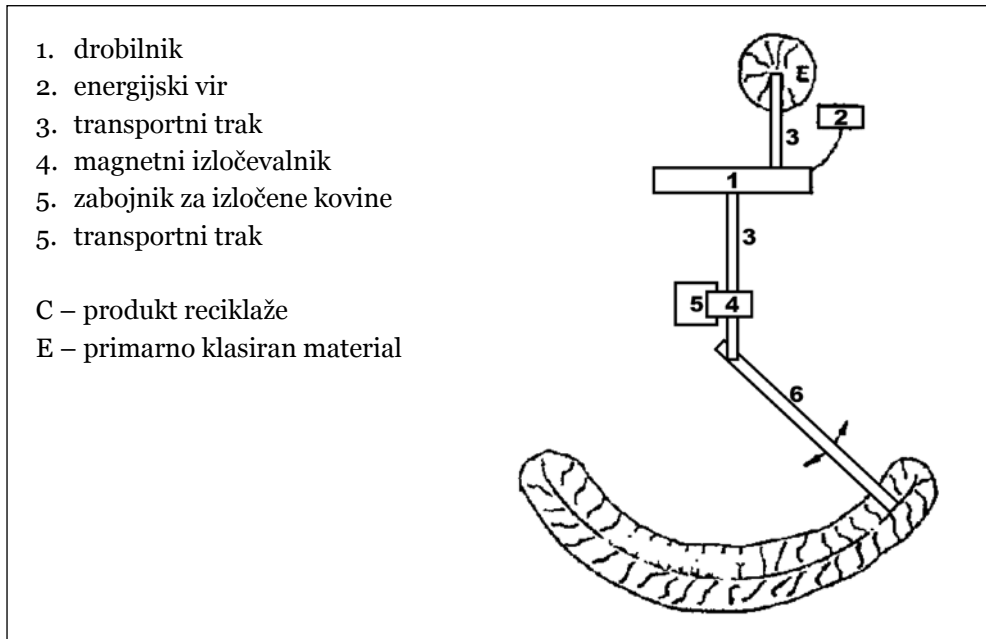
V svetu, kjer so vzpostavljeni sistemi reciklaže gradbenih odpadkov že dve desetletji ali več, je dobro organiziran in razvit tudi trg. Na primer na Nizozemskem je povpraševanje po tovrstnih materialih večje od ponudbe, saj zaradi geoloških značilnosti primanjkuje gradbenih materialov, transporti pa so izrazito dragi. Kljub temu poteka oddaja gradbenih odpadkov proti plačilu. V Nemčiji predvsem s sistemi selektivnih rušitev in predelave zagotavljajo reciklirane materiale visoke kakovosti tako, da lahko govorimo celo o novih surovinah (Remexit®). Cene za te materiale so odvisne tudi od njihovih vrst.

Tarifa za oddajo gradbenega odpad je odvisna tudi od vrste odpadka oz. njihove surovinske sestave. Stanje v ostalih evropskih državah (npr. Franciji, Italiji, Avstriji, itd.) je podobna kot v Nemčiji, saj so na tem področju predvsem v smislu zakonodaje in standardizacije najbolj inovativni in napredni. Evropska komisija v svojem Delovnem dokumentu sama ugotavlja, da je stopnja recikliranja različna po posameznih evropskih državah, od 90 % na Nizozemskem, do manj kot 5 % na Portugalskem in Irskem.

V Sloveniji so sistemi predelave gradbenih odpadkov v povojih in zaradi premajhnih zbranih količin gradbenih odpadkov ekonomsko ne zaživijo. Odpadni gradbeni materiali se kljub prepovedi ponekod še vedno odstranjujejo na odlagališčih komunalnih odpadkov ali končajo kot zasip različnih zemeljskih depresij. Posamezni proizvajalci ponovno uporabljajo enovrstne odpadke lastne proizvodnje izključno za lastne potrebe tako, da o organizirani predelavi gradbenih odpadkov za sedaj ni moč govoriti. V zadnjih letih se sicer pojavljajo posamezni proizvajalci izdelkov iz recikliranih gradbenih materialov, kot so atestirani substituti betonskih zidakov. Poleg navedenega obstajajo tudi že vpeljeni in zagotovljeni prodajni trgi za reciklirane opečne materiale (npr. TENISIT®). V prihodnje se bo z dodatno ponudbo in povpraševanjem po recikliranih materialih oz. vzpostavitvijo trga povečala potreba po tovrstnih materialih. Skladno z Nacionalnim programom varstva okolja v katerem je naveden tudi Operativni program ravnanja z gradbenimi odpadki, se predvideva konec leta 2008 vsaj 40 % reciklaža pridobljenih gradbenih materialov. Uporabo preostanka gradbenih odpadkov po predelavi (okoli 20 %) in gradbenih odpadkov iz zemeljskih izkopov (okoli 50 %) je realno pričakovati s tehnologijami, ki so zdaj na voljo pri nas, ter z načrtnim delom na tem področju.

5. TEHNOLOGIJE IN TEHNIKE PREDELAVE GRADBENIH ODPADKOV

V svetu so se tehnologije in tehnike predelave gradbenih odpadkov, kakor tudi vseh drugih trdih odpadkov, razvile iz strojne opreme in tehnologij mehansko procesne tehnike, ki se uporablja v gradbeni industriji, rudarstvu, kemični industriji in na številnih drugih področjih. Za uporabo na področju reciklaže so razvili le delne ali manjše modifikacije strojne opreme. Kot na vseh ostalih področjih industrije veljajo zadnja leta smernice razvoja avtomatizacije. Ta tehnika v zadnjih desetletjih ni doživela pomembnejših sprememb v uporabnem in konstrukcijskem smislu. Razen v izpopolnitvi posameznih konstrukcijskih elementov tega ni pričakovati tudi v bodoče. Postopki avtomatizacije posegajo predvsem na področje racionalizacije porabe energije in delovne sile, ki pa je ne mogoče povsem nadomestiti.



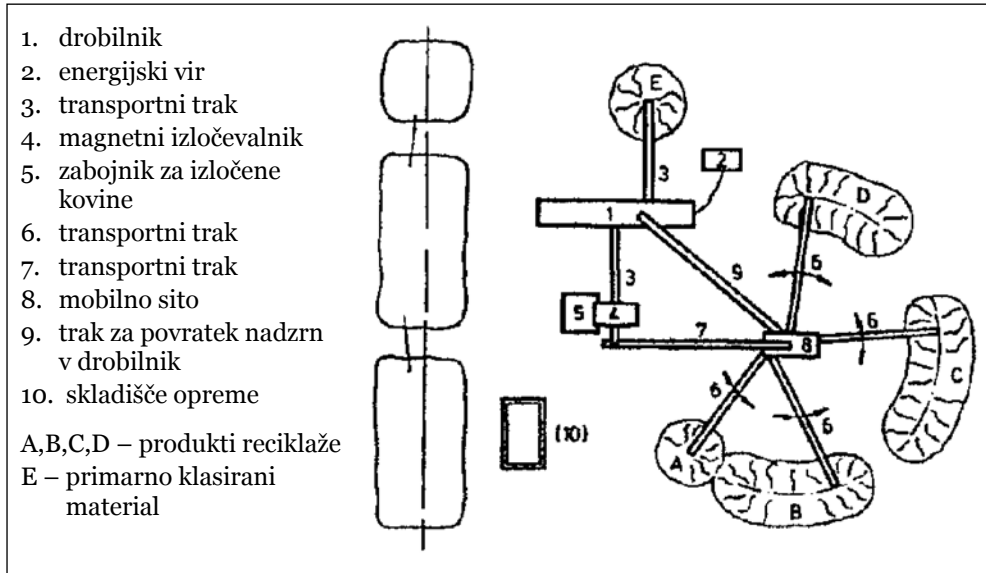
Slika 2.: Shematski prikaz tehnologije za reciklažo asfalta in ruševin.

V Sloveniji smo v preteklosti imeli številna podjetja, ki so proizvajala opremo za mehansko procesno tehniko ter pokrivala večino bivšega jugoslovanskega trga in širše (npr. STT). Z osamosvojitvijo Slovenije, so številna podjetja prenehala s proizvodnim programom ali pa zaključila s stečajem. Le redka so uspela s povezovanjem in prilagajanjem smernicam razvoja v Evropi in svetu in osvojili nove programe ter s tem ohranili proizvodnjo.

Danes na trgu obstajajo številne tehnološke in tehnične rešitve predelave gradbenih odpadkov. Proizvodnja kakovostnih mineralnih produktov (z reciklažo gradbenih odpadkov) za uporabo v visoki gradnji, zahteva drage tehnološke in tehnične rešitve. Vsekakor se pri tem pojavlja vprašanje ekonomske upravičenosti, ob dejstvu, da so na trgu dostopne cenovno ugodne mineralne surovine oz. kamni agregati. Nadalje je smiselna prilagoditev tehnologije in tehnike predelave gradbenih odpadkov za proizvodnjo mineralnih surovin, ki služijo za izgradnjo cest oz. spodnjih nevezanih ustrojov. Za proizvodnjo tovrstnih surovin zadostujejo manj zahtevne tehnologije. To pomeni nižje investicijske in obratovalne stroške za proizvodnjo kakovostnih končnih produktov, ki ustrezajo splošnim in posebnim tehničnim pogojem za vgradnjo v cestno telo, ter s tem konkurenčnost na trgu.

Izbor ustrezne tehnologije in tehnike predelave gradbenih odpadkov je odvisen predvsem od potrebne kakovosti končnega produkta. V kolikor se dro-

bljeni, klasirani in separirani mineralni produkti uporabljajo za manj zahtevne namene uporabe, na primer kot zasipni material, zadostuje poleg drobilne naprave s primarno izločevalno rešetko še transportni trak ter magnetni izločevalnik. Pomen uporabe primarne izločevalne rešetke (običajno že integrirana pri mobilnih in polmobilnih drobilnih enotah) je izločevanje fino zrnatih materialov ($d < 32$ mm) z namenom zmanjšanja obremenitve drobilnika in tudi zmanjševanje obrabe.



Slika 3.: Shematski prikaz tehnologije za reciklažo gradbenih odpadkov.

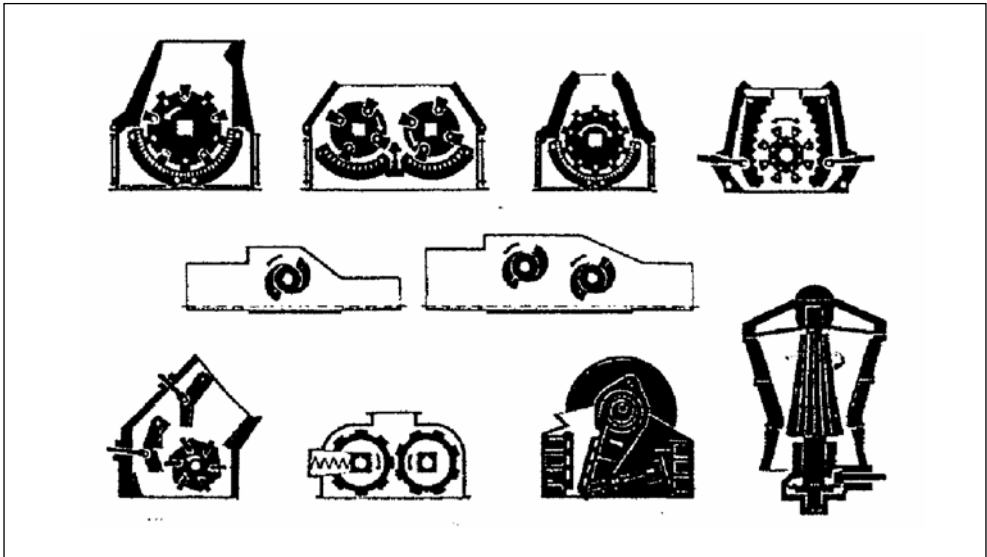
V primer pridobivanja kakovostnejših produktov z namenom uporabe v gradbeništvu ali v cestogradnji, na primer dodatkov betonom, nevezanim in vezanim cestnim ustrojem ter drugo, je potrebna dodatna tehnika. Mobilno večetažno sito je namenjeno klasiranju produktov drobljenja. Klasiranje produktov drobljenja omogoča tudi kasnejše ročno ali strojno izločevanje ne-mineralnih primesi. Vsa dodatna oprema, kot so zračni separator, sortirna kabina in druga oprema pomenijo povečanje tako investicijskih, kakor tudi obratovalnih stroškov. Odločitev o izbiri te tehnologije je odvisna predvsem od razmerja med obratovalnimi stroški in prihodki od prodaje produktov.

Ostanki cestogradnje ter gradbeništvu so prisotni na različnih lokacijah, ter v različnih količinah zato je smiselna izbira mobilne oziroma polmobilne tehnike drobljenja, ki ima v primerjavi s stacionarnimi bistvene prednosti:

- postavitve na mestu izvora odpadkov,
- možna uporaba tudi pri reciklaži manjših količin
- drobljeni produkti se lahko uporabijo ponovno na mestu samem

- ni transportnih stroškov odpadkov v reciklažni postroj
- potrebna je minimalna ureditev zemljišča
- mobilno napravo se lahko daje tudi v najem

Za drobljenje različnih materialov so v uporabi različni drobilni sistemi. Sistema drobljenja oziroma tipa drobilnika, ki bi bil za drobljenje vseh vrst materialov ni. Glede na to je potrebna odločitev o tipu drobilnika s katerim je moč drobiti čim večji spekter materialov.



Slika 4.: Različni tipi drobilnikov: (od leve proti desni) Mamut-enovaljni klavirni drobilnik, dvovaljni drobilnik, klavirni mlin, klavirni drobilnik tipa HBK, enorotorni udarni drobilnik, dvorotorni udarni drobilnik, udarno-odbojni drobilnik, valjčni drobilnik, čeljustni drobilnik, konusni drobilnik.

Različni mehanizmi drobljenja (tlak/udar/odboj/strig/trenje) prisotni pri različnih tipih drobilnikov, zahtevajo izbiro ustrezne drobilne naprave glede na tehnološke kriterije gradbenih odpadkov.

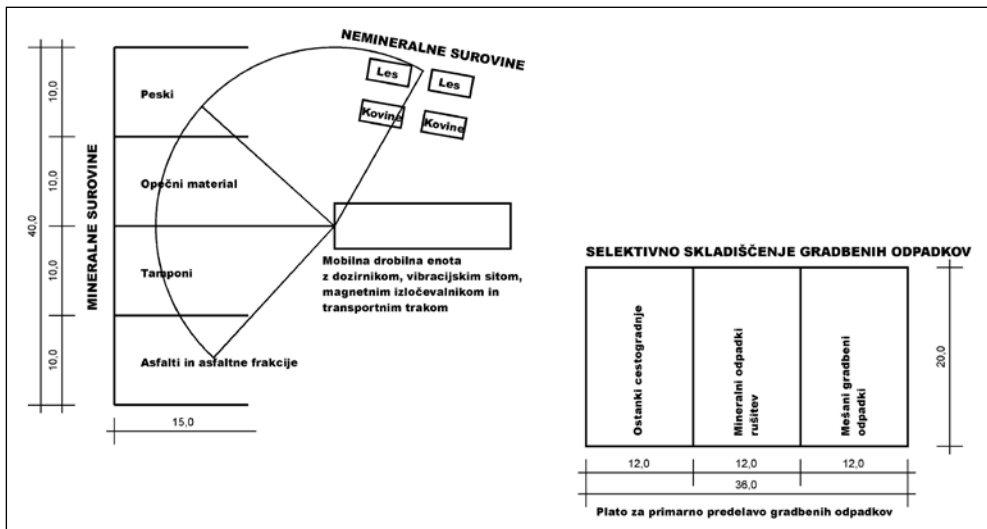
TEHNOLOŠKI KRITERIJ	VPLIV
velikost vstopnega zrna, zrnastost produkta	stopnja drobljenja
trdota zrnja, abrazivnost (vsebnost kremena)	obrava drobilne naprave
vlačnost materiala	lepljenje na rotor in obloge zamašitev
vsebnost oziroma delež glin	lepljenje na rotor in obloge zamašitve
kapaciteta	poraba energije

Udarno-odbojni drobilniki se uporabljajo za drobljenje različnih materialov: beton, asfalt, prod, opeka in keramika kakor tudi za druge mineralne surovine in žindre. Večinoma zadostuje enostopenjsko drobljenje. Tovrstni drobilniki so neobčutljivi na morebitne nemineralne primesi v gradbenih odpadkih, kot so na primer kovine ali les, ki so pogosto prisotni v gradbenih odpadkih in se zaradi tega najpogosteje uporabljajo pri predelavi gradbenih odpadkov.

Pri drobljenju asfaltnih plošč ali gradbenih odpadkov (les) s čeljustnim drobilniki so možne zamašitve ali celo poškodbe čeljusti v primeru večjih kosov železa. Pomembna je tudi izkušnja iz prakse, da so čeljustni drobilniki v poletnih mesecih omejeno uporabni zaradi temperature tečenja bitumnov v asfaltnih, saj prihaja do lepljenja asfaltov na čeljusti. Čeljustni drobilniki imajo tudi sorazmerno majhno stopnjo redukcije velikosti vstopnega zrna.

Tehnologije predelave gradbenih odpadkov vključujejo operacije, ki so v osnovi značilne za predelavo mineralnih surovin. To so:

- dodajanje materiala (doziranje),
- drobljenje,
- transport masnih tokov,
- klasiranje (sejanje oz. razvrščanje po velikosti zrn) in
- separiranje (ročno in strojno ločevanje).



Slika 5.: Skica naprav z obstoječimi tehnologijami in tehnikami ter s prostori za selektivno skladiščenje gradbenih odpadkov (idejna zasnova predelave gradbenih odpadkov v zbirnem centru Spodnji Stari Grad).

V Sloveniji se le izjemoma izvajajo selektivne rušitve, tako, da se v gradbenih odpadkih (zlasti v mešanih) pogosto pojavljajo dimenzijsko zelo različni tudi

večji kosi. Večinoma gre za ostanke stavbnega pohištva ter večjih mineralnih kosov (betonske plošče, stebri, deli stopnišč). Za zagotavljanje kakovosti končnega produkta je zato potrebno uvajati sledeče pristope (slika 5.):

- selektivno skladiščenje različnih vrst gradbenih odpadkov (ločeno skladiščenje odpadkov izgradnje cest, mineralnih odpadkov rušitev, ter mešanih gradbenih odpadkov, ki vsebujejo velik delež nemineralnih sestavin),
- selektivna predelava posameznih vrst gradbenih odpadkov,
- selektivno skladiščenje produktov predelave.

Prvi sklop, kot funkcijsko samostojna enota, vključuje postopke doziranja, transporta masnih tokov, izločevanje nemineralnih primesi s strojnim in ročnim separiranjem oziroma izločevanjem. S temi operacijami se izvede popolna izločitev nemineralnih primesi tako, da predstavljajo mineralne surovine končen ali pa vmesni proizvod.

Drugi sklop, ki je lahko pri določeni organizaciji sestavni del tehnologije, predstavljajo postopki drobljenja in sekundarnega klasiranja. Vključitev teh operacij v eno tehnološko shemo je smiselno pri večjih letnih količinah ter z namestitvijo tehnologije na stalni lokaciji ali pa v povezavi s proizvodnjo različnih kamenih agregatov.

6. ZAKLJUČKI

V urejenih sistemih ravnanja z gradbenimi odpadki pomenita snovna reciklaža ter odlaganje odpadkov (z upoštevanjem v EU določenimi pogoji in standardi) konkurenco. Ker so odlagališča tehnološko in tehnično zahtevna, velikih investicijskih vrednosti ter je prostor edino »tržno blago«, so tem dejstvom primerne tudi cene odlaganja, ki se gibljejo med 50 do 80 EUR/m³ odvisno od vrste odpadkov. Vsi ostali postopki ravnanja z odpadki, ki so glede na obratovalne in investicijske stroške običajno konkurenčnejši, predstavljajo za številne uporabnike storitev oskrbe odpadkov cenejše rešitve ter s tem bistvene prihranke.

V Sloveniji še niso v celoti vpeljani ustrezni različni sistemi snovne reciklaže gradbenih odpadkov tako, da pomeni odlaganje odpadkov za mnoga podjetja edino rešitev. Redka so podjetja, ki že sedaj predelujejo lastne odpadke ter jih vračajo v proizvodnjo. Poseben problem predstavlja sicer obsežna vendar pomanjkljiva zakonodaja ter v številnih okoljih neučinkovitost inšpekcijskih služb ter pomanjkanje skladne prostorske ureditve.

V Sloveniji še nimamo popolnoma razvitega sistema reciklaže gradbenih odpadkov in izkušenj iz prakse ter je vsled tega zato težko opredeliti ceno storitve. Kot izhodišče nam lahko služijo le cene odlaganja gradbenih odpadkov na odlagališčih po Sloveniji, kjer te odpadke še sprejemajo. Pri tem je smi-

selno slediti izkušnjam iz tujine oz. konkurenčnosti med različnimi načini obravnave gradbenih odpadkov tako, da cena recikliranja gradbenih odpadkov ne sme presegati cene odlaganja odpadkov na odlagališču, čeprav so le-te izjemno nizke.

VIRI IN LITERATURA

- [1] Brigita ŠARC, (2007). Gradbeni odpadki, Bilten - Mineralne surovine v letu 2007, Geološki zavod Slovenije, str. 180-184.
- [2] <http://www.kostak.si/vzgoja>.
- [3] <http://www.gokop.si/aktualno3.htm>.
- [4] http://kazalci.arso.gov.si/kazalci/index_html.
- [5] Jože KORTNIK, Jože LESKOVAR, (2008). Ravnanje z gradbenimi odpadki, Mineral 2/2008, December, str. 42-47.
- [6] Jože LESKOVAR, (2007). Program ravnanja z gradbenimi odpadki v občini Krško, seminarska naloga, UL-NTF, str. 35.
- [7] Operativni program ravnanja z gradbenimi odpadki za obdobje od 2004 do konca 2008, Sklep Vlade RS z dne 14.10.2004.
- [8] Poročilo o okolju v Sloveniji 2009, Ministrstvo za okolje in prostor.
- [9] Uredbo o ravnanju z odpadki (Ur. list RS, št. 34/08).
- [10] Uredbo o ravnanju z odpadki, ki nastanejo pri gradbenih delih (Ur. list RS, št. 34/08).
- [11] Uredba o ravnanju z odpadki, ki vsebujejo azbest (Ur.l. RS, št. 34/08).
- [12] Pravilnik o pogojih, pod katerimi se lahko pri rekonstrukciji in odstranitvi objektov in pri vzdrževalnih delih na objektih, instalacijah in napravah odstranjujejo materiali, ki vsebujejo azbest (Ur.l. RS, št. 72/01 in 41/04 – ZVO-1).
- [13] Resolucija o nacionalnem programu varstva okolja 2005–2012 (ReNPVO) (Ur. l. RS št. 2/06).
- [14] Uredba o ravnanju z odpadki, ki nastajajo pri gradbenih delih (Ur. l. RS št. 34/08).
- [15] Vanja GERŠAK, Slavko V. Šolar, (2007). Gradbeni odpadki – vir oskrbe z mineralnimi surovinami v Sloveniji, Bilten - Mineralne surovine v letu 2008, Geološki zavod Slovenije, str. 206-213.



ID 10

Nenevarni-nevarni odpadki – zakonodaja in izvajanje v praksi

Drago MIR¹

¹ *Saubermacher Slovenija d.o.o., Ulica Matije Gubca 2,
SI-9000 MURSKA SOBOTA
d.mir@saubermacher.si*

Povzetek

Uredba o ravnanju z odpadki formalno določa, kateri odpadki so nevarni in kateri odpadki so ne-nevarni. V praksi tako očitnih razlik med nevarnimi in nenevarnimi odpadki ni. Postopki ravnanja z nenevarnimi odpadki so velikokrat identični tistim, ki veljajo za nevarne odpadke, saj izkazujejo podobne fizikalno-kemijske lastnosti. Kaj pomeni to v praksi za imetnika odpadka in kaj za odstranjevalca odpadka.

Odlaganje nevarnih odpadkov razen redkih izjem in predobdelave ni dovoljeno. Uredba o odlaganju odpadkov na odlagališčih z ozirom na vsebnost organskega ogljika (TOC) in raztopljenega ogljika v eluatu odpadka (DOC) znatno zmanjšuje spekter nenevarnih odpadkov, ki so se pred veljavnostjo te uredbe lahko odlagali na odlagališčih-deponijah odpadkov. V praksi so vedno pogostejša vprašanja:

- Kam z nenevarnimi odpadki, ki več niso primerni za deponiranje?
- Ali imamo rešitve za ravnanje z njimi?
- Kaj mi koristi izdelana »OCENA ODPADKA«, če za predlagano ravnanje z odpadkom nimamo rešitve?
- Imamo kapacitete v Sloveniji?

To je samo nekaj provokativnih vprašanj, ki zahtevajo jasne odgovore. S temi vprašanji se srečujejo generatorji - imetniki odpadkov, kakor tudi pooblaščen zbiralci odpadkov v Sloveniji. Pogled na to tematiko bo v članku predstavljen iz vidika odstranjevalca odpadkov, kakor tudi nekaj primerov iz prakse.

Ključne besede: nenevarni odpadki, nevarni odpadki, ravnanje z odpadki, odlaganje odpadkov, zbiralec odpadkov, generator odpadkov.

1. UVOD

Kaj je odpadek? Odpadek je snov, predmet, ki se razvršča v eno od skupin odpadkov, definiranih v Klasifikacijskem seznamu odpadkov (mednarodno EWC-Code), Uredba o ravnanju z odpadki, Priloga 7, po Ur. listu RS št. 34/2008, ki ga imetnik ne more ali ne želi več uporabiti sam, ga ne potrebuje več, je zanj moteč, mu lahko škodi, ga zavrže, namerava ali ga mora zavreči. Vsaka klasifikacijska številka ima tudi pripadajoči naziv, ki spremlja odpadke od njegovega nastanka do predelave oziroma končne odstranitve.

Iz vidika varstva okolja in drugih javnih koristi je treba odpadke prepustiti v zbiranje, oddati v predelavo oz. odstranitev.

V verigi ravnanja z odpadki, ki ga opredeljuje Uredba o ravnanju z odpadki (Ur.l. št. 34/2008) se srečujemo z naslednjimi pojmi kot so:

- povzročitelj odpadkov
- imetnik odpadkov
- oddaja odpadkov
- prepuščanje odpadkov
- zbiralec odpadkov
- predelovalec odpadkov
- odstranjevalec odpadkov
- trgovec z odpadki
- obdelava odpadkov
- gospodarjenje z odpadki
- zbiranje odpadkov
- začasno skladiščenje odpadkov
- skladiščenje odpadkov
- evidenčni list odpadkov
- predelava odpadkov
- odstranjevanje odpadkov.

2. POSTOPKI RAVNANJA Z NEVARNIMI IN NENEVARNIMI ODPADKI

Postopki za ravnanje z nenevarnimi in nevarnimi odpadki so predvsem sledeči:

1. Fizikalno - kemijska obdelava (tudi kot CP-obdelava),
2. Termična obdelava (tudi kot T-obdelava),
3. Biološka obdelava (tudi kot B-obdelava),

4. Odlaganje (tudi kot D), ki pa lahko zajema predhodne obdelave odpadkov, tako imenovano kondicioniranje odpadkov (tudi kot K), kjer s postopki kot sta npr. solidifikacija in imobilizacija dosežemo, da se odpadek lahko odloži na odlagališče odpadkov.

2.1. Fizikalno - kemijska obdelava (tudi kot CP-obdelava)

- S fizikalno kemijsko obdelavo dosežemo:
- recikliranje odpadkov za nadaljnjo izrabo,
- odstranitev neželenih snovi-primesi, ki bi motile nadaljnjo obdelavo - izrabo odpadka,
- izboljšanje kvalitete določenega odpadka za nadaljnjo obdelavo - izrabo odpadka,
- zmanjševanje količine odpadka (npr. pred odlaganjem),
- zmanjševanje nevarnostnega potenciala mešanega odpadka (v primerih, ko so med nenevarnimi odpadki tudi nevarni odpadki).

2.2. Termična obdelava (tudi kot T-obdelava)

S termično obdelavo se srečujemo predvsem v fazi odstranitve odpadka, ki velja za področje nenevarnih, kakor tudi nevarnih odpadkov. Termična obdelava je lahko:

- Sežig - odstranitev odpadka
- Energetska izraba odpadka

2.3. Biološka obdelava (tudi kot B-obdelava)

Z biološko obdelavo odpadkov dosežemo snovno predelavo odpadka, ki jo srečamo na področju nenevarnih, kakor tudi nevarnih odpadkov. Biološka obdelava odpadkov se lahko v nadaljnjih postopkih obdelave nadaljuje z drugimi postopki, na primer termično izrabo. Tak primer je pridobivanje bioplina iz biogenih odpadkov v bioplinarnah.

2.4. Odlaganje (tudi kot D)

Odlaganje odpadkov je zadnja stopnja v verigi ravnanja z odpadki in pride v poštev, ko so za nek odpadek že vse ostale možnosti obdelave izkoriščene. V tej smeri je opredeljena tudi evropska zakonodaja na področju ravnanja z odpadki in jo morajo sprejeti vse članice Evropske unije. Odlaganje nevarnih odpadkov razen redkih izjem (gradbeni odpadki, ki vsebujejo azbest) ni dovoljeno. V tujini sicer obstajajo posebne deponije, kjer se pod posebnimi pogoji lahko trajno odlaga tudi nevarne odpadke.

Kot specifičen postopek za slovenske razmere bi lahko karikirano imenovali postopek »čezmejnega premeščanja odpadkov«, saj se velike količine odpadkov (nevarnih, kakor tudi nenevarnih) iz takšnih ali drugačnih razlogov izvozijo v tujino. Vzroki so predvsem:

- ekonomičnost
- pomanjkanje kapacitet
- pomanjkanje naprav in tehnologij doma
- odpor javnosti za izgradnjo objektov in tehnologij v domačem okolju.

3. RAZLIKE IN PODOBNOSTI POSTOPKOV RAVNANJA Z NEVARNIMI IN NENEVARNIMI ODPADKI

Lastnosti, zaradi katerih se nevarni in nenevarni odpadki ločijo med seboj, so navedene v Prilogi 4 –Uredbe o ravnanju z odpadki (Ur.l. RS, št. 34/2008), s t.i. »H«-kriteriji.

Le-ti so:

- H1 - Eksplozivnost
- H2 - Oksidativnost
- H3A - Lahka vnetljivost
- H3-B - Vnetljivost
- H4 - Dražilnost
- H5 - Škodljivost zdravju
- H6 - Strupenost
- H7 - Rakotvornost
- H8 - Jedkost
- H9 - Infektivnost
- H10 - Strupenost za reprodukcijo
- H11 - Mutagenost
- H12 - Sproščanje strupenih snovi ob stiku z vodo, zrakom, kislinami
- H13 - Snovi, ki z ozirom na sestavo in analizo vodnega izlužka odpadka presegajo vrednosti koncentracij navedenih v tej tabeli
- H14 - Ekotoksičnost.

Z ozirom na preverjanje in določitev lastnosti po H - kriterijih je uvrstitev odpadka kot nevarnega oziroma nenevarnega dokaj očitna in odločilna za nadaljnjo ravnanje z njim.

3.1. Odlaganje nevarnih-nenevarnih odpadkov na odlagališča odpadkov

Odlaganje odpadkov v osnovi ureja Uredba o odlaganju odpadkov na odlagališčih (Uradni list RS št. 32/2006 s kasnejšimi dopolnitvami 98/2007 in 62/2008). Ta uredba v Prilogi 2 ureja, kateri nevarni in kateri nenevarni odpadki se smejo odlagati in pod kakšnimi pogoji.

Odlaganje nevarnih odpadkov v praksi skoraj ni mogoče, čeprav so v Prilogi 2 navedeni pogoji – to so vrednosti parametrov izlužka in vrednosti parametrov žarilne izgube in celotnega organskega ogljika -TOC.

Parameter	Izražen kot	Enota	Mejna vrednost izlužka; L/S=10 l/kg
Arzen	As	mg/kg s.s.	25
Barij	Ba	mg/kg s.s.	300
Kadmij	Cd	mg/kg s.s.	5
Celotni krom	Cr	mg/kg s.s.	70
Baker	Cu	mg/kg s.s.	100
Živo srebro	Hg	mg/kg s.s.	2
Molibden	Mo	mg/kg s.s.	30
Nikelj	Ni	mg/kg s.s.	40
Svinec	Pb	mg/kg s.s.	50
Antimon	Sb	mg/kg s.s.	5
Selen	Se	mg/kg s.s.	7
Parameter	Izražen kot	Enota	Mejna vrednost izlužka; L/S=10 l/kg
Cink	Zn	mg/kg s.s.	200
Kloridi	Cl	mg/kg s.s.	25000
Fluoridi	F	mg/kg s.s.	500
Sulfati	SO ₄	mg/kg s.s.	50000
Raztopljeni organski ogljik-DOC	C	mg/kg s.s.	1000
Celotne raztopljene snovi	-	mg/kg s.s.	100000
Žarilna izguba		% mase s.s.	10 %
Celotni organski ogljik -TOC	C	% mase s.s.	6 %

Po veljavni zakonodaji bi torej nekatere nevarne odpadke, ki bi izpolnjevali pogoje po navedenih parametrih, lahko odlagali, v praksi pa ni tako. Po veljavnih okoljevarstvenih dovoljenjih, ki jih posedujejo posamezna odlagališča odpadkov, ne najdemo nevarnega odpadka, ki bi se ob izpolnjevanju kriterijev smel odložiti.

Odlaganje nenevarnih odpadkov na odlagališčih nenevarnih odpadkov je z Uredbo o odlaganju na odlagališčih omejeno po naslednjih parametrih izlužka in parametrih celotnega organskega ogljika –TOC in žarilne izgube odpadka.

Parameter	Izražen kot	Enota	Mejna vrednost izlužka; L/S=10 l/kg
Arzen	As	mg/kg s.s.	2
Barij	Ba	mg/kg s.s.	100
Kadmij	Cd	mg/kg s.s.	1
Celotni krom	Cr	mg/kg s.s.	10
Baker	Cu	mg/kg s.s.	50
Živo srebro	Hg	mg/kg s.s.	0,2
Molibden	Mo	mg/kg s.s.	10
Nikelj	Ni	mg/kg s.s.	10
Svinec	Pb	mg/kg s.s.	10
Antimon	Sb	mg/kg s.s.	0,7
Selen	Se	mg/kg s.s.	0,5
Cink	Zn	mg/kg s.s.	50
Kloridi	Cl	mg/kg s.s.	15000
Fluoridi	F	mg/kg s.s.	150
Sulfati	SO ₄	mg/kg s.s.	20000
Raztopljeni organski ogljik-DOC	C	mg/kg s.s.	800
Celotne raztopljene snovi	-	mg/kg s.s.	60000
Žarilna izguba		% mase s.s.	3%
Celotni organski ogljik-TOC	C	% mase s.s.	5 %

Za odlaganje nenevarnih odpadkov z visoko vsebnostjo biološko razgradljivih snovi na odlagališčih nenevarnih odpadkov veljajo kot mejni naslednji parametri:

Parameter	Izražen kot	Enota	Mejna vrednost izlužka; L/S=10 l/kg
Arzen	As	mg/kg s.s.	2
Barij	Ba	mg/kg s.s.	100
Kadmij	Cd	mg/kg s.s.	3
Celotni krom	Cr	mg/kg s.s.	10
Baker	Cu	mg/kg s.s.	50
Živo srebro	Hg	mg/kg s.s.	0,2
Molibden	Mo	mg/kg s.s.	10

Nikelj	Ni	mg/kg s.s.	10
Svinec	Pb	mg/kg s.s.	10
Antimon	Sb	mg/kg s.s.	0,7
Selen	Se	mg/kg s.s.	0,5
Cink	Zn	mg/kg s.s.	50
Kloridi	Cl	mg/kg s.s.	15000
Fluoridi	F	mg/kg s.s.	250
Sulfati	SO ₄	mg/kg s.s.	20000
Raztopljeni organski ogljik-DOC	C	mg/kg s.s.	7500
Celotne raztopljene snovi	-	mg/kg s.s.	60000
Kurilna vrednost		KJ/kg	< 6000
Celotni organski ogljik-TOC	C	% mase s.s.	18 %

Ob striktnem upoštevanju veljavne zakonodaje na tem področju se pojavlja dejstvo, da veliko nenevarnih odpadkov v praksi ne izpolnjuje pogojev za odlaganje na odlagališčih za nenevarne odpadke.

Pooblaščenim izvajalcem Ocen odpadkov, ki v glavnem že upoštevajo veljavno zakonodajo, po opravljenih analizah in preverjanju nevarnih lastnosti odpadkov, za odpadke, ki so se prej odlagali na odlagališčih nenevarnih odpadkov, izdajajo le-te kot nenevarni odpadki neprimerni za odlaganje. Tu pa se pričnejo problemi pri generatorju - imetniku odpadka in nato pri pooblaščenih zbiralcih - prevzemnikih teh odpadkov. Veliko imetnikov odpadkov je prepričan, da je z izdelano Oceno odpadka, ki jo posredujejo naprej do pooblaščenega prevzemnika odpadka, problem dokončne odstranitve rešen. Iskanje rešitev za odpadek pa se v tem trenutku komaj prične. Prevzemniki odpadkov smo tu v vlogi svetovanja in tolmačenja veljavne zakonodaje, kakor tudi iskanja dokončnih rešitev za postopke ravnanja s temi odpadki.

Kam torej z odpadki, ki niso nenevarni, za odlaganje neprimerni in ni naprav in tehnologij, ki bi te odpadke primerno v skladu z veljavno zakonodajo tudi obdelala? Regijski centri za ravnanje z odpadki, ki nastajajo v Sloveniji sicer z zamudo, ne nudijo kompleksnih rešitev za tovrstne odpadke.

Pooblaščenim prevzemnikom odpadkov poskušamo rešitve iskati na načine, ki bi bili za imetnike odpadkov tudi ekonomsko sprejemljivi. Dejstvo je namreč, da so stroški prevzemanja –obdelave takšnih odpadkov, neprimerno višji, kot so bili prej stroški odlaganja na odlagališčih. Nekatera odlagališča so pred zapiranjem le-teh težila k cilju zapolnitve še razpoložljivih kapacitet odlagališč po enormno nizkih nekonkurenčnih in netržnih cenah.

4. TERMIČNI POSTOPKI RAVNANJA Z NENEVARNIMI ODPADKI

Rešitve za nenevarne odpadke, ki niso primerni za odlaganje, so predvsem v termičnih postopkih, kot so :

- termična izraba
- sosežig odpadka
- popolni sežig.

Osnovni namen termične izrabe nenevarnih odpadkov je pridobivanje energije in to na področjih, ki so energijsko najbolj potrošniške, kot so :

- cementarne
- toplarne
- termoelektrarne
- železarne
- opekarne.

Vsaka termična predelava - izraba mora biti dobro nadzorovana in kontrolirana kar zadeva tako odpadke, kakor tudi termični proces. Ker večino odpadkov, primernih za termično izrabo, zberejo in pripravijo pooblaščen zbiralci nevarnih odpadkov, morajo že ti v fazi zbiranja, obdelave in vmesnega skladiščenja skrbeti, da končni prejemnik le tega dobi kvaliteto, ki bo sprejemljiva za nesporno koriščenje. Okoljevarstvena zakonodaja skupaj z razpoložljivo tehnološko opremljenostjo objektov za termično izrabo odpadkov določa okvirje, v kolikšni meri se nek odpadke da termično izrabiti. Ni smiselna termična izraba nekega odpadka, kjer bi bilo za termični proces potrebno koristiti drug - dodaten energent, da bi se na tak način reševal problem odstranjevanja odpadka. Takšni in podobni primeri vlivajo nezaupanje v takšne objekte, kar nasprotniki (razne civilne iniciative) s pridom izkoriščajo za doseganje lokalnih političnih interesov, s katerimi se vse pogosteje srečujemo tudi v Sloveniji. Primer dobre prakse reševanja podobnih problemov imamo na avstrijskem Štajerskem v Retznaiu (Cementarna Lafarge), kjer je podjetje Saubermacher iz Avstrije aktivno vključeno. Podjetje Saubermacher spada med največje privatne zbiralce in odstranjevalce vseh vrst odpadkov v tem delu Evrope. Ta primer nakazuje, kako sodelovati skupaj z industrijo, lokalnimi oblastmi in politiko pri iskanju skupnih projektov, ki na eni strani zadevajo problematiko odpadkov, na drugi strani pa za industrijo dobavljajo dragocene nadomestne energente ne da bi se ob tem vznemirjalo lokalno prebivalstvo in politično javnost. Dobra in strokovna osveščenost lokalnega prebivalstva pripomoreta k temu, da takšni objekti nesporno obratujejo in niso kamen spotike ne politike in ne lokalnega prebivalstva.

V primeru cementarn se je pri uporabi alternativnih goriv vzpostavilo razmerje, ki cementarne brez koriščenja le-tega postavlja v nekonkurenčen po-

ložaj s tistimi, ki te vire izkoriščajo in so tako zainteresirane za čim večji delež koriščenja alternativnih nadomestnih energentov. Dobavitelji alternativnih goriv koristnikom le-teh morajo zagotavljati potrebno kvaliteto, ki je sprejemljiva za energetske izrabe.

V Sloveniji lahko trenutno govorimo o primeru slabe prakse. Napredka na tem področju ni pričakovati, v kolikor ne bo sodelovanja lokalne politike, zakonodaje in industrije, skupaj s podjetji na področju ekologije.

Klasičnih sežigalnic odpadkov v Sloveniji praktično ni, rešitve iščemo v tujini, kjer imajo tudi dovolj razpoložljivih kapacitet. Sama izgradnja sežigalnic odpadkov v Sloveniji bi že zaradi omenjenih dejstev bila ekonomsko neupravičena. Dejstvo je, da tako ostajamo še naprej odvisni od rešitev v tujini.

5. ZAKLJUČKI

Pri izvajanju okoljevarstvene politike v Sloveniji na področju nevarnih in ne-nevarnih odpadkov ostaja precej nerešenih problemov, ki jih bomo tudi v bodoče morali reševati v tujini.

Stroški ravnanja z odpadki v Sloveniji bodo ob upoštevanju in izvajanju okoljske politike višji kot do sedaj.

Vodenje okoljske politike v Sloveniji v bodoče ne bo možno brez sodelovanja s politiko lokalnih oblasti, industrije in podjetij, ki se ukvarjajo z dejavnostjo ravnanja z odpadki.

VIRI IN LITERATURA

- [1] Zakonodaja RS na področju ravnanja z odpadki.
- [2] Praktične izkušnje in spoznanja na področju ravnanja z odpadki podjetja Saubermacher Slovenija.



ID 12

Praktične izkušnje delovanja prvega centra ponovne uporabe v Sloveniji

dr. Marinka VOVK¹, dr. Janja KLINČAR¹

¹ EKO-TCE d.o.o., Kidričeva 25, SI-3000 CELJE

eko.tce@siol.net

² Okoljsko raziskovalni zavod, Sp. Preloge 55, SI-3210 SLOVENSKE KONJICE

orz@siol.com

Povzetek

Nova evropska direktiva spreminja določbe glede načrtovanja ravnanja z odpadki in preprečevanja njihovega nastajanja ter določbe, ki se nanašajo na nove opredelitve odpadkov, hierarhijo ravnanja z odpadki (z vključitvijo življenjskega cikla). Največja pozornost je namenjena preprečevanju nastajanja odpadkov, ki zajema ukrepe, sprejete preden odpadek nastane, in ki zmanjšujejo količino odpadkov, škodljive vplive nastalih odpadkov na okolje in zdravje ljudi ali vsebnost nevarnih snovi v materialih in proizvodih. Takšni ukrepi so npr. program preprečevanja nastajanja odpadkov, spodbujanje ponovne uporabe proizvodov in priprave odpadkov za ponovno uporabo (npr. vzpostavitev omrežij za ponovno uporabo in popravila). V sklopu zbirnega centra za odpadke OKP Rogaška Slatina-Tuncovec od junija letos obratuje prvi Center ponovne uporabe v Sloveniji. Projekt izvaja konzorcij podjetij Okoljsko raziskovalni zavod Slovenske Konjice (ORZ) in Tehnološki center za aplikativno ekologijo, d. o. o., v Celju (EKO-TCE ob sofinanciranju s strani ESS in Ministrstva za delo, družino in socialne zadeve. Center ponovne uporabe ima poleg izvajanja postopkov diagnostike, obnove, popravil in dodajanja ekodesigna izdelkom bistveno vlogo v dodajanju dodane vrednosti rabljeni opremi, saj rabljena oprema dobi novo funkcijo. Poleg simbolične cene dobijo kupci tudi informacijo o zeleni ceni, ki prikazuje dejanske prihranke na račun okolja in ima okoljsko-ozaveščevalni pomen. Center ponovne uporabe z novimi zaposlitvami podaljšuje življenjsko dobo še rabljeni opremi in onemogoča, da bi prehitro končala na odlagališču.

Ključne besede: ponovna uporaba, Center ponovne uporabe, zelena cena, rabljena oprema.

1. OZADJA VZPOSTAVITVE PRVEGA CENTRA PONOVNE UPORABE V SLOVENIJI

Center ponovne uporabe (REUSE center) pridobiva na pomembnosti zaradi možnosti vključevanja predvsem težje zaposljivih in mladih v dejavnost, ki omogoča preusmeritev toka predvsem kosovnih odpadkov iz odlagališč v ponovno uporabo in recikliranje. Z izvajanjem dejavnosti »ponovne uporabe« lahko bistveno prispevamo k zmanjšanju strukturne brezposelnosti in omogočimo hitrejšo vključevanje na trg dela. Center ponovne uporabe prispeva k promociji obrtnih poklicev, zato sodelujemo z vzgojno-izobraževalnimi ustanovami. Nova evropska direktiva (*Direktiva 2008/98/es Evropskega parlamenta in sveta z dne 19. novembra 2008 o odpadkih*) spreminja določbe glede načrtovanja ravnanja z odpadki in preprečevanja njihovega nastajanja ter določbe, ki se nanašajo na nove opredelitve odpadkov (npr. kdaj odpadek ni več odpadek, stranski proizvodi), hierarhijo ravnanja z odpadki (z vključitvijo življenjskega cikla). Največja pozornost je namenjena **preprečevanju nastajanja odpadkov**, ki zajema ukrepe, sprejete preden odpadek nastane, in ki zmanjšujejo količino odpadkov, škodljive vplive nastalih odpadkov na okolje in zdravje ljudi ali vsebnost nevarnih snovi v materialih in proizvodih.

Takšni ukrepi so npr. program preprečevanja nastajanja odpadkov, **spodbujanje ponovne uporabe** proizvodov in priprave odpadkov za ponovno uporabo (npr. vzpostavitev omrežij za ponovno uporabo in popravila). Direk-



Slika 1.: Rabljena oprema v postopek ponovne uporabe.

tiva med drugim določa, da morajo države članice prenesti direktivo v svoj pravni red do 12. decembra 2010. S tem dnem bodo tudi razveljavljene direktiva 2006/12/ES o odpadkih, Direktiva 91/689/EGS o nevarnih odpadkih in Direktiva 75/439/EGS o odstranjevanju odpadnih olj. Najpomembnejša sprememba direktive je **uvedba okoljskega cilja**. Direktiva je usmerjena k zmanjševanju vplivov na okolje zaradi nastajanja odpadkov in ravnanja z njimi, ob upoštevanju celotnega življenjskega kroga vir-izdelek-odpadek. Namen direktive je, da se EU približa »družbi recikliranja«, ki se poskuša izogibati nastajanju odpadkov in uporablja odpadke kot vir. Direktiva zato določa kdaj so snovi ali predmeti, ki nastanejo pri proizvodnem procesu, katerega glavni namen ni proizvodnja takšnih snovi ali predmetov, stranski proizvodi in ne odpadki in kdaj določen odpadke preneha biti odpadke, in sicer z določitvijo meril za prenehanje statusa odpadka.

2. NOVA DELOVNA MESTA S SPODBUJANJEM SOCIALNEGA PODJETNIŠTVA V EKOLOGIJI

Konzorcij podjetij Okoljsko raziskovalni zavod Slovenske Konjice (ORZ) in Tehnološki center za aplikativno ekologijo, d. o. o. v Celju (EKO-TCE) je uspešno kandidiral na Javnem razpisu za spodbujanje razvoja socialnega podjetništva v okviru četrte razvojne prioritete Enakost možnosti in spodbujanje socialne vključenosti in prednostne usmeritve 4.1. »Enake možnosti na trgu dela in krepitev socialne vključenosti« Operativnega programa razvoja človeških virov za obdobje 2007–2013. Center ponovne uporabe (CPU) v Rogaški Slatini (lokacija Zbirni center Tuncovec) je prvi tovrstni center v Sloveniji. V CPU imamo opravka z rabljenim pohištvo, različno opremo bele tehnike, gospodinjskimi aparati, računalniki, televizorji, IT napravami, kolesi, športno opremo, posodo, igračami, oblačili, knjigami, skratka vsem, kar ste nekoč kupili in imate v svojem domu. Ponovna uporaba, ki poteka v CPU je po prednostni lestvici ravnanja z odpadki uvrščena takoj za preprečevanjem nastajanja odpadkov in eno mesto pred recikliranjem. Slovenija je v primerjavi z ostalimi evropskimi državami po količini zbranih odpadkov na osebo sicer pod povprečjem EU, vendar je odstotek odpadkov, ki se reciklirajo, občutno premajhen, saj se glavnina odpadkov odloži, čeprav je odlaganje po prednostni lestvici ravnanja z odpadki na zadnjem, najmanj zaželenem mestu.

Kako je v tujini?

V tujini imajo tovrstni centri (REUSE centri) tradicijo že preko 20 let. Nam najbližji je BAN v avstrijskem Gradcu, ki ima mizarско delavnico in delavnico za popravilo električne in elektronske opreme ter prodajalno, ki je razdeljena

na dva dela. V enem prodajajo dražje predmete, ki so jih obnovili, popravili in so v odličnem stanju, v drugem delu pa prodajajo cenejše izdelke, ki so jih tako rekoč samo dostavili v prodajni prostor. Sicer pa so tovrstni centri dobro razviti tudi v Belgiji, Franciji, Španiji, Veliki Britaniji, Nemčiji, Nizozemski, Finski in Norveški. Organiziranost centrov je zelo različna. Nekateri popravljajo in prodajajo več vrst izdelkov, od oblačil, električne in elektronske opreme, igrač, športne opreme, gospodinjskih pripomočkov, spet drugi pa npr. samo belo tehniko, samo kolesa, samo pohištvo, samo oblačila itd. Nekateri centri so, poleg posredovanja rabljenih predmetov in opreme, zelo aktivni pri kreiranju in izdelovanju novih izdelkov iz odpadnih materialov. S Centrom ponovne uporabe v Rogaški Slatini smo se tudi Slovenci pridružili mreži tovrstnih centrov. Povsod se soočajo z naraščanjem količin odpadkov in s problemi brezposelnih. Opazne so potrebe prebivalcev po fleksibilnih, okolju prijaznih in učinkovitih storitvah na področju zbiranja odpadkov in preusmerjanja toka odpadkov iz odlagališč v ponovno uporabo. Z večanjem kupne moči prebivalstva, večjo dostopnostjo do opreme za gospodinjstvo, ob prehodu na individualne sisteme zbiranja odpadkov, vzpostavitev zbirnih centrov za odpadke v okviru javnih služb in z večanjem okoljskih zahtev po popolnem ločevanju odpadkov, še ni urejen učinkovit sistem preusmeritve toka kosovnih odpadkov v ponovno uporabo. Posledično se 8-12% celotne mase odpadkov, ki so uvrščeni med kosovne odpadke in ločeno zbrani usmeri v netrajnostne postopke, s čimer se izgubljajo resursi-naravni viri in delovna mesta. Razlog za vzpostavitev centrov ponovne uporabe je, da je potrebno v praksi usposabljanje težje zaposeljive osebe, ki bodo postale na trgu dela zanimive za delodajalce. Zaradi težav z naraščanjem količin odpadkov je smiselno odgovoriti na vsa tri ključna vprašanja hkrati: kako zmanjšati brezposelnost, povečati odgovoren odnos do odpadkov in zmanjšati količine odloženih odpadkov.

3. PREUSMERJANJE SNOVNEGA TOKA ODPADKOV

Namen centrov ponovne uporabe oz. Reuse centrov je, da različno rabljeno opremo in predmete z uporabno vrednostjo posredujemo tistim, ki so za njihovo nadaljnjo uporabo zainteresirani. A vendar, to rabljeno opremo je potrebno predhodno pripraviti za nadaljnjo-ponovno uporabo. Med glavnimi cilji ponovne uporabe je zmanjševanje količine odpadkov v zbirnih centrih, kjer stane tona odloženih odpadkov tudi 130 evrov. Poleg tega je cilj ponovne uporabe varovanje okolja, saj z njo privarčujemo surovine, vodo in elektriko, prav tako je manj izpustov emisij ogljikovega dioksida v zrak. Takšni centri v ljudeh vzbudijo miselni premik v smislu odgovornejšega odnosa do okolja.



Slika 2.: Rabljena oprema je lahko ponovno uporabna.

Koncept vzpostavitve Reuse centra oz. centra ponovne uporabe omogoča kumulacijo storitev na podlagi ponovne rabe, inovativnih popravil in servisiranja, zato bodo nastajale v tem pogledu tudi nove okoljsko/vzdrževalne storitve. Ta koncept tvori podlago za nadaljnjo spodbujanje širjenja centrov ponovne uporabe, še posebej skozi vključitev v okviru zbirnih centrov, s katerimi razpolagajo lokalne skupnosti za zbiranje ločenih frakcij. Ideja primera minimizacije odpadkov izhaja iz storitev, ki omogočajo preusmeritev toka odpadkov v ponovno uporabo. Spodbujanje trajnih stilov potrošništva skozi ciljno usmerjene ukrepe in senzibilizacija javnosti, vodi k izboljšanju okolja in virov, kot tudi k zmanjšanju odpadkov in večanji kakovosti življenja. Skozi vzpostavitev mreže centrov ponovne uporabe je mogoče spodbuditi povpraševanje po popravilih, obnovah in ostalih okoljskih storitev z inovativno usmerjenostjo zadovoljevanja potreb. Z večanjem kupne moči prebivalstva, večjo dostopnostjo do pohištva in opreme za gospodinjstvo, vzpostavitvijo zbirnih centrov za odpadke v okviru javnih služb in z večanjem okoljskih zahtev po popolnem ločevanju odpadkov še ni urejen sistem preusmeritve toka rabljene opreme iz snovnega toka kosovnih odpadkov. Posledično se 8-12% celotne mase kosovnih odpadkov usmeri v postopek odstranitve, le manjši

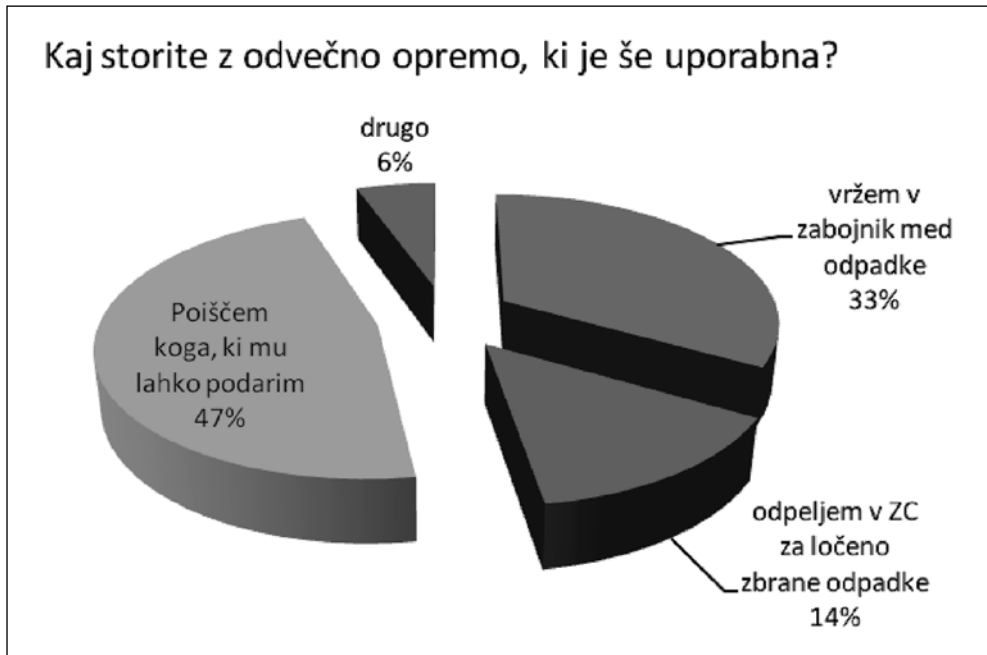
delež v recikliranje, s čimer se izgublajo resursi, naravni viri in delovna mesta. Naslednji razlog je, da število socialno ogroženih gospodinjstev strmo narašča, večja se razkorak med potrebami zaposljivosti na trgu in dejansko izobraženim kadrom.

Socialno (družbeno) podjetništvo (Social entrepreneurship) po definiciji Evropske Komisije predstavlja: »Podjetja in ustanove katerih ustanovitelj ni država, ki proizvajajo tržne in netržne proizvode in storitve, vendar so ustanovljene s socialnim (družbenim) ciljem, ki delujejo po demokratičnem principu članov, uporabnikov in zaposlenih ter temeljijo na solidarnosti njihovih članov in ne delijo dobička med ustanovitelje. Danes socialna ekonomija v Evropi ustvarja 10% odstotkov (ali okoli 9 milijonov delovnih mest) in prispeva okoli 10% k evropskemu družbenemu proizvodu. Zato je vsekakor potrebno tudi v Sloveniji izkoristiti nov trend podjetništva, saj so njegove možnosti v veliki meri še neizčrpane. Osnovna ideja projekta »metamorfaza« odpadkov v surovine in izdelke ima širše dimenzije kot zgolj preusmerjanje toka odpadkov iz odlagališča v ponovno uporabo. Globalno gledano bo vse večji problem uvoza izdelkov iz držav v razvoju s poceni delovno silo v razviti svet. Zaradi neravnotežja stanja med poceni vhodnimi izdelki in odpadki, ki nastanejo tekom obsežne in pretirane potrošnje, kjer uporabniki ne razmišljajo o vedno krajši življenjski dobi izdelka, je nujno v proces obvladovanja odpadkov vključiti sisteme, ki omogočajo ponovno uporabo. To je tretji steber, ki omogoča varčevanje z naravnimi viri in je po prednostnem redu uvrščen pred recikliranje, kar je bistvenega pomena za uveljavitev v praksi. S projektom Centra ponovne uporabe, ki bo v petih letih razširil mrežo po Sloveniji, bomo dosegli bistveni cilj, to je uporaba resursov iz odpadkov, kar pomembno vpliva na manjše onesnaževanje okolja in poveča možnost zaposlovanja predvsem ranljivih skupin, tako da Center ponovne uporabe neposredno prispeva tudi k zmanjševanju revščine.

4. SOCIOLOŠKA SPREJEMLJIVOST CENTRA PONOVNE UPORABE V SLOVENIJI

V sklopu projekta je bila opravljena raziskava sociološke sprejemljivosti Centra ponovne uporabe na različnih območjih v Sloveniji. Fokus raziskave je bil predvsem v dojetje pojma »ponovna uporaba«, ki pomeni »ponovna uporaba rabljene opreme oz. "Use Reuse". To preprosto pomeni, da se neka rabljena oprema, kot je IT, pohištvo, bela tahnika, športni rekviziti, oprema za dom in prosti čas vključi v sistem ponovne uporabe kot dobrina in s tem dobi »novo življenje«, saj se ponovno uporabijo vse njegove funkcije. V nasprotju je recikliranje razčlenjeno na postavko, da se odpadna snov uporabi v surovinah, ki se uporabljajo za nove predmete. Zato je dojetje ponovne

uporabe ključno za spodbujanje procesa ponovne uporabe, kjer lahko uporabne izdelke brez predelave ponovno uporabimo, kar prihrani čas, denar, energijo in vire. V širšem gospodarskem smislu ponovna uporaba ponuja kakovostne izdelke za ljudi in organizacije z omejenimi sredstvi, medtem ko se ustvarjajo delovna mesta in poslovne dejavnosti, ki prispevajo k razvoju gospodarstva. V raziskavi, ki je bila narejena na različnih območjih v Sloveniji smo ugotavljali sociološki vidik sprejemljivosti tovrstne infrastrukture.

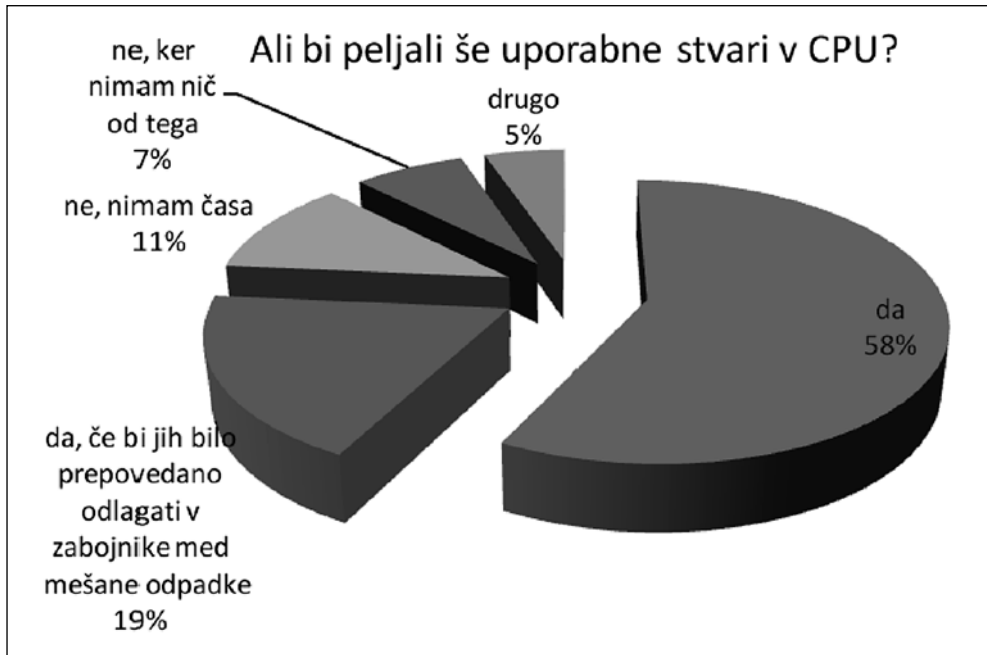


Slika 3.: Ravnanje z rabljeno opremo, ki je ne potrebujete več.

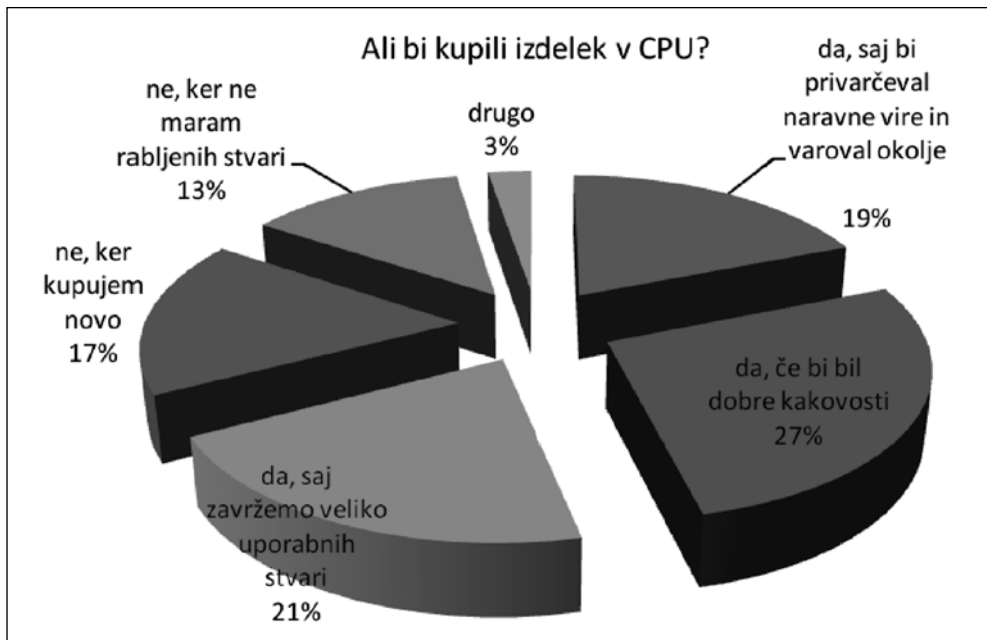
Zelo malo anketiranih (14%) se poslužuje odvoza odvečne opreme v Zbirni center za ločeno zbrane odpadke, ki se praviloma nahaja v vsaki lokalni skupnosti, ki šteje 3.000 prebivalcev.

Nekaj anketiranih odvečno opremo, ki je še uporabna odpelje na Karitas ali Rdeči križ, 2% vprašanih jo kar skuri. Skoraj polovica vprašanih poizkusi najti koga, ki odvečno opremo in predmete potrebujejo, kar kaže na to, da se jim omenjene stvari zdi škoda zavreči. Tretjina vprašanih pa se s tem ne ubada in rabljeno opremo, čeprav je še uporabna preprosto vrže v zabojnik za odpadke.

Količin rabljene opreme, ki se jih nabere v gospodinjstvu sploh ne spremlja 37% vprašanih, 36% jih pravi, da se tovrstnih reči letno nabere za pol avtomobilske prikolice, pri 21% vprašanih pa za 2 avtomobilski prikolici.



Slika 4.: Uporaba CPU za potrebe oddaje rabljene opreme.

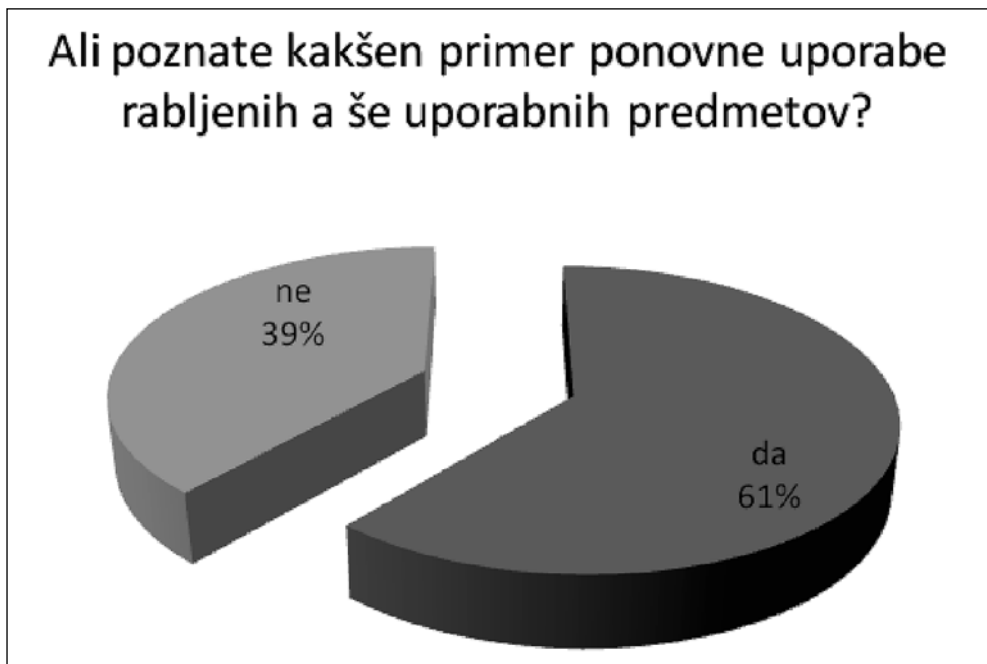


Slika 5.: Uporaba rabljene opreme iz CPU.

Iz teh podatkov vidimo, da je potrebno veliko aktivnosti v prihodnje name-
niti marketinškimi dejavnostim na področju REUSE centra –za delovanje po-
novne uporabe.

Kar 58% vprašanih bi še uporabne stvari takoj bili pripravljene peljati v Cen-
ter ponovne uporabe (CPU), kjer bi jih pripravili za nadaljnjo uporabo. Ena-
ko bi storilo še 19% vprašanih, če bi omenjene stvari bilo prepovedano odla-
gati v zabojnike med mešane komunalne odpadke. 11% vprašanih tega ne bi
storilo zaradi pomanjkanja časa, 7% je takih, ki pravijo, da tega ne bi storili,
ker nimajo od tega nič. 5% vprašanih je stvari pripravljeno dati, če jih iz CPU
pridejo sami iskati oz. jih bi peljali sami, če bi bil CPU dovolj blizu.

Zaradi zavedanja, da z nakupom rabljenih stvari lahko varčujemo z naravni-
mi viri in varujemo okolje, bi izdelek v CPU kupilo 19% vprašanih, pod po-
gojem, da bi bil izdelek dobre kakovosti, bi rabljen izdelek v CPU kupilo 27%
vprašanih, 21% vprašanih bi rabljen izdelek kupilo, ker menijo, da zavržemo
veliko še uporabnih stvari. 17% ne bi kupilo rabljenega izdelka, ker kupujejo
samo nove stvari, 13% pa iz razloga, ker ne mara rabljenih stvari.



Slika 6.: Poznavanje pojma “ponovna uporaba”.

39% vprašanih ne pozna nobenega primera ponovne uporabe rabljenih, a
še uporabnih predmetov. Med tistimi, ki poznajo primere ponovne upo-
rabe (61% vprašanih), so najpogosteje navajali primere ponovne uporabe

pohištva, igrač, otroške opreme, oblačil, knjige, računalniško opremo, posteljnino, posodo, gospodinjske aparate in drugo tehnično opremo, orodje, obutev, steklenice, kozarce za vlaganje, plastenke.). Dostopno na naslovu: <http://www.orz.si/>

VIRI IN LITERATURA

- [1] Marinka Vovk (2010), Prvi primer v Sloveniji Center ponovne uporabe (CPU) v Rogaški Slatini. Dostopno na naslovu: <http://www.eko-tce.eu>.
- [2] Cassidy, C. (2001), Business equipment Reuse center FY 2000/2001. Innovative recycling Grant Proposal. Florida 2001, str. 7-9 .
- [3] Arold H., Koring K. (2010), European report An Investigation and Analysis of the Second-Hand Sector in Europe. ITB- Institut technik und Bildung Universitat Bremen. (Citirano dne 21.04.2010). Dostopno na naslovu: <http://www.tervatulli.fi/file.php?1484>.
- [4] Janja Klinčar (2007), Poslovni načrt za CPU, Slovenske Konjice, 48 str.
- [5] www.sigov.si/mop/Janja



ID 07

Primer dobre prakse ločenega zbiranja embalažnih materialov

Drago DERVARIČ¹

¹ *Saubermacher-Komunala Murska Sobota d.o.o., Noršinska ulica 1*

SI-9000 MURSKA SOBOTA

drago.dervaric@saubermacher-komunala.si

Povzetek

Odpadki postajajo vse bolj pomemben ekološki, družbeni in ekonomski problem sodobnih družb, saj se njihove količine povečujejo vzporedno z ekonomsko rastjo. Sodobna družba proizvaja vsak dan več odpadkov, ki ob neustreznem ravnanju obremenjujejo naše okolje in negativno vplivajo na kakovost življenja. V Sloveniji se na eni strani pojavljajo vse večje količine embalažnih materialov, na drugi strani pa ne dosegamo želenega zajema embalažnih materialov oziroma ločeno zbranih sekundarnih surovin.

Podjetje Saubermacher Komunala se pri svojem vsakodnevnom delu srečuje z različnimi izzivi, ki nam jih postavlja gospodarno ravnanje z odpadki. Tako rezultati sortirnih analiz kažejo, da je med mešanimi komunalnimi odpadki, ki so namenjeni odlaganju, tudi do 43 % plastike. Zaradi povečanih količin plastične embalaže dane na trg je močno povečan pritisk tudi na zbirna mesta oziroma tako imenovane ekološke otoke.

Da bi bili kos tem vsakodnevnim izzivom ter bi poskrbeli za učinkovito in uporabnikom prijazno ločeno zbiranje odpadkov, smo se v podjetju Saubermacher Komunala že pred časom odločili našim strankam ponuditi storitev zbiranja embalaže po sistemu rumene vreče od vrat do vrat. Prispevek govori o naših izkušnjah in ugotovitvah pri izvedbi projekta.

Ključne besede: ločeno zbiranje, odpadki, embalažni materiali, dobra praksa, izkušnje.

1. UVOD

Odpadki postajajo vse bolj pomemben ekološki, družbeni in ekonomski problem sodobnih družb, saj se njihove količine povečujejo vzporedno z

ekonomsko rastjo. Načini ravnanja z odpadki zadevajo torej vsakogar, tako posameznike in podjetja, kot tudi organe oblasti. Ustvarjanje velikih količin odpadkov vpliva na izgubo naravnih surovin in energije na eni strani, družbi pa nalaga vse večje stroške za njihovo zbiranje, predelavo in odstranjevanje. Sodobna družba proizvaja vsak dan več odpadkov, ki ob neustreznem ravnanju obremenjujejo naše okolje in negativno vplivajo na kakovost življenja. Neizpodbitno dejstvo je, da naša družba postaja vse bolj potrošniško naravnana. V Sloveniji se na eni strani pojavljajo vse večje količine embalažnih materialov, na drugi strani pa ne dosegamo želenega zajema embalažnih materialov oziroma ločeno zbranih sekundarnih surovin. Na podlagi regulative EU pa smo zavezani tudi k zmanjševanju količin odloženih odpadkov.

Podjetje Saubermacher Komunala se pri svojem vsakodnevnem delu srečuje z različnimi izzivi, ki nam jih postavlja gospodarno ravnanje z odpadki. Tako so rezultati sortirnih analiz kazali, da je med mešanimi komunalnimi odpadki, ki so namenjeni odlaganju, tudi do 43 % plastike, od katere glavnino predstavljajo platenke.



Slika 1.: Odpadki odloženi na odlagališču.

Pri svojem delu opazamo tudi, da se iz leta v leto povečuje količina ločeno zbrane plastike, kjer pretežni delež predstavljajo platenke. Zaradi povečanih količin plastične embalaže dane na trg je močno povečan pritisk tudi na zbirna mesta oziroma tako imenovane ekološke otoke. Zabojniki za ločeno zbiranje plastike se izredno hitro napolnijo, saj občani ponavadi platenk žal ne stisnejo in jim tako ne zmanjšajo volumna. Praksa kaže, da se zabojniki za ločeno zbiranje plastike pogosto uporabljajo tudi za odlaganje mešanih komunalnih odpadkov. Na ta način zasedajo prostor za ločeno zbrane frakcije, hkrati pa se ločeno zbrane frakcije onesnažijo.



Slika 2.: Zabojujnik za plastiko na zbirnem mestu.

Da bi bili kos tem vsakodnevnim izzivom ter bi poskrbeli za učinkovito in uporabnikom prijazno ločeno zbiranje odpadkov, smo se v podjetju Saubermacher Komunala odločili našim strankam ponuditi storitev zbiranja embalaže po sistemu rumene vreče od vrat do vrat.

2. OPIS IZZIVA

Občina Beltinci, srčika slovenske žitnice ob reki Muri, se razprostira na **62,28** kvadratnih kilometrih, ki so naseljeni s približno 8650 prebivalci. Središče in sedež občine so Beltinci, ki so bili stoletja upravno in gospodarsko središče okolice in so kraj s trškimi pravicami vse od leta **1811**. Občino Beltinci sestavlja osem naselij: Beltinci, Bratonci, Dokležovje, Gančani, Ižakovci, Lipa, Lipovci in Melinci. Ker gre za izrazito kmetijsko področje, se v občini že vrsto let spopadajo z izrazito slabo kvaliteto pitne vode. Tudi zaradi navedenega nastaja v občini povečana količina plastične embalaže, predvsem od ustekleničenih vod. Obstoječi standard ravnanja z odpadki je zajemal zbiranje mešanih komunalnih odpadkov pri povzročiteljih, ločeno zbiranje na zbirnih

mestih, v zbirnem centru Beltinci, na akcijah zbiranja kosovnih ter nevarnih in posebnih odpadkov.

Skupaj s pristojnimi službami občine Beltinci smo že dalj časa ugotavljali, da obstoječi standard ravnanja z odpadki ni več kos močno povečanim količinam embalažnih materialov, ki so se zrcalili predvsem v nenehno polnih zabojnikih na zbirnih mestih. Opisana situacija na terenu in dolgotrajni postopki za uveljavitev cen novih storitev so nas prisilili v iskanje ustrezne rešitve, ki smo jo na koncu definirali v obliki pilotnega projekta zbiranja plastenk, in kasneje embalažnih materialov, po sistemu rumene vrečke od vrat do vrat. Kot partnerji v projektu so nastopali: občina Beltinci, Družba za ravnanje z odpadno embalažo Slopak in izvajalec gospodarske javne službe zbiranja in prevoza odpadkov Saubermacher-Komunala Murska Sobota.

3. OPIS PILOTNEGA PROJEKTA

Občina Beltinci je kot prva izmed 12 občin, kjer podjetje Saubermacher Komunala izvaja gospodarsko javno službo zbiranja in prevoza odpadkov, pristopila k izvajanju projekta. Na seji občinskega sveta je bil sprejet sklep, da se v cenik ravnanja z komunalnimi odpadki v občini Beltinci vključi tudi storitev ločenega zbiranja plastenk oziroma embalažnih materialov po sistemu od vrat do vrat. Sprejet pa je bil tudi sklep, da bo občina v vmesnem obdobju, do izdaje soglasja Vlade RS k spremenjenemu ceniku, za kritje stroškov izvajanja storitev zagotovila potrebna sredstva v okviru svojega proračuna. Pogodba o izvajanju projekta med občino Beltinci in podjetjem Saubermacher Komunala je bila podpisana v začetku meseca februarja 2009.

V prvi polovici meseca marca 2009 so bile vsem gospodinjstvom, ki so vključena v sistem ravnanja s komunalnimi odpadki, razdeljene vrečke in informativno gradivo. V informativnem gradivu so bila navedena navodila za pravilno zbiranje odpadnih plastenk, urnik odvozov v letu 2009 iz posameznih naselij občine Beltinci in navedeni so ukrepi v primeru nepravilnega zbiranja oziroma oddajanja vrečk.

Pilotni projekt je predvideval v začetni fazi zbiranje samo plastenk. V naslednji fazi je bila predvidena nadgradnja na zbiranje še ostalih embalažnih materialov (kovinska embalaža, ostala plastična embalaža, embalaža iz sestavljenih materialov). Predvidena je bila vključitev približno 2.200 gospodinjstev. Vsako gospodinjstvo je prejelo po dve vrečki za posamezni mesec zbiranja PET plastenk. V dogovoru z občino smo definirali način razdeljevanja vrečk in opredelili možnosti nakupa dodatnih vrečk. Vrečke se od gospodinjstev odvaža enkrat mesečno oziroma vsake 4 tedne, v skladu z urnikom, ki so ga prejela vsa gospodinjstva, skupaj z navodili za ločeno zbiranje.

- Predlagana rešitev – namen projekta:
- rešiti problematiko ločenega zbiranja embalažnih materialov,
- doseči ponovno uporabo oz. recikliranje odpadkov,
- zmanjšati količino odloženih odpadkov na odlagališču,
- zmanjšati pritisk na zbirna mesta za zbiranje ločeno zbranih frakcij,
- zagotoviti nova delovna mesta v regiji,
- ozavestiti prebivalstvo.

Povezanost z evropskimi cilji in politikami:

Vplivi delovanja projekta bodo vidni predvsem na naslednjih področjih:

- podpiral bo gospodarno ravnanje s posameznimi vrstami odpadkov z namenom zviševanja deleža njihove ponovne uporabe,
- prispeval bo k zaščiti in ohranitvi naravnih sistemov,
- prispeval bo k visoki ravni kakovosti življenja in socialni blaginji državljanov, z zagotavljanjem okolja, v katerem raven onesnaženosti ne učinkuje škodljivo na zdravje ljudi, živali in rastlin,
- prispeval bo k izboljšanju in prenosu okoljskih tehnologij v uporabo,
- prispeval bo k okoljski ozaveščenosti državljanov,
- s spreminjanjem potrošniških navad in drugačne proizvodnje bo prispeval k doseganju trajnostnega razvoja,
- prispeval bo k dvigu zaposlenosti v regiji.

Splošni cilji projekta:

- ločeno zbiranje odpadkov na izvoru nastanka in njihova ponovna uporaba;
- snovna predelava plastenk;
- zmanjšanje količin odloženih odpadkov, ki so energetske bogati oz. povečati izplen embalažnih materialov;
- dvig zaposlenosti v regiji;
- osveščanje javnosti o gospodarnem ravnanju z odpadki;
- zmanjšanje količin plastike na zbirnih mestih;
- dvig kakovosti bivanja ljudi.

Seveda smo se vsi partnerji v projektu zavedali, da brez informiranja in osveščanja povzročiteljev ne moremo računati na dobre rezultate projekta. V ta namen je občina v svojih glasilih objavljala izčrpne informacije o projektu, ciljeh in pravilnem ravnanju. Za komuniciranje z povzročitelji smo uporabljali tudi spletne strani občine in podjetja Saubermacher-Komunala. Na občinskem TV kanalu je v najbolj gledanem terminu potekala oddaja v živo, kjer so sodelujoči (župan občine, občinska inšpektorica in direktor podjetja Saubermacher-Komunala) podali koristna navodila in napotke za uspešno in pravilno zbiranje embalažnih materialov. V živo so bili predstavljeni embalažni materiali, ki sodijo in ki ne sodijo v rumeno vrečo. Demonstrirano

je bilo tudi stiskanje plastenek in pojasnjen namen tega početja. Za primer neupoštevanja pravil pa smo pripravili dve vrsti nalepk. In sicer nalepka za neustrezno vrečko in nalepka za neustrezno vsebino vrečke.



Slika 3.: Nalepke za obveščanje in osveščanje.

Prvo pobiranje vrečk v občini Beltinci je bilo v torek, 14. aprila 2009 in sicer v kraju Lipa. Prve vrečke sta pobrala direktor podjetja Saubermacher-Komunalna Murska Sobota in župan občine Beltinci. Hkrati pa sta podelila tudi prve »rdeče kartone« oz. nalepila na vrečke z nepravilno vsebino nalepke, ki opozarjajo na neustrezno ravnanje in dajejo navodila za korekcijo.



Slika 4.: Tekmovanje na OŠ Beltinci v ločevanju odpadkov.

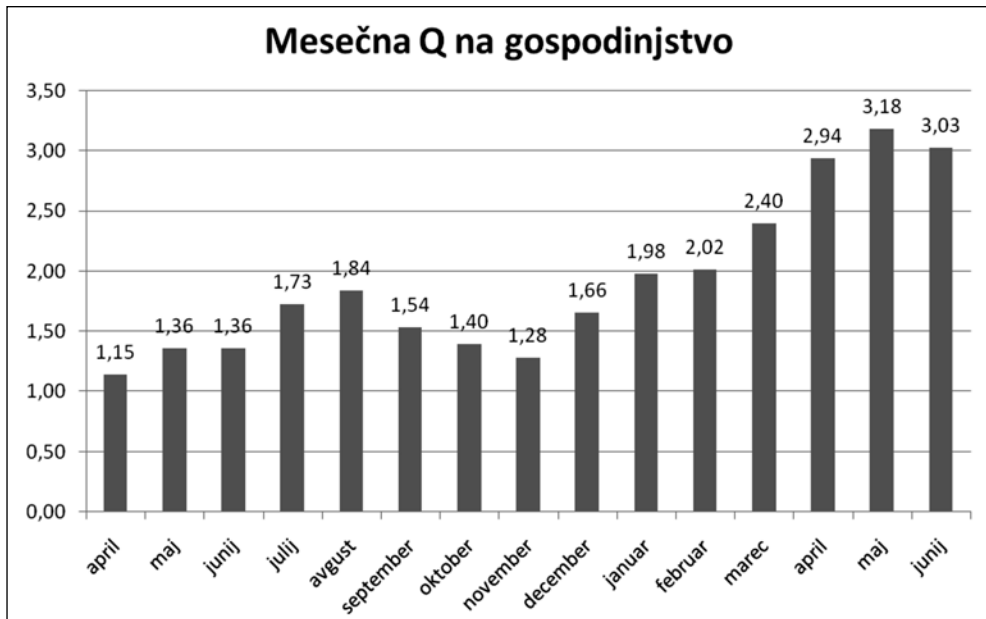
Ker je šlo za mejnik na področju ravnanja z odpadki v naši regiji smo ga obeležili tudi v sodelovanju z Osnovno šolo Beltinci. Istega dne smo v šoli z namenom osveščanja in izobraževanja povzročiteljev pripravili za učence tekmovalno v ločevanju odpadkov. Najuspešnejši so bili seveda nagrajeni.

Hkrati pa smo na prvo pobiranje povabili tudi vse tiskane in ostale medije, da o tem mejniku na področju ravnanja z odpadki poročajo in tudi na ta način prispevajo k uspešnosti projekta. Odziv le-teh je bil na vseh pričakovanji, kar nam je samo še potrdilo pravilnost naših odločitev.

V mesecu novembru smo projekt nadgradili tako, da smo poleg plastenk pričeli v vrečke ločeno zbirati tudi ostale embalažne materiale. O tem so bili vsi občani ponovno obveščeni in informirani na enak način kot je to bilo izvedeno ob začetku projekta.

4. REZULTATI

Med cilji projekta smo si zastavili tudi ločeno zbiranje odpadkov na izvoru nastanka in njihovo ponovno uporabo, povečanje količine ločeno zbranih embalažnih materialov, zmanjšanje količine plastike na zbirnih mestih. Po malce več kot letu dni lahko ugotovimo, da smo dosegli vse zastavljene cilje projekta. O tem nam pričajo tako kvantitativni kakor tudi kvalitativni rezultati.



Slika 5.: Prikaz gibanja povprečno zbrane količine materialov na gospodinjstvo v posameznem mesecu.

Kvantitativni rezultati:

- a) dodatno smo zaposlili voznika in pobiralca,
- b) zmanjšala se je količina plastike na zbirnih mestih oziroma se je zmanjšal pritisk na zbirna mesta,
- c) količina zbranih embalažnih materialov se je z začetnih 1,15 kg povprečno na gospodinjstvo na mesec (april 2009_samo plastenke) dvignila na 1,84 kg povprečno na gospodinjstvo (avgust 2009_samo plastenke) oziroma že čez 3 kilograme embalažnih materialov mesečno na gospodinjstvo v maju in juniju 2010,
- d) septembra 2009 smo pred nadgradnjo projekta z ločenim zbiranjem vseh embalažnih materialov med občani občine Beltinci izvedli anketo (N=186, kar predstavlja skoraj 9% gospodinjstev), ki je dala naslednje rezultate:
 - 89 % anketiranih ločeno zbira odpadke redno, dodatni 4 % pa občasno,
 - 96% zbira doma plastenke ločeno v vrečke,
 - 92 % občanov zadostujeta dve vrečki na mesec,
 - 88 % občanov si želi nadgradnjo sistema rumene vrečke,
 - 33 % občanov bi doma ločeno zbiralo tudi papir.

Kvalitativni rezultati:

- a) »izboljšana slika« na zbirnih mestih (zabojniki niso bili več obloženi z materiali),
- b) posledično se je izboljšal videz naselij in kvaliteta bivanja,
- c) preko aktivnih ozaveščevalnih aktivnosti se je dvignila raven osveščenosti povzročiteljev.

5. ZAKLJUČEK

Rezultati pilotnega projekta kažejo odlične rezultate, kar dokazuje, da je bila naša skupna odločitev (občina Beltinci in Saubermacher-Komunala Murska Sobota) pravilna. O tem pričajo tako doseženi rezultati zbiranja, kakor tudi rezultati ankete. V podjetju Saubermacher-Komunala Murska Sobota si želimo, da bi primer občine Beltinci sledilo kar se da večje število občin. Mnoge so do danes že sprejele sklepe o nadgradnji obstoječih standardov ravnanja z odpadki tudi z rumeno vrečko. Z vso resnostjo jim lahko zagotovimo, da je bila njihova odločitev pravilna in ustrezna, o čemer se bodo lahko prepričali kaj kmalu po uvedbi novega standarda.

Verjamemo, da nam bo s skupnimi močmi uspelo ustvariti » za življenja vredno okolje«.

VIRI IN LITERATURA

[1] <http://www.sigov.si/mop>.

[2] www.beltinci.si

[3] Interne evidence in podatki podjetja Saubermacher-Komunala Murska Sobota d.o.o.



ID 04

Razvoj matematičnega modela za izdelavo trdnega goriva iz odpadkov

**mag. Janez EKART¹, Brigita POLANEC²,
prof. dr. Srečko GLODEŽ³, prof. dr. Niko SAMEC⁴,
dr. Filip KOKALJ⁴**

¹ *Surovina d.d., Vita Kraigherja 5, SI-2000 MARIBOR*
janez.ekart@surovina.si

² *MD Inženiring d.o.o., Loška ulica 8, SI-2000 MARIBOR*
brigita@mdi.si

³ *Univerza v Mariboru, Fakulteta za naravoslovje in matematiko,
Koroška cesta 160, SI-2000 MARIBOR*
srecko.glodez@uni-mb.si

⁴ *Univerza v Mariboru, Fakulteta za strojništvo, Smetanova 12,
SI-2000 MARIBOR*
niko.samec@uni-mb.si, filip.kokalj@uni-mb.si

Povzetek

Proizvodnja trdnega goriva iz nenevarnih odpadkov je v Sloveniji vse bolj aktualna. Hierarchy ravnanja z odpadki je po ločevanju na izvoru v snovni in energijski izrabi odpadkov z minimizacijo škodljivih vplivov na okolje. Poznamo dve različni kвалiteti trdnih goriv iz nenevarnih odpadkov, ki predstavljata energijsko bogate frakcije nenevarnih odpadkov:

- Residual Delivery Fuel (RDF), ki je primarno namenjeno direktnemu sežigu in
- Solid Recovered Fuel (SRF), ki je namenjeno sosežigu v kurilnih napravah in cementnih pečeh.

V obsegu naših raziskav za optimiranje trdnih goriv iz nenevarnih odpadkov smo izdelali matematični model za pripravo različnih vzorcev trdnega goriva, s katerim lahko poljubno spreminjamo kakovost trdnega goriva v svojstvu njegovih energijskih, kemijskih in fizikalnih lastnosti. Uporabimo iteracijo različnih vzorcev vhodnih odpadnih materialov z določenimi deleži in različnimi energijskimi, kemičnimi in fizikalnimi lastnostmi. Vzorce pripravimo v skladu z veljavnimi tehničnimi specifikacijami za vzorčenje odpadkov (CEN/TS 15442 in 15443) in jih obravnavamo kot referenčne vzorce. Z laboratorij-

sko analizo določimo osnovne vrednosti parametrov (kurilna vrednost, klor, živo srebro, kadmij), ki jih določa Uredba o predelavi nenevarnih odpadkov v trdno gorivo za uvrstitev trdnih goriv v razrede. Z laboratorijsko analizo trdnega goriva kot mešanice različnih vhodnih odpadnih materialov v enakem obsegu parametrov, kot smo jih analizirali v vhodnih odpadnih materialih, ugotovljamo odstopanja od pričakovanih rezultatov, ki nam jih je določil matematični model. Raziskava je pokazala, da zaradi heterogenosti vhodnih odpadnih materialov in tudi zaradi relativnih napak pri vzorčenju, nastajajo razlike med rezultati parametrov, pridobljenih z matematičnim modelom in dejanskimi rezultati parametrov, ugotovljenih v laboratoriju.

Matematični model je osnova za določitev približne kakovosti trdnega goriva in posledično razreda trdnega goriva. Implementacija matematičnega modela bo v bodoče za proizvajalce trdnih goriv iz odpadkov izjemnega pomena. Z njegovo uporabo bodo odprte vse možnosti za nadaljnjo optimiranje kakovosti trdnih goriv iz odpadkov.

Ključne besede: trdno alternativno gorivo SRF, nenevarni odpadki, matematični model, razred trdnih goriv.

1. UVOD

Na področju ravnanja z odpadki smo že nekaj časa priča vse večjim zahtevam za pravilno ravnanje z odpadki, katerih cilj je ločevanje na izvoru, snovna in energijska izraba odpadkov z minimiziranjem vplivov na okolje. Uredba o odlaganju odpadkov (Ur. l. RS št. 32/2006) postavlja nove zahteve v pogledu lastnosti ostankov odpadkov, ki se lahko odložijo na odlagališče, predvsem kriterija energijske vrednosti odloženih odpadkov 6 MJ/kg suhe snovi in TOC v vrednosti 5% mase suhe snovi. Sicer v skladu z Uredbo Ministrstvo lahko določi za posamezno koledarsko leto druge vrednosti v skladu s 7. členom Uredbe.

Evropska Direktiva o odlaganju odpadkov (1999/31/EC) kot tudi mnogi nacionalni zakoni predpisujejo zmanjšanje količine biološko razgradljivih odpadkov, ki se odlagajo, do leta 2016 za 65% glede na izhodiščno leto 1995.

Odlaganje odpadkov, ki je bilo do sredine devetdesetih let prejšnjega stoletja domala edina oblika končne oskrbe komunalnih odpadkov, je z uvedbo nove strategije po vzoru EU samo še kot nujna oblika končne oskrbe tistih odpadkov, ki niso primerni niti za snovno, niti za energijsko izrabo odpadkov. Zato je v Operativnem programu odstranjevanja odpadkov s ciljem zmanjšanja

količin odloženih biorazgradljivih odpadkov za obdobje 2009-2013 velik podatek tudi na sistematičnemu zapiranju odlagališč. V letu 2007 je bilo v RS evidentiranih 60 odlagališč, od tega:

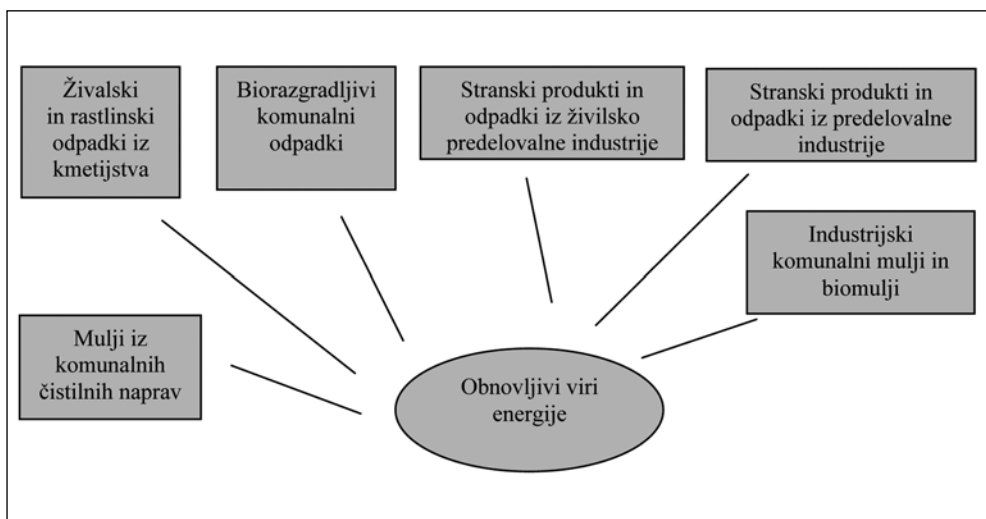
- 7 novih odlagališč (vključeno tudi IV in V polje Barje Ljubljana)
- 29 odlagališč s programom prilagoditve v Skladu z Uredbo o odlaganju odpadkov
- 24 odlagališč za zaprtje

V Sloveniji imamo s sprejeto Uredbo o predelavi nenevarnih odpadkov v trdno gorivo (Ur.l. RS, št. 57/2008) in tehničnimi specifikacijami s področja alternativnih goriv, ki jih je sprejel tehnični odbor za alternativna goriva SIST AGO pri Slovenskem inštitutu za standardizacijo zadostne pogoje za tiste predelovalce odpadkov, ki želijo uporabiti način predelave nenevarnih odpadkov v obliki energijske izrabe in sicer s proizvodnjo trdnih goriv.

Za kvaliteto trdnih goriv je pomembna receptura mešanja različnih odpadnih materialov na vходу. Zato bo razvoj matematičnega modela za pripravo receptur pomemben pripomoček za predelovalce odpadkov v trdno gorivo.

2. RAZVOJ TRDNIH GORIV V EVROPI

Potencial obnovljivih virov energije lahko iščemo v različnih vrstah odpadkov. Slika 1 prikazuje potencialne vire odpadkov, ki jih lahko uporabimo kot obnovljivi vir energije.



Slika 1.: Obnovljivi viri energije iz odpadkov.

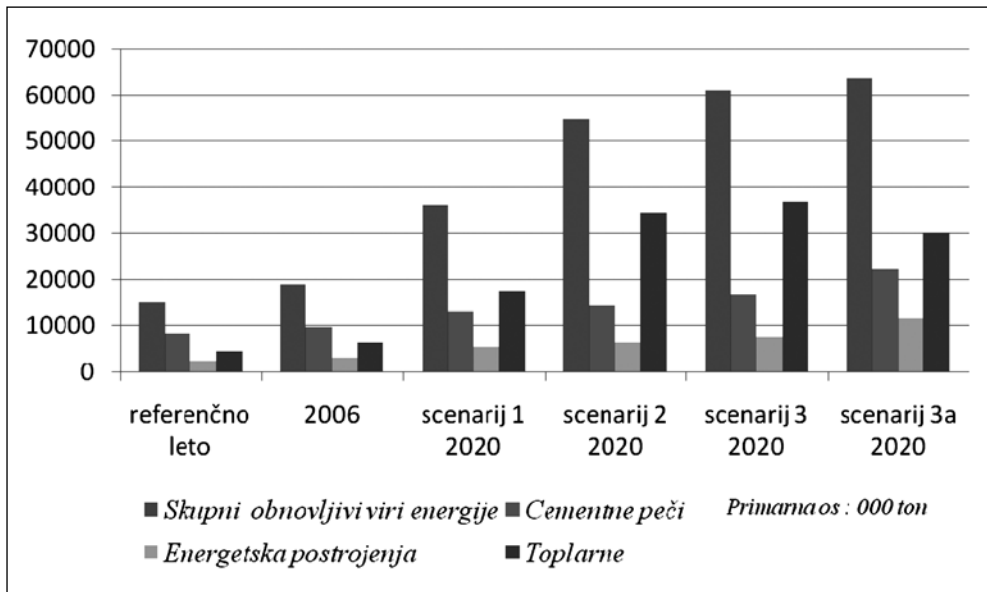
Trend proizvodnje trdnih goriv iz odpadkov SRF v Evropi v obdobju 2004 – 2020 prikazuje tabela 1.

Tabela 1.: Proizvodnja SRF v Evropi 2004 – 2020.

	Potencial SRF	Referenčno leto 2004	2006	Scenarij 1 2020	Scenarij 2 2020	Scenarij 3 2020
	ton	ton	ton	ton	ton	ton
Skupni obnovljivi viri energije	70.064.000	15.102.000	18.957.000	35.971.000	54.890.000	61.122.000
Cementne peči		8.306.000	9.634.000	12.956.000	14.122.000	16.754.000
Energetska postrojenja		2.265.000	3.060.000	5.499.000	6.448.000	7.638.000
Toplarne		4.531.000	6.263.000	17.508.000	34.320.000	36.729.000

Vir: ERFO European Recovered Fuel Organisation

Tabela 1. v grafični obliki podaja slika 2.



Vir: ERFO European Recovered Fuel Organisation

Slika 2.: Proizvodnja SRF v Evropi 2004 – 2020.

Prednosti uporabe SRF in stroški njegove proizvodnje prikazuje tabela 2.

Tabela 2.: Prednosti uporabe in stroški.

	Sosežiganje v cementnih pečeh	Sosežiganje v energetskih postrojenjih
SRF neto kurilna vrednost (KJ/kg)	18000	14000
Energetski prihranek (€/t)	48,5	21,5
CO ₂ prihranek (€/t)	12	17,7
Stroški investicije (€/t)	- 6,7	- 3,6
Stroški obratovanja (€/t)	- 3,3	- 8,5
Potencialni prihranek (€/t)	50,5	27,1
Povprečje	39	39
Hipoteze:	Investicije: skladišče, doziranje, CL by-pass Cena koksa: 70 €/t (26 GJ/t) Cena CO ₂ kvote: 15 €/EUA	Investicije: skladišče, doziranje Cena lignita: 13 €/t (8,5 GJ/t) Cena CO ₂ kvote: 15 €/EUA

Vir: ERFO European Recovered Fuel Organisation

3. OKOLJSKE KORISTI TRDNIH GORIV

Glavna korist povezana z energijsko izrabo odpadkov je zmanjšanje emisij toplogrednih plinov, ki imajo lokalni in globalni vpliv. Mednarodna agencija za energijo (IEA) je končala raziskavo o pozitivnih in negativnih vplivih pri energetski izrabi.

Raziskava je pokazala, da konvencionalni sistemi za energetske izrabo odpadkov (masovna sežigalnica) imajo skupno emisijo CO₂ 1100 kg/ tona odpadkov in 1833 gramov CO₂/kWh. Številna ocenjevanja so pokazala, da

med 20-40% (odvisno od stopnje ločenega zbiranja papirja in organskih odpadkov) ogljika v komunalnih odpadkih je fosilnega izvora (plastika). Preostanek izhaja iz biomase in se lahko smatra kot obnovljiv vir. Tako je neobnovljiv element emisij približno 367 gramov CO₂/kWh (20% od skupnih 1833 gramov CO₂/kWh). Če so nenevarni odpadki odloženi na odlagališču, nastane približno 70 kg metana (dejansko med 50-100 kg) iz vsake tone odpadkov. Ker ima metan višji toplogredni potencial (23 krat bolj od CO₂) je to enakovredno 1610 kg CO₂/tono odpadkov. S proizvodnjo trdnih goriv iz nenevarnih odpadkov (RDF, SRF) se posledično tudi zmanjšajo emisije iz odlagališč zaradi manjših količin odloženih odpadkov.

Trdna goriva, pridobljena iz nenevarnih odpadkov, predstavljajo širok obseg uporabe odpadnih materialov, ki so predelani na način, da njihova skupna karakteristika ustreza tehničnim specifikacijam, ki so zahtevane v skladu z Uredbo, tako po kriterijih njihovih kemijskih, fizikalnih in energijskih lastnosti. Med te odpadne materiale prištevamo ostanke iz razvrščanja komunalnih odpadkov in njim podobnim odpadkom iz industrije in obrti, odpadna blata, ipd.

Zaradi prepovedi odlaganja biološko nestabiliziranih odpadkov, predvsem pa tudi zaradi prevelike energijske vrednosti, je v nekaterih državah EU po letu 2005 nastal resen problem odlaganja odpadkov. Edina rešitev je bilo ločevanje na izvoru, uvedba mehansko-biološke obdelave in uporaba energijsko bogate frakcije, neprimerne za snovno izrabo, v obliki energijske izrabe z direktnim sežigom ali sosežigom kot RDF ali uporaba te frakcije z ostalimi ločenimi frakcijami za proizvodnjo SRF, ki se lahko sosežiga v kurilnih napravah, ki pa zahtevajo kontroliran produkt trdnih goriv za doseganje predpisanih kemijskih, energijskih in fizikalnih lastnosti. Zato tudi RDF in SRF ni možno enačiti, ker gre za dve različni kvaliteti trdnih goriv iz nenevarnih odpadkov.

4. ZAKONODAJA IN STANDARDIZACIJA TRDNIH GORIV

Področje trdnih goriv je v Sloveniji urejeno z Uredbo o predelavi nenevarnih odpadkov v trdno gorivo (Ur. l. RS št. 57/2008). Če izvzamemo področje trdnih goriv iz biomase, ki je v Sloveniji že nekaj časa aktualna, pa je področje predelave drugih nenevarnih odpadkov v trdno gorivo v naši državi šele na začetku. V 7. členu Uredba določa, da se trdna goriva iz nenevarnih odpadkov uvrščajo v razrede glede na njihovo kurilno vrednost, vsebnost klora in

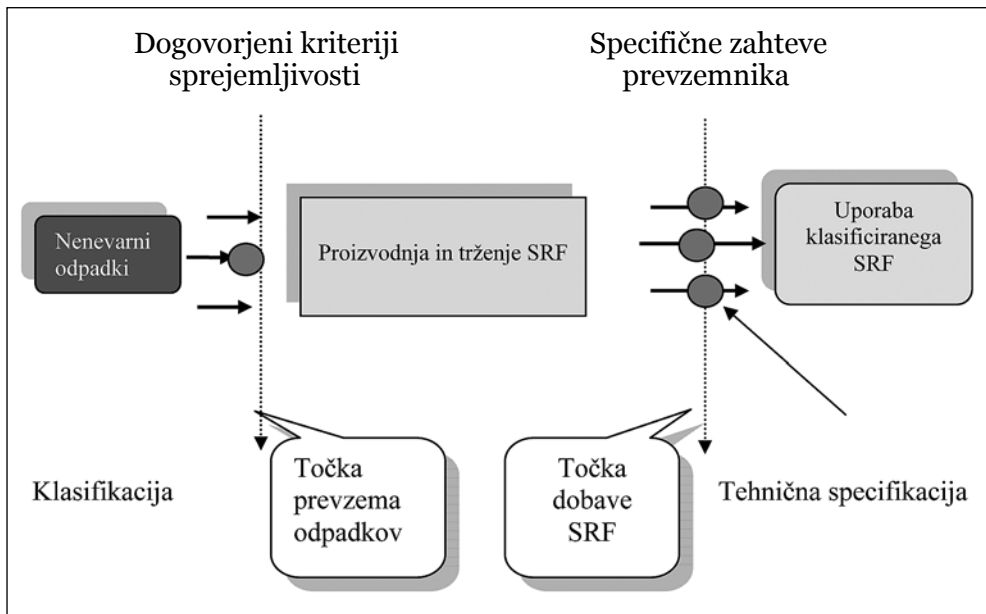
vsebnost nevarnih snovi (živo srebro, kadmij in žveplo), kar v bistvu predstavlja kvaliteto trdnih goriv (tabela 3).

Tabela 3.: Klasifikacijski seznam trdnega goriva za razvrščanje v razrede.

Parameter trdnega goriva	Statistični izračun povprečja	Enota parametra	1. razred trdnega goriva	2. razred trdnega goriva	3. razred trdnega goriva	4. razred trdnega goriva	5. razred trdnega goriva
Neto kurilna vrednost	aritmetična sredina	MJ/kg	>=25	>=20	>=15	>=10	>=3
Klor (Cl)	aritmetična sredina	% (m/m)	<=0,2	<=0,6	<=1,0	<=1,5	<=3
Živo srebro (Hg)	mediana	mg/MJ	<=0,02	<=0,03	<=0,08	<=0,15	<=0,5
Živo srebro (Hg)	80 percentilna vrednost	mg/MJ	<=0,04	<=0,06	<=0,16	<=0,30	<=1,0
Kadmij (Cd)	aritmetična sredina	mg/kg	<=1,0	<=4,0	<=5,0	<=5,0	<=5,0
Žveplo (S)	aritmetična sredina	% (m/m)	<=0,2	<=0,3	<=0,5	<=0,5	<=0,5

Pri Slovenskem inštitutu za standardizacijo (SIST) je bil ustanovljen v novembru 2006 Tehnični odbor za alternativna goriva (SIST/TC AGO), ki je pri svojem dosedanjem delu uskladił prevode tehničnih specifikacij, ki jih je sprejel evropski tehnični odbor CEN/TS 343 za alternativna goriva iz odpadkov, oziroma njegovi delovna telesa:

- CEN/TC 343/WG 1 terminologija in zagotavljanje kakovosti
- CEN/TC 343/WG 2 specifikacije in razredi
- CEN/TC 343/WG 3 vzorčenje, izbor vzorcev in pomožne metode testiranja
- CEN/TC 343/WG 4 fizikalni, mehanski testi
- CEN/TC 343/WG 5 kemijski testi



Slika 3.: Shematska kontrola odpadkov.

Uredba o predelavi odpadkov v trdno gorivo citira dve tehnični specifikaciji iz nabora sprejetih tehničnih specifikacij na tehničnem odboru SIST/TC AGO, in sicer:

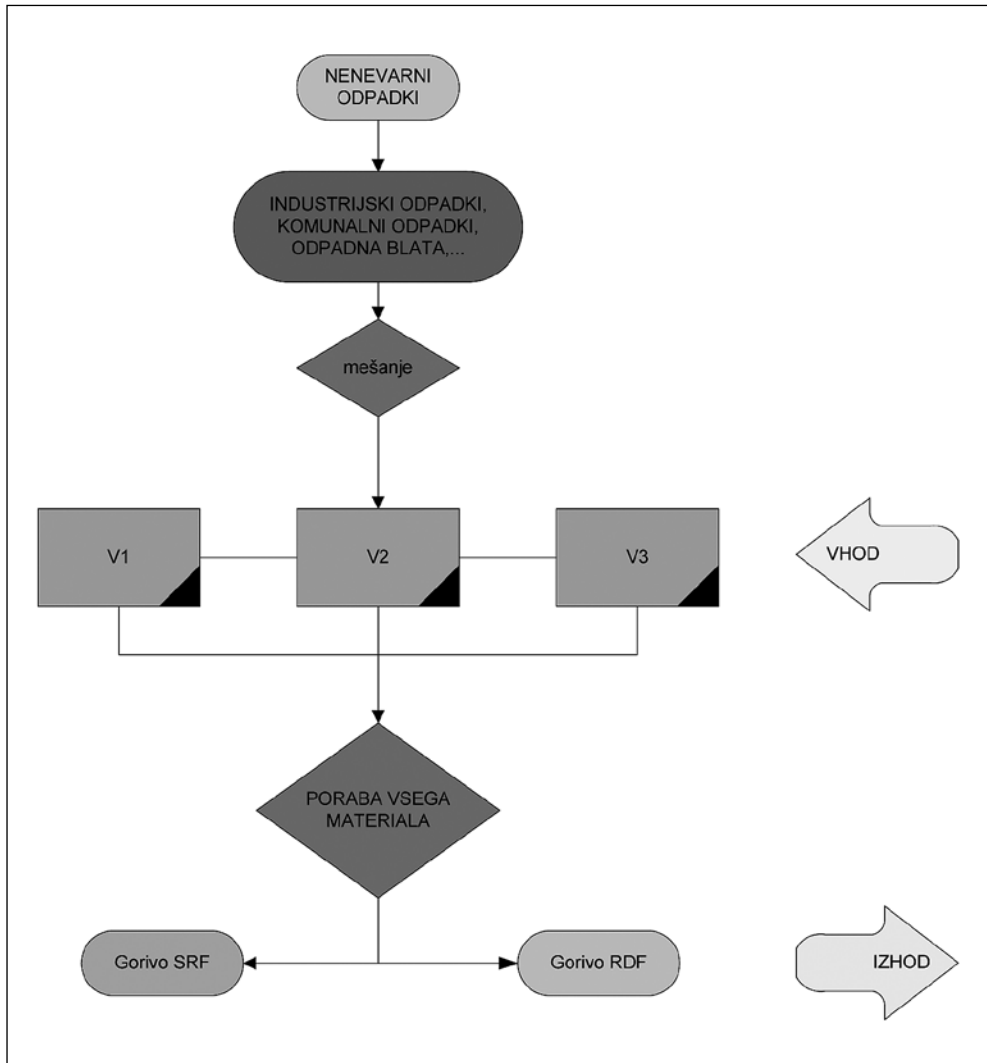
- SIST-TS CEN/TS 15359, TRDNO ALTERNATIVNO GORIVO - SPECIFIKACIJE IN RAZREDI
- SIST-TS CEN/TS 15358, TRDNO alternativno gorivo - Sistemi vodenja kakovosti - Posebne zahteve za njihovo uporabo pri proizvodnji trdnih alternativnih goriv

Obe specifikaciji sta pomembni za kakovost trdnega goriva. Kakovost trdnega goriva SRF in/ali RDF je pomembna od kakovosti odpadkov na vhodu. Shematsko kontrolo odpadkov na vhodu in kontrolo produkta trdnega goriva ponazarja slika 3.

5. RAZVOJ MATEMATIČNEGA MODELA

Za pridobitev kakovostnega trdnega goriva SRF je v prvi vrsti pomemben vhodni material, predvsem njegove energijske, kemijske in fizikalne lastnosti. Struktura materiala je pri tej vrsti goriva veliko bolj kontrolirana, saj takšen material dobimo s pomočjo mešanja različnih, predhodno ločenih frakcij odpadkov z znanimi lastnostmi, po predhodno izvedenih laboratorijskih

analizah. Tako dobimo različne vzorce, z raznoliko, a poznano sestavo odpadnega materiala.



Slika 4.: Algoritem za vhodne in izhodne podatke.

Solid recovered fuel (SRF), je po tehničnih specifikaciji SIST-TS CEN/TS 15359, bolj homogen in bolj predelan material kot Refuse derived fuel (RDF). Po klasifikaciji, ki jo najdemo v Uredbi o predelavi nenevarnih odpadkov (57/2008), je SRF lahko proizveden v kvaliteti vseh razredov, odvisno od zahtev prevzemnika, kjer so določene dovoljene vrednosti posameznega parametra.

Z laboratorijskimi analizami smo dobili, za znane ločene frakcije v posameznih vzorcih, izmerjene vrednosti parametrov. Vzorcem je bila izmerjena, s pomočjo kalorimetra, zgornja kurilna vrednost GCV (Gross calorific value). Za spodnjo kurilno vrednost NCV (Net calorific value) moramo upoštevati še prisotnost vlage v posameznem vzorcu. Za suho snov lahko izračunamo energijsko vrednost ob upoštevanju vsebnosti vlage in izločanju vode pri segrevanju ter ob prisotnosti pepela:

$$EV = EV_z \cdot \left(\frac{100}{100 - p - v} \right) \quad (1)$$

v.....delež vlage

p.....delež pepela

EVenergijska vrednost suhe snovi $\left[\frac{\text{kJ}}{\text{kg}} \right] \left[\frac{\text{kJ}}{\text{kg}} \right]$

EV_z..... začetna energijska vrednost $\left[\frac{\text{kJ}}{\text{kg}} \right] \left[\frac{\text{kJ}}{\text{kg}} \right]$

Skupno gornjo kurilno vrednost referenčnega vzorca lahko izračunamo po naslednji enačbi:

$$GCV = \sum_{i=1}^n GCV_i \cdot d_i \quad (2)$$

d_i.....delež posamezne frakcije

GCVgornja kurilna vrednost referenčnega vzorca $\left[\frac{\text{kJ}}{\text{kg}} \right] \left[\frac{\text{kJ}}{\text{kg}} \right]$

GCV_i.....gornja kurilna vrednost i-te frakcije vzorca $\left[\frac{\text{kJ}}{\text{kg}} \right] \left[\frac{\text{kJ}}{\text{kg}} \right]$

Zaradi zahtev za doseganje zelenega razreda iz priloge Uredbe o predelavi nenevarnih odpadkov so bile vzorcem izmerjene še vrednosti posameznih kemijskih parametrov, in sicer za klor, živo srebro, kadmij in žveplo.

Matematični model za izdelavo trdnega alternativnega goriva smo razvili s pomočjo iteracije različnih vzorcev trdnega goriva. Za izhodišče smo vzeli tri različne vzorce trdnega goriva z vnaprej analiziranimi karakteristikami. Izdelana je bila vrsta izračunov s spremenjenimi parametri, kjer smo izkoristili

možnosti domešavanja materialov z dobrimi kemijskimi, fizikalnimi in energijskimi lastnostmi. S tem smo dobili dobre rezultate z manjšimi odstopanji od predpisanih vrednosti. Pomembno vlogo pri tem je imela poraba mase posameznega vzorca, ki se je na začetku določila na osnovi lastnosti vzorca. Za doseg želenih rezultatov je potrebno upoštevati večkratno vzorčenje s pripravo vzorcev z boljšimi karakteristikami. Pri tem se je pokazalo, da nastopi težava zaradi prevelike porabe odpadnih materialov boljše kakovosti z večjimi odstopanji od predpisanih vrednosti želenega razreda, po drugi strani pa nam ostaja odpadni material slabše kvalitete, ki se ga preprosto ne da uporabiti.

Tabela 4 prikazuje izbrane vzorce z laboratorijsko izmerjenimi energijsko – kemijskimi parametri, katerim vnesemo maso porabe materiala.

Tabela 4.: Vhodni podatki.

	Enota	VZOREC 1	VZOREC 2	VZOREC 3
masa	kg	20.000	70.000	10.000
NCV	MJ/kg	15,2	26,7	18,374
klor	%(m/m)	1,3	0,18	1,76
živo srebro	mg/MJ	0,1	0,15	0,1
kadmij	mg/kg	2	1,89	2
žveplo	%(m/m)	0,02	0,01	0,05

Na začetku smo določili deleže mas za vsak vzorec, ki se bo uporabil, po naslednji enačbi:

$$d_i = \frac{V_i}{\sum_{i=1}^n m_i}, \quad n \in \mathbb{N} \quad (3)$$

d_i delež mase i – tega vzorca

V_i i – ti vzorec

m_i masa i – tega vzorca

Nastavili smo tudi možnost porabe vsega odpadnega materiala, ki predstavlja idealno mešanje. Pri porabi vsega odpadnega materiala dobimo razred trdnega goriva brez ostanka, ki pa lahko odstopa od želenega razreda. Pri porabi celotne mase velja:

$$m_I = \sum_{i=1}^n m_i, \quad n \in \mathbb{N} \quad (4)$$

m_I celotna masa [kg]

m_i masa i – tega vzorca [kg]

Po porabi celotnega odpadnega materiala dobimo trdno gorivo z določenimi lastnostmi, ki jih izračunamo po naslednji enačbi:

$$G_I = \frac{\sum_{i=1}^n V_i(j) \cdot m_i}{m_I}, \quad n \in \mathbb{N} \quad (5)$$

G_I trdno gorivo po idelanem mešanju

$V_i(j)$ i – ti vzorec po j – tem parametru

Problem tako dobljenega trdnega goriva predstavlja nedoseganje predpisanih vrednosti že v enem parametru, saj ga zaradi tega ne moremo razvrstiti v zelen razred trdnega goriva. Zato smo nastavili v modelu izračune, ki izločijo material slabše kvalitete, ki onemogoča doseganje zelenih rezultatov. Odpadni material s slabšimi karakteristikami domešavamo do največje možne porabe. V prvi vrsti predstavljata pomembno vlogo nastavek zelenega razreda in prioritetni red mešanja materiala, ki ga določimo na osnovi karakteristik posameznih vzorcev. Kvocient med vrednostjo parametra določenega vzorca in vrednostjo parametra zelenega razreda nam pove, ali se vrednosti presežejo ali ne:

$$p_i(j) = \frac{V_i(j)}{R_{II}(j)} \quad (6)$$

$p_i(j)$ kvocient i – tega vzorca za j – ti parameter

$R_{II}(j)$ vrednosti j – tih parametrov 2. razreda

Za neto kurilno vrednost je zaželeno, da je kvocient večji od 1, saj želimo imeti čim večjo NCV, medtem, ko morajo biti kvocianti za vse ostale parametre manjši od 1, saj želimo imeti čim manjše vsebnosti predpisanih kemijskih lastnosti. Na osnovi dobljenih kvocientov določimo izločitveni kriterij glede preseganja predpisanih vrednosti.

Matematični model nam vrne zelen rezultat, maksimalni možen delež trdnega goriva $G(j)$, ki pripada drugemu razredu po klasifikacijskem seznamu iz

priloge Uredbe o predelavi nenevarnih odpadkov, in preostali delež trdnega goriva P(j), goriva slabše kvalitete. Enačba (7) nam da dosežene lastnosti trdnega goriva:

$$G(j) = \frac{\sum_{i=1}^n A_{j,i} \cdot m_{V_i} \cdot V_i(j)}{\sum_{i=1}^n m_{V_i} \cdot A_{j,i}}, \quad n \in \mathbb{N} \quad (7)$$

Za preostanek goriva uporabimo enačbo (8):

$$P(j) = \frac{\sum_{i=1}^n [(1 - A_{j,i}) \cdot m_{V_i} \cdot V_i(j)]}{\sum_{i=1}^n (1 - A_{j,i}) \cdot m_{V_i}}, \quad n \in \mathbb{N} \quad (8)$$

kjer velja za enačbi (7) in (8) naslednje:

G(j) vrednost goriva po parametru j, kjer je $j = \text{NCV, Cl, Hg, Cd, S}$.

A_{j,i} matrika j – tega parametra in i – tega vzorca

m_{V_i} masa i – tega vzorca

V_i(j) vrednost j – tega parametra v i – tem vzorcu

P(j) vrednost preostanka goriva po parametru j.

V spodnjih tabelah 5 in 6 je predstavljen primer za končni rezultat matematičnega modela, s konkretnimi vhodnimi podatki iz tabele 4.

Tabela 5 in 6: Lastnosti dobljenega trdnega goriva SRF, uvrščenega v drugi in četrti kakovostni razred.

Tabela 5.: Trdno gorivo, razred 2

TRDNO GORIVO:		razred: 2
masa	kg	81724,14
GCV	MJ/kg	24,49
klor	%	0,61
živo srebro	mg/MJ	0,005
kadmij	mg/kg	1,91
žveplo	%	0,02

Tabela 6.: Trdno gorivo, razred 4

TRDNO GORIVO (OSTANEK):		razred: 4
masa	kg	18275,86
NCV	MJ/kg	14,84
klor	%	1,16
živo srebro	mg/MJ	0,006
kadmij	mg/kg	2
žveplo	%	0,02

Predstavljen primer nam da dober rezultat, saj predstavlja kar 81,72 % trdne-ga goriva drugega razreda. Preostanek je trdno gorivo četrtega kvalitetnega razreda, gledano po masnem deležu ga je 18,27 %.

Z implementacijo matematičnega modela bo v prihodnosti omogočena hitra in natančna določitev kakovosti trdnega goriva ob spreminjanju masnih deležev vhodnega materiala. Rezultati se bodo v nadaljevanju raziskovalnega dela primerjali tudi z laboratorijskimi analizami, kjer pa pričakujemo manjša odstopanja od izračunanih vrednosti.

6. ZAKLJUČEK

Glede na omejene zaloge primarnih energetskih virov je proizvodnja alternativnih goriv vse bolj aktualna in ima dolgoročno perspektivo. To je spoznala večina držav, članic EU, kjer smo priča stalnemu večanju deleža alternativnih goriv pri porabi energentov. Pričakujemo, da bo trdno gorivo iz odpadkov kot eno alternativnih virov energije, postalo tudi v Sloveniji pomemben faktor pri dopolnjevanju strategije ravnanja z odpadki in s tem prispevalo k zmanjšanju porabe primarnih energetskih virov v cementarnah, toplarnah in termoelektrarnah, pa čeprav v prvi fazi v majhnem obsegu.

VIRI IN LITERATURA

- [1] CEN (2001). *Report, Waste to recovered fuel*, str. 20-40.
- [2] http://converter.eu/calorific_value/.
- [3] Kronberger, R. (2001). *Waste to recovered fuel cost-benefit analysis, European Commission Directorate-General for Energy and Transport*, str.178-182.
- [4] Referenčni vzorci za trdno gorivo iz odpadkov. (2009). Str.7-8.

-
- [5] Samec, N. (2005). *Proizvodnja industrijskega goriva in okolju prijazna energija, Študija izvedljivosti projekta*, str. 2-32.
 - [6] SIST-TS CEN/TS.
 - [7] SIST-TS CEN/TS 15359:2007, Trdno alternativno gorivo – Specifikacije in razredi.
 - [8] SIST EN 14899:2006, osnova EN 14899:2005 Karakterizacija odpadkov - Vzorčenje odpadkov - Okvirno navodilo za pripravo in uporabo načrta vzorčenja.
 - [9] SIST EN 15002:2006, osnova Karakterizacija odpadkov - Priprava preskusnih vzorcev iz laboratorijskega vzorca.
 - [10] Uredba o predelavi nenevarnih odpadkov v trdno gorivo (Ur. l. RS št. 57/2008).
 - [11] Van Tubergen, J., Glorius, T. & Waeynbergh, E. (2010). *European Recovered Fuel Organisation*, referat Helsinki.
 - [12] Van Tubergen, J., Glorius, T. & Waeynbergh, E. (2005). *European Recovered Fuel Organisation, Classification of Solid Recovered Fuel*.



ID 11

Problemi pri termični izrabi lesnih odpadkov in možne rešitve

prof. dr. Viktor GRILC¹, mag. Muharem HUSIĆ¹

¹ *Kemijski Inštitut, Ljubljana, Hajdrihova 19, SI-1000 LJUBLJANA*
viktgrilc@ki.si

Povzetek

Predstavljeni bodo problemi, ki se pojavljajo v Sloveniji pri termični izrabi odpadne lesne biomase in odpadnega lesa. Prvi del problemov izvira iz vsebnosti onesnažil v biomasii oz. odpadnem lesu, ki lahko škodujejo kurilni napravi ali širšemu življenjskemu okolju. Mejne vrednosti, predpisane v ustrezni uredbi, se nanašajo na vsebnost kislih komponent (klor, fluor, žveplo, bor) in na težke kovine (arzen, baker, kadmij, živo srebro). Najbolj omejujoč parameter je vsebnost klora, ki je v lesni biomasii dovoljen le v koncentraciji do 100 mg/kg, za odpadni les pa do 350 mg/kg. Te vrednosti presegajo praktično vsi tovrstni odpadki in je zato uporaba odpadne lesne biomase kot alternativnega goriva zelo težavna. Vsebnost klora v lesni biomasii izvira deloma iz rastnega okolja deloma iz kasnejšega onesnaženja, v odpadnem lesu pa iz impregnacijskih in plemenitilnih sredstev.

Drugi del problemov se nanaša na odstranjevanje lesnih pepelov. Pepel iz odpadne lesne biomase praviloma ni onesnažen, je pa zelo alkalen, zato ni primeren za direktno kmetijsko uporabo. Za odlaganje na odlagališče odpadkov je pogosto kritična vsebnost vodotopnih snovi. Pepeli iz odpadnega lesa so lahko onesnaženi s težkimi kovinami, problem pa je tudi njihova alkalnost. V referatu bodo prikazane nekatere možne rešitve, npr. stabilizacije pepelov pred odlaganjem z raznimi dodatki ali karbonatizacijo, ter možna predelava v gnojila za poljedelstvo.

Ključne besede: lesna biomasa, odpadni les, alternativna goriva, stabilizacija, lesni pepel.

Abstract

Problems relating thermal utilisation of fresh and waste wood, as well as classification and management of wood ashes in Slovenia, are presented

and critically discussed. According to recent legal requirements even fresh (untreated) wood is often unsuitable for firing in middle to large size power plants due to high content of chlorine. Similarly, ashes are often found unsuitable for disposal at landfills due to high content of soluble substances and unburned carbon. Direct utilisation of wood ash in agriculture or forestry is hindered by its alkalinity. The latter can be reduced by spontaneous carbonisation by atmospheric or induced carbon dioxide. A promising utilisation options are mutual neutralisation/consolidation of wood ash and various dehydrated industrial or municipal wastes (e.g. compost, digestate, sewage sludge and paper mill sludge).

Key words: thermal utilisation, wood waste, wood ash, recycling, disposal

1. UVOD

Glavni produkt bioloških procesov v biosferi je biomasa. Nekatera ima zelo kratko življensko dobo (enoceličarji), druga pa zelo dolgo (npr. les). Za Slovenijo je najpomembnejša lesna biomasa, ki v obliki gozdov pokriva okoli 60 % površine Slovenije; njihov letni prirast lesne biomase znaša 3,6 Mt s.s. (1). Del prirasta se gospodarsko izkorišča kot surovina v lesni industriji, v gradbeništvu, za kurjavo v komunalnih toplotnih napravah in v individualnih kuriščih. Les je tradicionalno kurivo podeželskih slojev prebivalstva, ki spet dobiva veljavo. Okoli 10 % nacionalne porabe termične energije se pokriva z lesom, vključno odpadnim. Masovna uporaba lesa povzroča nastajanje velikih količin lesnih odpadkov, njihova termična izraba pa znatne količine odpadnega lesnega pepela. Lesni odpadki nastajajo največ v lesno-predelovalni industriji, pa tudi v gradbeništvu, trgovini (embalaža), prometu in v komunalnem sektorju (npr. kosovni odpadki). Zaradi tehnološkega razvoja ogrevalnih sistemov na lesno biomaso (moderni kotli na sekance in pelete), povpraševanja v velikih energetskih sistemih (termoelektrarni Trbovlje in Šoštanj ter Termoelektrarna toplarna Ljubljana), potreb nekaterih sektorjev lesne industrije (proizvodnja vlaknenih in ivernih plošč) in povečanega izvoza v tujino postajajo lesni ostanki vse pomembnejša surovina, ki bo v prihodnosti še pridobivala svoj pomen (2). Na podlagi tega vira sklepamo, da letno v Sloveniji nastane 650.000-850.000 ton lesnih ostankov, od tega več kot polovica pri proizvodnji žaganega lesa. Ta surovina ima široko uporabnost, vendar je pogosto odvisna od strukture in onesnaženosti ostankov. Največ lesnih ostankov v EU se uporabi v energetske namene in izdelavo plošč iz dezintegriranega lesa.

Druga zanimiva oblika odpadne biomase je odvečno blato bioloških čistilnih naprav, ki jo sestavljajo odmrle bakterije in glive iz procesa čiščenja komunalnih odpadnih vod. Termična izraba tega odpadka postaja zanimiva v

zadnjem času, ko odlaganje odvečnih blat ni več dovoljeno. To bo predmet naslednjega prispevka na posvetovanju.

Načini termične izrabe so konvencionalni sežig z zrakom v ustreznih sežig-nih napravah za trdno gorivo, v zadnjih letih pa se pojavljajo energetsko o učinkovitejši in okoljsko prijaznejši procesi brez zraka (piroliza, upinjanje, plazma, utekočinjanje...). Slednji postopki tudi v svetu še niso v široki upo-rabi, ker je dovolj razpoložljivih sežigalnih kapacitet; v Sloveniji jih še ni za-radi relativno visoke cene. Zato se bomo v prispevku omejili na probleme, ki nastajajo s termično izrabo odpadne lesne biomase oz. lesnih odpadkov, ter odstranjevanjem nastalih lesnih pepelov. Novejša slovenska zakonodaja na področju ravnanja z odpadki načelno sicer

Tabela 1.: Letne količine nastalih lesnih odpadkov v RS v letu 2010.

Klasif. št.	Naziv odpadka	Letna kol. v 2008 (t)
Lesni odpadki		
03 01 01	odpada skorja (lubje) in pluta	22.644
03 01 04*	žagovina, oblanci, sekanci, odrezki, odpadni les, delci plošč in furnir, ki vsebujejo nevarne snovi	1
03 01 05	žagovina, oblanci, sekanci, odrezki, odpadni les, delci plošč in furnir, ki niso zajeti v 03 01 04	367.534
03 03 01	lubje in les	24.132
15 01 03	lesena embalaža	15.372
17 02 01	les (gradbeni)	4.006
17 02 04*	steklo, plastika in les, ki so onesnaženi z nevarnimi snovmi ali vsebujejo nevarne snovi	1
19 12 06*	les, ki vsebuje nevarne snovi	0
19 12 07	les, ki ni zajet v 19 12 06	214
20 01 37*	les, ki vsebuje nevarne snovi	320
20 01 38	drugi les, ki ni zajet v 20 01 37	1.036
Lesni pepeli		
10 01 03	elektrofiltrski pepel iz kurilnih naprav na šoto in les	178
10 01 01	pepel in žlindra (predvsem premogov!)	151.256

stimulira različne načine izrabe lesnih odpadkov (in njihovih preostankov po termični predelavi – lesnih pepelov), vendar pri tem postavlja zelo zahtevne kriterije, ki se pogosto izkažejo kot nerealni za naše razmere (3).

Razvidno je, da je letno v Sloveniji prijavljeno nastajanje 435.260 ton lesnih odpadkov raznih vrst in 178 ton lesnih pepelov. Vprašanje je, koliko so te šte-

vilke točne, saj lesni odpadki (in njihovo kurjenje) pogosto niso prepoznano kot dejavnost, ki jo je potrebno prijavljati. Podobno je z nastajanjem in ravnanjem z lesnim pepelom. Pri pepelu ugotovljeno neustreznost podatkov javnega informacijskega sistema prispeva neustrezna klasifikacija tega odpadka v katalogu odpadkov. Tam je le ena vrsta, ki se specifično nanaša na lesni pepel, t.j. *10 01 03 elektrofiltrski pepel iz kurilnih naprav na šoto in les*. Vendar mnoge (predvsem manjše) kurilnice na les niso opremljene z elektrofiltri, zato povzročitelji prijavljajo odpadek kot *10 01 01 pepel, žindra in kotlovni prah*, kjer se predvsem prijavlja premogov pepel. Iz zgoraj navedene količine prijavljenega odpadnega lesa bi na podlagi povprečne količine preostalega pepela 1 % sklepali na vsaj 4350 ton letne količine pepela. Tudi pepel čisto ni prepoznan kot odpadek, ki ga je potrebno prijavljati in po predpisih odstranjevati. Ustrežnejše ravnanje z odpadnim lesom oz. pepelom in prijavljanje podatkovno njiju se je pričelo urejati šele v zadnjih letih, po izidu ustreznih predpisov in izvajanju inšpekcijskega nadzora, ki pa je pretežno omejen na velike povzročitelje odpadkov. Dejanske količine so zagotovo še precej večje, saj ravnanje še pogosto poteka mimo zakonskih zahtev. Drugi, neodvisni vir podatkov iz lesarske stroke pravi, da v letno v Sloveniji nastane 650.000-850.000 ton lesnih ostankov, od tega več kot polovica pri proizvodnji žaganega lesa (2). Proporcionalni nastaja okoli 7500 ton lesnega pepela. Največ lesnih ostankov v EU in tudi v Sloveniji se uporabi v energetske namene in izdelavo plošč iz dezintegriranega lesa. Izvajalci sežiga oz. so-sežiga lesnih odpadkov (ne glede na njihovo onesnaženost) v velikih napravah s toplotno močjo nad 1 MW morajo za svoje obratovanje pridobiti okoljsko dovoljenje. Pridobitev vključuje vzpostavitev nadzornega sistema nad kakovostjo izvajanja kurjenja, ki mora biti stalna in celovita (t.j. vključno z emisijami in odpadki kurjenja).

1.2 Mejne vrednosti za kakovost odpadne lesne biomase in lesnih odpadkov

Uporabo sekundarnih goriv (pridobljenih iz odpadkov) v Sloveniji ureja več predpisov, glede na agregatno stanje goriva. Kakovost alternativnih trdnih goriv predpisuje *Uredba o predelavi nenevarnih odpadkov v trdno gorivo* (Ur.l. RS 57/08), sam sežig pa *Uredba o sežiganju odpadkov* (Ur.l. RS 68/08 in 41/09). Limitni parametri in njihove mejne vrednosti, podane v drugi navedeni uredbi, so podane v tabeli 2. Kot primerjava so podane mejne vrednosti za kakovost lesnega goriva iz pristojnega evropskega standarda (5) in za kakovost odpadnega lesa, še primerne za reciklažo za izdelavo ivernih plošč (6).

Tabela 2.: Limitni parametri in njihove mejne vrednosti v slovenski uredbi za kurjenje naravnega in odpadnega (obdelanega) lesa.

Onesnažilo	Mejne vrednosti za naravni les (mg/kg)	Mejne vrednosti za obdelan les (mg/kg)	Priporočila SIST EN 14961-1:2010 (mg/kg)	Priporočila EPF (mg/kg)
B	15	30	-	-
As	0,8	2	1	25
F	10	30	-	100
Cu	5	20	10	40
Hg	0,05	0,4	0,05	2,5
Cl	100	150	200-300	1000
Cl (s PVC oplemenitenjem)	-	350	-	-

* European (wood) Panel Federation (2004)

Odebeljeno so prikazane mejne vrednosti najbolj problematičnega prametra – klora. Avstrijski predpis ima mejno vrednost 600 mgCl/kg, vendar imajo še vedno probleme, tako da to vrednost pripisujejo organsko vezanemu kloru, ne celotnemu.

Pristojni evropski standard SIST EN 14961-1:2010 navaja naslednje tipične vsebnosti mikrosestavin (vključno klora) v raznih vrstah lesa in lesnih gorivih:

Material	Vsebnost klora (mg/kg)
Naravni les iglavcev	100-400
Naravni les listavcev	100-200
Naravni les grmovjastega drevja	100-500
Skorja	100-500
Lesna goriva iz naravnega lesa	200-300

2. PROBLEMI PRI SEŽIGU ODPADNEGA LESA V SLOVENIJI

Iz zgornje tabele je razvidno, da je že normalna vsebnost klora v naravnem lesu višja od mejne vrednosti iz našega predpisa, tudi za petkratni faktor. Mejna vrednost klora v odpadnem lesu za sežig je torej postavljena nerealno nizko. Drugi parametri niso kritični, celo nekatere od njih ocenjujemo kot nepotrebne, npr. bor in fluor (7). Pri ekološkem vrednotenju primernosti naravnega in odpadnega lesa za so-sežig prenizka mejna vrednost klora

povzroča velike težave. V Sloveniji zelo težko najdete vzorce naravnega lesa, ki bi zadovoljevali mejno vrednost, nikakor pa odpadnega. Nekaj tipičnih rezultatov analiz klora v odpadnem neobdelanem lesu je prikazano v naslednji razpredelnici (8):

Podjetje	Leto	Vsebnost klora v lesnem odpadku (mg/kg)
1	2009	610
2	2009	240
3	2009	460
4	2009	160
5	2010	280
6	2010	660
7	2010	300

Tudi drugi slovenski laboratoriji javljajo visoke vrednosti klora, ki jih srečujejo pri analizi tovrstnih vzorcev, npr. lesnih skobljancih, brusnem prahu in ivernih ploščah (9).

Oblika vzorca	klor (mg/kg)
skoblanci	472-1869
brusni prah	643-1627
kosi ivernih plošč	1061
prah in kosi starih plošč	2284

Vzrokov za povečano prisotnost klora v slovenskem lesu je po našem mnenju več:

- naravna (imisije aerosolov morske soli iz Jadranskega morja v gozdove notranje Slovenije),
- onesnaženje hlodovine pri zimskem/spomladanskem prevozu po soljenih cestah in odprtih skladiščih, saj se največ lesa poseka pozimi,
- obdelava lesa s kemikalijami (pri izdelavi ivernih plošč se uporablja amonijev klorid), zaščitni premazi, oplemenitenje površin ipd..

(Pre)ostra mejna vrednost za klor imetnike lesnih odpadkov, ki jo želijo skuriti v lastnih kotlovnica in toploto uporabiti v svojih tehnoloških procesih, sili v improvizirane ali nelegalne rešitve. Možnosti za zmanjšanje vsebnosti klora v lesu oz. lesnih odpadkih praktično ni. Če mejno vrednost presega že neonesnažen les, potem z izločanjem potencialno onesnaženega lesa (obdelan les, lesna tvoriva- iverice) ne moremo zagotoviti njenega doseganja. V napore za spremembo navedenega predpisa se vključuje tudi Tehnični odbor

za trdna goriva pri Slovenskem uradu za standardizacijo (SIST), ki je pripravil in na MOP RS poslal več pisnih predlogov in opravil obisk predstavnikov (7). Po navedbah odgovornih bo navedena uredba konec tega leta revidirana in bodo utemeljene pripombe v možni meri upoštevane.

3. PROBLEMI PRI ODSTRANJEVANJU ODPADNEGA LESNEGA PEPELA V SLOVENIJI

3.1 Odlaganje pepela

Lesni pepeli so praviloma nenevarni odpadki, razen če niso bili pridobljeni s sežigom močno onesnaženega lesa (težke kovine, predvsem Cu, Hg in Cr; organoklorni pesticidi, PAH-i). Uredba o odlaganju odpadkov na odlagališča (Ur.l. RS 98/07 in 53/09) določa kriterije, pod katerimi se lahko različni odpadki odlagajo na odlagališčih. V nasprotju z lesnimi odpadki, ki se ne smejo odlagati zaradi biorazgradljivosti in kurilnosti, sta pogosta omejitvena faktorja za odlaganje lesnega pepela na odlagališča nenevarnih odpadkov njegova vsebnost vodotopnih snovi (mejna vrednost 60 g_{s.s.}/kg), vsebnost nezgorelega ogljika (TOC), vsebnost izlužljivega organskega ogljika (DOC) in alkalnost standardnega izlužka (mej. vr. 13). Karakteristične vrednosti so prikazane v tabeli 3.

Tabela 3.: Karakteristične lastnosti lesnih pepelov v Sloveniji.

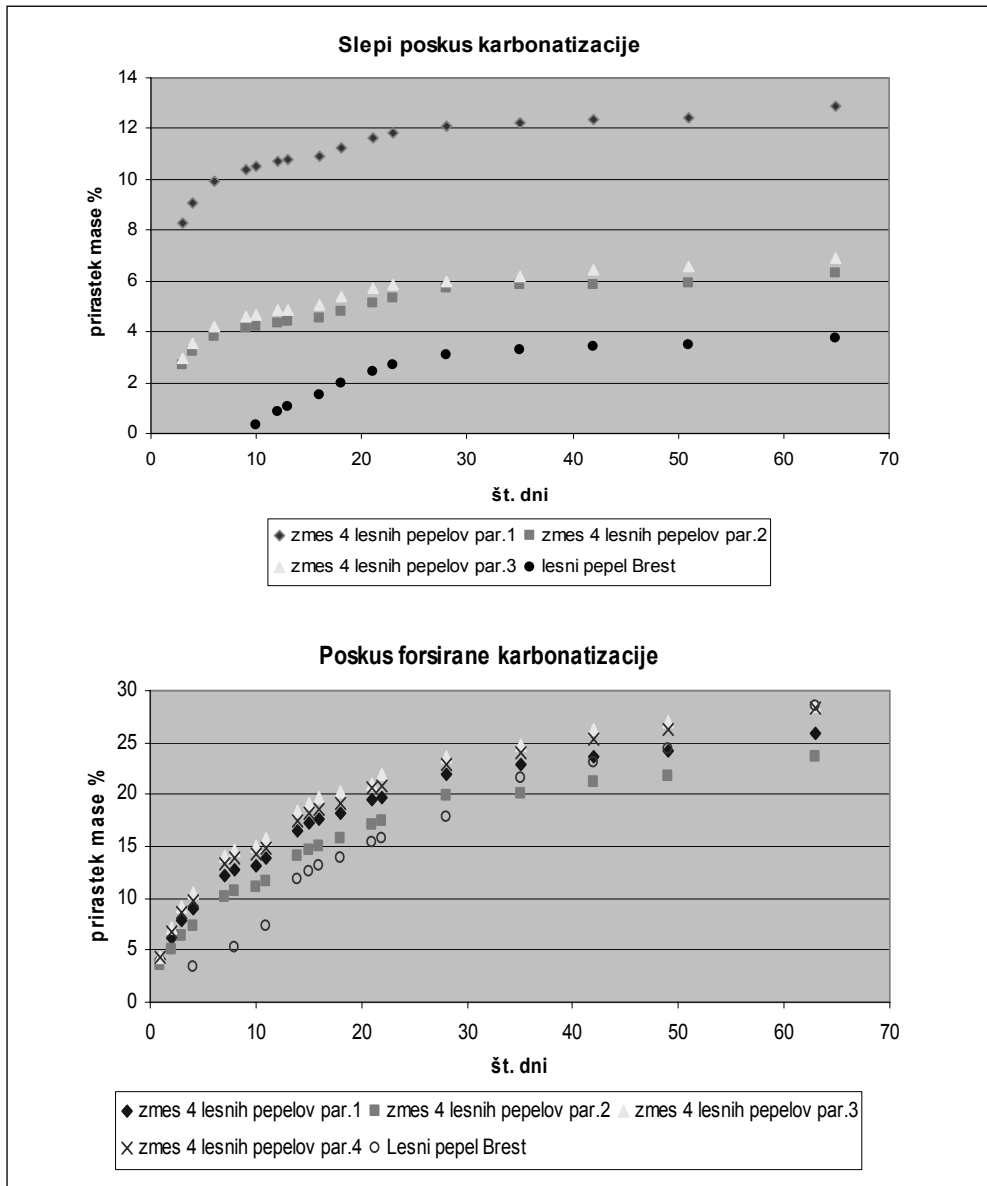
parameter	Mejne vrednosti*	Izmerjene vrednosti
<i>Lesni pepel</i>		
Vlaga (%)	-	0,3-2,3
Žaroizguba, 550°C (%)	6	0,7-2,8
TOC (%)	18	1,6-10,6
<i>Standardni izlužek lesnega pepela #</i>		
pH (/)	13	12,4-12,9
Topne snovi (g/kg _{odp.s.s.})	60	27,6- 138,6
DOC (mg/kg _{odp.s.s.})	800	10- 2255

* za odlagališče nenevarnih odpadkov;

SIST EN 12457-4, values in bold found critical

Preveliko topnost in alkalnost pepela lahko zmanjšamo s staranjem pepela na zraku, med katero poteka vezava zračnega CO₂ na okside alkalijskih in zemljoalkalijskih kovin v pepelu (K, Ca, Mg). Nastali karbonati so mnogo manj topni in alkalni od oksidov, zato postane pepel primeren za odlaganje. Naravni proces karbonatizacije oksidov v pepelu je zaradi majhne vsebno-

sti CO₂ v zraku zelo počasen, zato ga lahko bistveno pospešimo z uvajanjem CO₂ iz drugih virov (največkrat kar dimnih plinov iz kurišča). Vsiljena karbonatizacija je končana v nekaj dneh, medtem ko naravna traja več mesecev, odvisno od količine pepela. Primerjava med potekom spontane in vsiljene karbonatizacije povprečnega lesnega pepela nekaterih slovenskih lesnih tovarn je prikazana na sliki 1.



Slika 1.: Primerjava poteka spontane in vsiljene karbonatizacije lesnih pepelov.

Razvidno je, da je naravna karbonatizacija (na kontaktu tanke plasti pepela z zrakom) poteče v enem mesecu, pri čemer teža pepela naraste od 4-13 %, odvisno od porekla in velikosti delcev. Forsirana karbonatizacija (s čistim CO₂) poteče v dveh mesecih, pri čemer se masa pepela poveča za 24-28 %, torej je razlika med aktivnostjo delcev mnogo manjša kot pri spontani.

Pogosto imajo lesni pepeli preseženo vsebnost 3 % celotnega organskega ogljika (TOC). Vtem slučaju o odlaganju odloča celotni raztopljeni organski ogljik v izlužku (DOC): če je njegova vrednost dovolj nizka (pod 80 mg/l), vsebnost celotnega ogljika ni relevantna, sicer pa ni primeren za odlaganje na odlagališče nenevarnih odpadkov.

3.2 Reciklaža pepela

Po drugi strani je pepel iz neonesnaženega lesa zanimiva alternativna mineralna surovina za razne namene, predvsem za gnojenje in kondicioniranje kisljih zemljišč. To področje urejata *Uredba o obremenjevanju tal z vnašanjem odpadkov* (Ur.l. RS 34/08) in *Uredba o mejnih vrednostih vnosa nevarnih snovi in gnojil v tla* (Ur.l. RS 84/2005). Direktna aplikacija pepela zaradi njegove alkalnosti ni mogoča, lahko pa se ga ustrezno stabilizira. Prva uredba ne govori o vnašanju odpadkov ampak – poleg zemeljskih izkopov – t.i. «umetno pripravljene zemljine», namenjeni rekultivaciji tal, nasipavanju zemljišč in zapolnjevanju izkopov. Torej je potrebno pepel integrirati v zemeljski izkop ali v nek drug podoben oz. komplementaren odpadek, npr.:

- kompost iz biorazgradljivega dela komunalnih odpadkov
- kompost iz pregnitega blata BČN ali stabilizirani digestat iz bioplinske naprave
- mineralno-organski procesni odpadek (npr. papirniški mulj).

Limitni parametri za vnos umetno pripravljene zemljine v tla so izbrane težke kovine (As, Cd, Cr, Cu, Hg, Ni, Pb, Zn), izbrana organska onesnažila (CHcel., PAH, PCB, AOX, BTX) in nekateri grupni parametri (pH, el. prevodnost, TOC). V kolikor so bile vse sestavine umetno pripravljene zemljine pridobljene iz dovolj neonesnaženih sestavin, obstajajo realni izgledi za zadovoljitev teh (razmeroma strogih) kriterijev.

Prikaz poteka mineralizacije mešanice lesnega pepela in papirniškega mulja (1:3), glede na nekatere ključne komponente, je prikazan na naslednji tabeli.

Čas staranja (mes.)	NH ₄ ⁺ (mg/kg)	Cl ⁻ (mg/kg)	SO ₄ ²⁻ (mg/kg)
0	21	27310	287
2	38	19250	264
3	60	19570	190
9	55	16255	160

4. ZAKLJUČEK

1. Termična izraba lesnih odpadkov, ki se ne dajo več prelati v lesna tvoriva je smotrna pot ravnanja z njimi. Žal se imetniki teh odpadkov srečujejo z nerealnimi mejnimi vrednostmi za vsebnost klora, ki je s preventivnimi in tehnološkimi ukrepi ni mogoče zadovoljiti. Poleg tega je predpisano spremljanje nekaterih povsem nerelevantnih parametrov (bor, fluor), zato je predlagana sprememba predpisa.
2. Lesni pepel, ki nastaja v kurilnicah na odpadno lesno biomaso ali druge lesne odpadke, predstavlja težaven procesni odpadek, katerega odlaganje praviloma ni dopustno. Z razmeroma enostavnim postopkom spontane ali vsiljene karbonatizacije ga lahko prevedemo v obliko, primerno za odlaganje. Zaradi zanimive mineralne vsebnosti pepela je še primernejša meoda ravnanja reciklaža na kmetijske ali gozdne površine, lahko v stabilizirani obliki pepela ali pomešanega s kompostom, blatom bioloških čistilnih naprav ali kakim drugim neonesnaženim mineralno-organskim blatom.

VIRI IN LITERATURA

- [1] Statistični letopis RS (2008), SURS, Ljubljana.
- [2] Piškur M., Krajnc N. (2009), *Viri in raba lesnih ostankov v Sloveniji*. Lesarski utrip, 126.
- [3] Uredba o predelavi nenevarnih odpadkov v trdno gorivo, Ur.l. RS, št. 57/2008.
- [4] MOP-ARSO (2010), Informacijski sistem o ravnanju z odpadki v RS v l. 2008, www.gov.si.
- [5] SIST EN 14961-1:2010. Trdna biogoriva – Specifikacije goriv in razredi – 1.del: Splošne zahteve.
- [6] European Panel Federation (2004). EPF Industry standard. The use of recycled wood for wood-based panels. Bruselj, 3.
- [7] Pripombe in predlogi dopolnitev Uredbe o predelavi nenevarnih odpadkov v trdno gorivo, Tehnični odbor za trdna goriva, SIST, 2009.
- [8] Humar M. (2008) Anorganska onesnažila v odsluženemu lesu in ploščah iz dezintegriranega lesa. Les 60: 98-102.
- [9] Interna dokumentacija Kemijskega inštituta, 2008-2010.
- [10] Arvidsson H. (2001) Wood Ash Application in Spruce Stands, Swedish University of Agricultural Sciences (SLU). Uppsala. ISBN 91-576-6305-X.
- [11] V.Grilc et al. (2010) Management of waste wood biomass ashes in Slovenia – present situation, problems and solutions; Proc. Abs. Conf. On Recycling of Biomass Ashes, Innsbruck, March 22-23, 2010, p.21.

**ID 03**

Specifikacija in uporaba alternativnega trdnega goriva iz blata komunalne čistilne naprave

Vesna MISLEJ¹, Cirila BORDON¹

¹*JP Vodovod-Kanalizacija d.o.o., Vodovodna cesta 90, SI-1000 LJUBLJANA
vmislej@vo-ka.si, cbordon@vo-ka.si*

Povzetek

Odvečno blato, ki nastaja na vsaki komunalni čistilni napravi, je odpadek, ki ga je potrebno primerno obdelati. Glede na to, da v Sloveniji ni veliko možnosti za končno dispozicijo blata, predstavljamo možnost uporabe blata kot trdno gorivo. Odvečno blato se skupaj z greznimi vsebinami in blatom malih komunalnih čistilnih naprav, ki so na napravo sprejeti zaradi izvajanja obvezne javne gospodarske službe, biološko stabilizira v gnilišču, strojno zgošča in s toplotno obdelavo preoblikuje v pelete. Tak odpadki ima v seznamu odpadkov klasifikacijsko številko 19 08 05 in je nenevaren, če vsebnost potencialno okoljsko kritičnih komponent ne presega mejnih vrednosti. Povzročitelj odpadka je skladno z Uredbo o predelavi nenevarnih odpadkov v trdno gorivo (UL RS št. 57/2008) vzpostavil redni nadzorni sistem nad kakovostjo blata, ki zajema vzorce iz vsake pošiljke odpadka, odpremljene k predelovalcu odpadka po postopku R1. V okviru postavljenega sistema kakovosti po SIST-TS CEN/TS 15358 ima čistilna naprava vzpostavljen sistem vzorčenja posušenega blata v skladu z zahtevami standardov SIST EN ISO 5667-13 in SIST EN 15002 po akreditirani metodi. Rezultati povprečnih mesečnih vzorcev so statistično obdelani tako, da podajajo povprečne vrednosti in njihova letna nihanja. V poročilu so prikazani statistično obdelani rezultati karakterizacije dvanajstih zaporednih kompozitnih mesečnih vzorcev pelet v letu 2009 (januar-december) na predpisane limitne parametre iz pristojnega predpisa. Za to obdobje je izdelana klasifikacija blata komunalne čistilne naprave kot alternativnega trdnega goriva. Razred trdnega goriva (SIST-TS CEN/TS 15359): NCV 4; Cl 1; Hg 4. Alternativno trdno gorivo iz blata komunalne čistilne naprave je glede na svojo kvaliteto uporabno za energetske izrabe v napravah za sosežig odpadkov, ki imajo vhodno toplotno moč nad 50 MW, ki imajo okoljevarstveno dovoljenje za predelavo tovrstnih odpadkov po postopku R1 in katerih emisije v zrak ustrezajo zahtevam za mejne vre-

dnosti, ki so določene s predpisom, ki ureja emisijo snovi v zrak iz sežigalnic odpadkov in pri sosežigu odpadkov..

Ključne besede: blato komunalne čistilne naprave, nenevaren odpadek, toplotna obdelava, pelete, alternativno trdno gorivo, klasifikacija.

Classification and sewage sludge use as an alternative solid fuel

Abstract

At the Central waste water treatment plant of the city of Ljubljana the excess activated sewage sludge (code 19 08 05) is produced during biological treatment of the municipal waste water. Together with cesspool content (code 20 03 04) and the sewage sludge from small waste water treatment plants which is brought in due to the implementation of mandatory public services, excess sludge is anaerobically stabilized at the digester, dehydrated and dried into pellets. Such waste is listed under the EWC number 19 08 05 and is considered a nonhazardous waste if the content of potentially environmentally critical components does not exceed the limit values. The dried processed sludge has a substantial calorific value which matches the standardized criteria for alternative solid fuels. In accordance with the Regulation OJ RS, no. 57/2008 on the processing of nonhazardous waste into solid fuel, the producer of the waste product has established a regular monitoring system of the quality of dried sewage sludge, which includes sampling from each consignment of waste shipped to the cement kiln, combining those samples into composite monthly samples, as well as homogenizing and characterizing them under the prescribed standard methods. Within the quality system, according to SIST TS CEN/TS 15358:2007, the treatment plant has an accredited method of sampling of the dried sludge in accordance with the requirements of the SIST EN ISO 5667-13 and SIST EN 15002 standards. The analytical results of representative samples are statistically evaluated to provide average values and their annual fluctuation. The report shows statistically processed results from the characterization of twelve consecutive, composite monthly samples of dry sludge during 2009 (January-December).

ber) by the prescribed limit values of the a.m. mentioned regulation. Classification of sludge as an alternative solid fuel has been determined as “NCV 4; Cl 1; Hg 4” according to SIST TS CEN/TS 15359:2007. Alternative solid fuels obtained from sewage sludge are, according to its quality, suitable for the co-incineration of waste in the plants which have thermal power exceeding 50 MW, an environmental permit for the processing of such waste by the R1 procedure, air emissions and meeting the requirements set by the regulation of emissions into the atmosphere from incineration and co-incineration of waste.

Due to insufficient capacities of co-incineration plants in Slovenian, the needs for alternative fuel are small. There are currently no plants that would take over such waste and the waste is processed as a supplemental fuel in a cement kiln outside of the region of the waste formation. Until the region hasn't a specialized facility for energy and material recovery of alternative fuels obtained from the biological treatment of waste water, the future of the investments in waste quality is very uncertain.

Key words: sewage sludge, nonhazardous waste, drying, pellets, alternative solid fuel, classification

1. UVOD

JP Vodovod – Kanalizacija d.o.o., Ljubljana (v nadaljevanju JP VO-KA) opravlja storitev obvezne občinske gospodarske javne službe odvajanja in čiščenja komunalne odpadne in padavinske vode na področju Mestne občine Ljubljana in v šestih občinah v okolici Ljubljane.

V skladu z zakonodajo mora zagotavljati tudi prevzem vsebine nepretočnih greznic, gošč iz obstoječih pretočnih greznic in blata iz malih komunalnih čistilnih naprav (MKČN).

V procesu čiščenja komunalne odpadne vode nastaja več vrst odpadkov, ki jih je potrebno oskrbeti.

Odpadke, ki nastajajo pri čiščenju komunalne odpadne vode, razvršča evropski katalog odpadkov (EWC) v skupino 19. Blato čistilnih naprav spada v podskupino 19 08, ki vključuje kar 13 vrst odpadkov iz naprav za čiščenje odpadnih vod komunalnega in industrijskega porekla. V slovenskem klasifikacijskem seznamu odpadkov in v zakonodaji za odpadke je mulj glavni izraz za odpadek iz biološkega čiščenja komunalne odpadne vode. Razlaga za pojem “mulj” je, da ta vključuje tudi pojma “blato” in “gošč”. Ustaljen izraz

med operaterji na čistilnih napravah je pojem "blato" in kot tak ima klasifikacijsko številko 19 08 05.

Blato predstavlja največji delež odpadkov KČN. Izvira predvsem iz odvečnega blata po aerobnem biološkem čiščenju odpadne komunalne vode. S procesi obdelave odvečnega blata na mestu nastanka je potrebno blato predelati v obliko, ki jo je možno obvladovati in ponuditi na trgu prevzemnikov in končnih predelovalcev odpadkov.

V letu 2008 se je v Sloveniji zakonodaja na področju ravnanja z odpadki prenovila in zaostрила, med drugim tudi za ravnanje z biološko razgradljivimi odpadki, še posebno s tistimi, ki so namenjenimi za energetska izraba. Novi predpisi določajo, kateri odpadki se štejejo med biološko razgradljive in podajajo smernice za njihovo končno predelavo, ki je lahko tudi energetska izraba. Določeno je, kateri odpadki se lahko predelajo v trdno gorivo in kakšna mora biti njegova kvaliteta.

Nove uredbe in spremembe že veljavnih natančno opredeljujejo odpadek iz čiščenja komunalne odpadne vode. Z Uredbo o odlaganju odpadkov na odlagališča, Ur.l. RS št. 32/06, 98/07, 62/08 je bilo določeno, da od 15. julija 2009 blata ni bilo več mogoče odlagati na deponiji za nenevarne odpadke zaradi njegove presežene kurilne vrednosti, celotnega organskega ogljika v odpadku in presežene vrednosti celotnega raztopljenega organskega ogljika DOC v izlužku odpadka. Uredba o predelavi nenevarnih odpadkov v trdno gorivo, Ur.l. RS št. 57/08 je določila pogoje za predelavo nenevarnih odpadkov v trdno gorivo (postopek obdelave odpadka po R1), preden se ti uporabijo kot gorivo ali dajo v promet za uporabo kot gorivo v napravi za sosežig odpadkov. Uredba navaja, da je v trdno gorivo dovoljeno predelovati samo nenevarne odpadke, kamor spada odpadek s klasifikacijsko številko 19 08 05 - mulji iz čistilnih naprav komunalnih odpadnih vod, če so izpolnjene zahteve za vnos blata čistilnih naprav v ali na tla, določene v predpisu, ki ureja uporabo blata iz komunalnih čistilnih naprav v kmetijstvu. Ta dikcija v predpisu je sporna in je v nasprotju z dejansko vsebino in pogoji uredbe.

1.1 Nastanek blata na CČNL

Centralna čistilna naprava Ljubljana, v nadaljevanju CČNL, je komunalna čistilna naprava v upravljanju JP VO-KA, z zmogljivostjo čiščenja 360.000 PE. Zasnovana je kot enostopenjska mehansko-biološka čistilna naprava s sekundarno stopnjo čiščenja, kar pomeni odstranjevanje ogljikovih spojin in nitrifikacijo.

V letu 2009 je bilo na CČNL prečiščenih približno 30 milijonov m³ odpadne vode, povprečni letni dnevni dotok pa je znašal 78.796 m³/dan. V tehnolo-

škem procesu čiščenja na CČNL je bilo iz odpadne vode odstranjenih 92,4% ogljikovih snovi, 53,3% dušikovih snovi ter 59,6% spojin fosforja. Delež industrijske odpadne vode je ocenjen na 11 %.

1.2 Količine in obdelava blata

Tehnologija obdelave blata s sušenjem do vsebnosti suhe snovi nad 90% (končni produkt je v obliki pelet velikosti 2-4 mm) je bila izbrana v zaradi večje možnosti končne oskrbe blata. S takšnim načinom obdelave se je količina končnega produkta bistveno zmanjšala, pa tudi oblika je primerna za sežig, sosežig ali kakšno drugo zakonsko dovoljeno uporabo. Zakonodaja se je tudi na področju ravnanja z odpadki v času izdelave projektne dokumentacije za izgradnjo CČL že začela intenzivno prilagajati evropskemu pravnemu redu, niso pa še bile jasne možnosti končne oskrbe na področju Slovenije. Kljub precejšnjemu nasprotovanju dela strokovne javnosti, zakaj energijo (bioplin, ki nastaja pri anaerobni obdelavi blata) uporabiti za toplotno obdelavo blata, se je ob začetku obratovanja CČNL izkazalo, da je oddaja blata v končno predelavo v takšni obliki bistveno lažja, kot je oskrba blata s čistilnih naprav, kjer je blato zgoščeno do vsebnosti suhe snovi med 20% in 30 %.

Ena od možnosti je tudi uporabiti blato kot alternativno trdno gorivo, kajti po toplotni obdelavi pridobi blato na kurilni vrednosti v prevzetem oz. dostavljenem stanju in ne na kalorični vrednosti v teoretičnem smislu.

V procesu čiščenja odpadne vode je nastalo v letu 2009 približno 300.000 m³ tekočega odvečnega blata s povprečno vsebnostjo suhe snovi 1,5%. Po obdelavi (predzgoščanje, anaerobna stabilizacija, zgoščanje, sušenje blata) je nastalo 4850 ton posušenega blata z vsebnostjo suhe snovi cca. 92%.

Končni proizvod obdelave so pelete, ki nimajo več vsebnosti patogenih organizmov, imajo pa zaradi stabilizirane biomase zadostno kurilno (kalorično) vrednost, da jih je mogoče - skladno s predpisi na področju ravnanja z odpadki - uporabljati kot sekundarno trdno gorivo (v nadaljevanju SRF).

2. SPECIFIKACIJA BLATA CČNL KOT SRF

2. člen Uredbe o predelavi nenevarnih odpadkov v trdno gorivo, 57/08, opredeljuje postopke predobdelave, kamor spada med drugim toplotna obdelava, kot je dehidracija zaradi zmanjšanja vsebnosti vode ter material, na katerega se uredba nanaša. To je (med drugim) blato komunalnih in industrijskih čistilnih naprav ter pregnito blato iz anaerobne obdelave biološko razgradljivih odpadkov.

Trdno gorivo, pridobljeno iz nenevarnih odpadkov, se glede na neto kurilno vrednost in vsebnost nevarnih snovi uvršča v enega od petih razredov iz klasifikacijskega seznama trdnih goriv, navedenega v omenjeni uredbi. Pogoji za klasifikacijo odpadka v trdno gorivo so določeni v tehničnem standardu SIST-TS CEN/TS 15359:2007, Trdno alternativno gorivo – Specifikacije in razredi, ki je sestavni del uredbe. Sistem kakovosti procesa obelave blata mora biti po zahtevah uredbe skladen z zahtevami tehnične specifikacije SIST EN CEN/TS 15358:2007, Trdno alternativno gorivo – Sistemi vodenja kakovosti – Posebne zahteve za njihovo uporabo pri proizvodnji trdnih alternativnih goriv. Temeljno načelo navedenih standardov je poglobiti znanje na vseh področjih proizvodnega procesa (obdelave blata) z namenom zmanjšanja obsega vzorčenja in preskušanja na vseh stopnjah obdelave blata, predvsem pa končnega produkta, ob zagotavljanju njegove pričakovane kakovosti, ki jo zahtevajo odjemalci in zakonodaja. Redno izvajanje zahtevanih aktivnosti mora zagotavljati zaupanje v kakovost obdelave blata in njegovo dajanje v promet kot trdnega goriva, sledljiv sistem dokumentiranja postopkov procesa in zapisov o vzdrževanju kvalitete končnega produkta ter nadzor vhodnih produktov, ki so lahko greznične gošče in mulji drugih komunalnih čistilnih naprav. Predvsem pa je pomembno, da je klasifikacijski razred trdnega goriva določen na osnovi definirane obsega enote proizvodnje trdnega goriva pri minimalnem številu meritev kakovosti.

QMS za trdna goriva temelji na zahtevah standarda SIST EN ISO 9001:2000 in pokriva celoten proces od sprejema odpadka v obdelavo do oddaje produkta v promet. Originalni tekst standarda EN ISO 9001:2000 je dopolnjen s specifičnimi zahtevami skupine tehničnih standardov za klasifikacijo trdnih alternativnih goriv, pripravljenih v okviru komiteja CEN/TC 343. Poudarek je na izboru referenčnih dokumentov, ki določajo terminologijo, definicije, opis, specifikacijo trdnega goriva in njegovo uvrstitev v klasifikacijski razred, metode vzorčenja in pripravo laboratorijskega vzorca.

Podpora sistemu kakovosti za proizvodnjo SRF v procesu obdelave blata na CČNL, je tudi sistem kakovosti v skladu s SIST EN ISO/IEC 17025:2005, ki ga obvladuje laboratorij JP VO-KA. Ta ima vzpostavljen sistem vzorčenja posušenega blata po akreditirani metodi, navedeni v Prilogi k Akreditacijski listini LP-023.

Ker ima blato komunalnih čistilnih naprav specifično matrico, za katero je posebej predpisan tehnični standard za vzorčenje, se tovrstno alternativno gorivo lahko vzorčuje v skladu z zahtevami standarda SIST EN ISO 5667-13:1998, Kakovost vode – Vzorčenje - 13.del: Navodilo za vzorčenje blata iz čistilnih naprav. Po vzorčenju pa ustrezno pripravi v skladu z zahtevami SIST EN 15002:2006, Karakterizacija odpadkov – Priprava preskusnih vzorcev iz laboratorijskega vzorca.

2.1 Načrt vzorčenja blata CČNL

Pelete kot končni proizvod obdelave blata na CČNL so higieniziran odpadki, ki je po svoji velikosti in sestavi homogen material. Njihova oblika je okrogla, velikost delcev je $d_{50} = 2,6$ mm, $d_{90} = 3,1$ mm, nasipna gostota 676 kg/m³. V obliki in lastnostih, ki jih pelete imajo, ne predstavljajo problematično matrico za vzorčenje. Ker pa gre za relativno velike količine odpadka (cca 4500 do 4800 ton letno) in na slovenskem prostoru manj znano matrico SRF, je bilo nujno potrebno izključiti vse možne neznanke in postaviti načrt vzorčenja posušenega blata CČNL tako, da bo ta v največji možni meri pokrival zahteve tehničnih standardov na področju odpadkov oz. SRF.

Temeljne zahteve pri vzorčenju odpadka za namen klasifikacije SRF so, da se vzorčenje izvaja v obdobju vzpostavljenega sistema kakovosti za trdno gorivo, da je izvedeno v obdobju 12-tih mesecev obratovanja ter da je obseg preverjenih enot obdelave ena desetina proizvedene količine v 12- mesečnem obdobju. Klasifikacija se izvede na statistični oceni najmanj desetih meritev za vsak parameter v obdobju enega leta.

V novembru 2008 smo pristopili k ugotavljanju podrobnejšega časovnega nihanja izbranih lastnosti suhega blata (tabela 1).

Tabela 1.: Ugotavljanje statističnega nihanja na urnem, dnevnem in medšaržnem nivoju.

Parameter	Stat. podatki	urni	dnevni	šaržni	kompozitni mesečni vzorci oddanih pošiljk
		8 triurnih vzorcev	5 dnevnih kompozitnih vzorcev*	4 kompozitni šaržni vzorci	dva kompozitna mesečna vzorca**
Sušina	Povprečje (%)	92,8	93,5	93,4	93,5
	Stand.dev. (/)	0,7	0,1	0,3	0,1
	Rel.st.dev. (%)	0,77	0,13	0,32	0,15
Žaroizguba	Povprečje (%)	50,7	51,8	51,3	51,3
	Stand.dev. (/)	0,4	0,6	1,7	1,2
	Rel.st.dev. (%)	0,8	1,1	3,3	2,3
Zg.kur. vrednost	Povpr. (MJ/kg)	10.560	10.956	10.837	10.868
	Stand.dev. (/)	88	148	339	284
	Rel.st.dev. (%)	0,83	1,4	3,1	2,6

Klor	Povprečje. (%)	-	0,049	0,049	0,045
	Stand.dev. (/)	-	0,002	0,003	0,002
	Rel.st.dev. (%)	-	4,9	5,6	4,8
Žveplo	Povprečje (%)	-	0,59	0,59	0,62
	Stand.dev. (/)	-	0,01	0,02	0,02
	Rel.st.dev. (%)	-	1,4	4,3	3,4
Živo srebro	Povpr. (mg/kg)	-	1,5	1,8	1,7
	Stand.dev. (/)	-	0,1	0,4	0,2
	Rel.st.dev. (%)	-	7,4	21,1	12,9

* značilno obdobje ene sarže toplotne obdelave blata; ** mesec obratovanja obsega 4-5 šarž

Cilj začetnega eksperimentalnega dela je bil ugotoviti primerno dinamiko vzorčenja suhega blata CČNL. Zanimale so nas vse časovne periode - urne, dnevne, tedenske in mesečne. Obdelava podatkov 3-urnih trenutnih vzorcev je pokazala minimalno sipanje rezultatov za meritve sušine, žarozgube in zg. kurilne vrednosti. Pri pregledu sipanja kompozitnih dnevnih vzorcev, ki so bili sestavljeni iz delnih 3-urnih vzorcev, prav tako nismo ugotovili opaznega sipanja med meritvami vseh relevantnih parametrov. Sipanje rezultatov meritev pride do izraza samo pri statistični obdelavi meritev živega srebra za šaržne vzorce, ki so bili sestavljeni iz delnih kompozitnih dnevnih vzorcev. To sipanje je manj izrazito pri primerjavi mesečnih vzorcev.

Načrt vzorčenja za klasifikacijo razreda je bil postavljen tako, da se je s 1.1.2009 začel odvijati vzorec pelet iz vsake pošiljke končnemu predelovalcu, pri čemer se je organiziralo primerno embalaranje in hranjenje delnih dnevnih vzorcev, ki so se po zaključku meseca združili v en kompozitni vzorec. Ta se je predal pooblaščenemu izvajalcu ocene odpadka v nadaljnje procesiranje – homogeniziranje in pripravo podvzorcev za laboratorijske preskuse. Vsi mesečni vzorci v letu 2009 so bili karakterizirani na predpisane parametre iz Priloge 3 relevantne uredbe, po predpisanih standardnih metodah.

2.2 Določitev klasifikacijskega razreda za trdno gorivo

Klasifikacijski sistem za trdna goriva temelji na treh pomembnih parametrih, ki odražajo glavne značilnosti SRF – ekonomičnost (kurilna vrednost), tehnološki vidik (vsebnost klora) in emisije v okolje (koncentracije živega srebra). Ti parametri so izbrani z namenom, da dajo objektivnemu uporabniku hitro in preprosto sliko o kvaliteti trdnega goriva. Vsi trije parametri so enako pomembni; razred za posamezen parameter ne prevladuje druga

dva. Zaradi različne statistične distribucije podatkov za vsak posamezen parameter, se za klasifikacijo podajajo naslednje vrednosti:

- kurilna vrednost (kot prejeto - k.p.) v aritmetični sredini oz. povprečje
- vsebnost klora v suhi snovi ($Cl_{s.s.}$) v aritmetični sredini oz. povprečje
- vsebnost živega srebra (kot prejeto, $Hg_{k.p.}$) kot mediana in 80th percentil – najvišja statistična vrednost določi razred goriva.

Nabor limitnih parametrov naše uredbe se razlikuje od izvirnega nabora po tehničnem standardu CEN/TS 15359:2006 (pri nas sta dodana žveplo in kadmij). Kadmij se v tehničnih standardih za SRF pojavlja kot obvezen parameter v razširjeni analizi goriva, medtem ko je žveplo prostovoljni izbirni parameter. Postavlja se vprašanje, zakaj so tehnične zahteve v slovenskem prostoru bolj zaostrene kot v tujini in kot take predstavljajo oviro pri vrednotenju SRF. Poleg tega obstaja vsebinska nejasnost, saj uredba ne specificira, na kakšno stanje vzorca goriva se nanašajo mejne vrednosti parametrov (na izvorno oz. kot prejeto ali suho). Zato se je pooblaščen izvajalec ocene odpadka naslonil na določila izvirnega standarda, ki te vidike opredeljuje in jih tako uporabil tudi v svojih poročilih in vrednotenjih.

Pri žveplu so se zgledovali po kloru (mejna vrednost se nanaša na suho snov, s.s.), pri kadmiju pa po živem srebru (v stanju »kot prejeto«, k.p.). Slednja elementa sta namreč hlapna, zato se za analizo uporabljajo vzorci v dostavljenem stanju.

Rezultati kompozitnih mesečnih vzorcev so bili statistično obdelani tako, da podajajo povprečne vrednosti in njihova letna nihanja.

Tabela 2.: Rezultati mesečnih vzorcev alternativnega trdnega goriva - Parametri kakovosti

2009	št. pošilk SRF	št. šarž toplotne obdelave	Sušina (105 °C)	(NCV) Kurilna vr.*	Klor	Žveplo	Hg	Kadmij
mesec	-	-		MJ/kg _{k.p.}	% _{s.s.}	% _{s.s.}	mg/MJ _{k.p.}	% _{s.s.}
I.	20	4	92,3	10,14	0,046	0,60	0,13	<1,0
II.	19	2	93,1	10,24	0,056	0,64	0,14	1,0
III.	22	3	93,7	9,21	0,063	0,50	0,15	<1,0
IV.	21	5	93,0	10,60	0,056	0,67	0,14	1,0
V.	16	5	93,3	8,92	0,058	0,57	0,17	0,9
VI.	18	4	92,9	9,63	0,048	0,65	0,16	1,0

VII.	13	4	92,9	9,62	0,047	0,61	0,15	1,0
VIII.	16	4	92,3	10,78	0,055	0,71	0,09	1,1
IX.	11	4	92,3	11,08	0,085	0,81	0,16	1,1
X.	14	3	90,7	11,03	0,081	0,88	0,31	1,2
XI.	16	4	90,9	11,54	0,083	0,88	0,23	1,1
XII.	17	5	90,9	11,86	0,24	1,04	0,22	1,1

* neto kalorična vrednost – izračunana vrednost sproščene energije na enoto mase trdnega goriva, ki zgori pri prisotnosti kisika v kalorimetrični bombi pri pogojih, pri katerih vsa vlaga preostane v obliki vodne pare pri 0,1 MPa. Star izraz za to vrednost je spodnja kurilna vrednost. Praktično pa gre za kalorično vrednost trdnega goriva v dostavljenem stanju in ne preračunanem na suho snov.

V letu 2009 je bilo na CČNL odpremljeno 203 pošiljk obdelanega blata, kar pomeni, da je bilo v času 12-tih mesecev odvzetih 203 delnih dnevni vzorcev, ki so bili združeni v 12 mesečnih kompozitnih vzorcev. Na teh vzorcih je bila narejena karakterizacija trdnega goriva. **Tabela 3.:** Lastnosti trdnega goriva iz blata CČNL.

Parameter	Statistično ovrednotenje	Enota	Vrednost	
			Tipična	Mejna
Kurilna vrednost	arit.sred.	MJ/kg _{k.p.}	10,253 (I-XI.2009)	10 (razred 4)
Klor	arit.sred.	% _{s.s.}	0,062 (I-XI.2009)	0,06-0,1 (razred I)
Žveplo	arit.sred.	% _{s.s.}	0,68 (I-XI.2009)	0,5 (5)
Živo srebro	mediana	mg/MJ _{k.p.}	0,154 (I-XI.2009)	0,15-0,5 (razred 4-5)
Živo srebro	80% perc.	mg/MJ _{k.p.}	0,167 (I-XI.2009)	0,16-0,3 (razred 3-4)
Kadmij	arit.sred.	mg/kg _{s.s.}	<0,95 (I-XI.2009)	1,0 (razred 1)

* povzeto po standardu (s.s. - v suhi snovi; k.p. - kot prejeta)

Vrednosti za mediano in 80th percentil za Hg sta si zelo blizu, kar kaže na relativno majhno sipanje rezultatov preskusov.

Za obdobje januar – december 2009 je izdelana klasifikacija blata kot alternativnega trdnega goriva. Razred trdnega goriva (SIST-TS CEN/TS 15359:2007): **NCV 4; Cl 1; Hg 4** (tabela 2,3).

3. UPORABA SRF IZ OBDELAVE BLATA CČNL

Preostanki iz biološkega čiščenja komunalne odpadne vode so biološko razgradljiv odpad, katerega je pred končno predelavo potrebno obdelati, z namenom njegove stabilizacije in zmanjšanja prostornine. Dodatni prednosti osušenih blat so njihova sterilnost in stabilnost. S tem so izboljšane možnosti za daljše skladiščenje produkta. Enostavna sta tudi transport in uporaba.

Klasifikacija trdnega goriva še ne daje zadosti podatkov o kvaliteti trdnega goriva. Uporabnik ima na voljo še nekatere parametre, ki so obvezni po aneksu A tehničnega standarda SIST-TS CEN/TS 15359:2007, ter parametre, ki jih uporabnik sam zahteva oz. parametre po lastni izbiri proizvajalca SRF. Limitni parametri za trdno gorivo, ki so določeni z evropsko tehnično specifikacijo CEN/TS 15359:2006, so v slovenski zakonodaji dopolnjeni s kadmijem in žveplom. Ta dopolnitev je osnova za izločanje trdnih goriv, ki nimajo primerne kvalitete za sosežig v srednjih kurilnih napravah. S predpisom je pogojena tudi velikost naprave za sosežig. Če je naprava za sosežig odpadkov srednja kurilna naprava, mora biti njena vhodna toplotna moč večja od 1MW. Pri tem velja za trdno gorivo, ki se lahko v njej uporablja, da je to (med drugim) blato iz komunalnih in industrijskih čistilnih naprav oziroma pregnito blato iz anaerobne obdelave biološko razgradljivih odpadkov in da se glede na neto kurilno vrednost uvršča v 1., 2. ali 3. razred iz klasifikacijskega seznama trdnih goriv, na vsebnost klora v 1. ali 2. razred in na vsebnost nevarnih snovi (živo srebro, kadmij in žveplo) v 1. razred iz klasifikacijskega seznama trdnih goriv relevantne slovenske uredbe. Uporaba za sosežig v velikih kurilnih napravah ni omejena z vrednostjo za parametra kadmij in žveplo. Alternativno trdno gorivo iz blata komunalne čistilne naprave je glede na svojo kvaliteto uporabno za energetska izrabo v napravah za sosežig odpadkov, ki imajo vhodno toplotno moč nad 50 MW, ki imajo okoljevarstveno dovoljenje za predelavo tovrstnih odpadkov po postopku R1 in katerih emisije v zrak ustrezajo zahtevam za mejne vrednosti določene s predpisom, ki ureja emisije snovi v zrak iz sežigalnic ter pri sosežigu odpadkov. Po tej uredbi je mejna vrednost za kadmij in živo srebro v dimnih plinih max 0,05 mg/m³.

Povpraševanje po alternativnem trdnem gorivu na slovenskem trgu prevzemnikov odpadkov je zaradi premajhne raznolikosti ponudbe predelave in nezadostnih kapacitet tovrstne predelave precej omejeno. Na lokalnem in regionalnem območju CČNL kot proizvajalca alternativnega trdnega goriva trenutno ni nobene naprave, ki bi prevzemala tovrstni energent. Trenutno se toplotno obdelano blato predeluje kot dodatno gorivo v cementarni, ki je izven regije nastanka odpadka. Cementarne so tudi v svetu največji odjemalec tega odpadka, ki se tu energetska in snovno izrabi – praktično pri

tej predelavi ni emisij. Problem za širšo predelavo odpadkov v cementarnah predstavljajo njihove zahteve po kakovosti odpadka kot vhodnega materiala za njihov tehnološki proces proizvodnje cementa.

Rezultat statistične obdelave in karakterizacije 12-tih mesečnih kompozitnih vzorcev obdelanega blata CČNL je pokazal, da imajo pelete iz procesa sušenja blata lastnosti alternativnega trdnega goriva, ki se v skladu s slovensko zakonodajo lahko uporabi v velikih kurilnih napravah. Ker pa je za permanentno spremljanje in dokazovanje njegove kvalitete potrebno vložiti precej sredstev, slovenski trg ponudnikov termične izrabe pa je zelo omejen, se postavlja vprašanje o smiselnosti plasiranja končnega produkta obdelave blata kot surovine za pridobivanje toplote in ne več kot odpadka.

VIRI IN LITERATURA

- [1] Projekt izvedenih del - Aqua Engineering GMBH, Mondsee, Avstrija, Hidroinženiring d.o.o. Ljubljana, CČN LJUBLJANA - PROJEKT 601 370 -PID - Marec 2005.
- [2] Uredba o predelavi nenevarnih odpadkov v trdno gorivo, Ur.l. RS št. 57/08.
- [3] SIST-TS CEN/TS 15359:2007, Trdno alternativno gorivo – Specifikacije in razredi.
- [4] SIST-TS CEN/TS 15358:2007, Trdno alternativno gorivo – Sistemi vodenja kakovosti- Posebne zahteve za njihovo uporabo pri proizvodnji trdnih alternativnih goriv.
- [5] SIST EN ISO 5667-13:1998 Water quality - Sampling - Part 13: Guidance on sampling of sludges from sewage and water treatment works.
- [6] SIST EN 15002:2006, Karakterizacija odpadkov – Priprava preskusnih vzorcev iz laboratorijskega vzorca.
- [7] SIST EN 14899:2006, Karakterizacija odpadkov – Vzorčenje odpadkov – Okvirno navodilo za pripravo in uporabo načrta vzorčenja.
- [8] V.Grilc, V.Mislej, (2009). Statistična analiza vzorcev posušenega odpadnega blata iz VO-KA, CČN Ljubljana, KI-DP-2462.
- [9] V.Grilc, (2010). Poročilo o lastnostih in uporabi alternativnega trdnega goriva iz procesa obdelave odpadkov na CČNL, KI-LO5-SO/2286-Z.
- [10] T. L. Mlakar, dr. T.Vuk, (2009). Alternativna goriva v cementni industriji – možnosti in omejitve, Zbornik 10. strokovnega posvetovanja »Gospodarjenje z odpadki – GZO'09'«, Nova Gorica.



ID 05

Mehanički parametri MBO otpada

dr. Igor PETROVIĆ¹, prof.dr. Davorin KOVAČIĆ¹

¹ *Geotehnički fakultet, Hallerova aleja 7, VARAŽDIN, HRVATSKA*
igor.petrovic@gfv.hr, davorin.kovacic@gfv.hr

Povzetek

U Republici Hrvatskoj je u posljednje tri godine aktivan znanstveni projekt „Karakterizacija krutog komunalnog otpada“. Projekt je većim dijelom financiran od strane Ministarstva znanosti, prosvjete i športa te manjim dijelom od strane Hrvatskih voda. Prioritetni cilj projekta je utvrđivanje mehaničkih parametara mehaničko-biološki obrađenog otpada. Naime, prema Planu gospodarenja otpadom u Republici Hrvatskoj za razdoblje 2007. – 2015. godine predviđena je mehaničko-biološka obrada komunalnog otpada na svim regionalnim i županijskim centrima. Uslijed toga će se u skorijoj budućnosti u Republici Hrvatskoj morati projektirati niz odlagališta MBO otpada. U radu su prikazane prosječne vrijednosti mehaničkih parametara MBO otpada prikupljene iz literature tijekom rada na spomenutom projektu s ciljem da se olakša utvrđivanje projektnih parametara projektantima odlagališta MBO otpada.

Ključne besede: stišljivost, deformabilnost, MBO otpad, stabilnost, čvrstoća.

Mechanical parameters of MBT waste

Abstract

In the last three years the scientific project “Characterization of municipal solid waste” has been active. The project is mainly financed by the Ministry of science, education and sports of the Republic of Croatia and partly by Croatian Water Board. The main aim of the project is to determine the values of the mechanical parameters of mechanically-biologically treated (MBT) waste. Namely, according to Waste Management Plan of the Republic of Croatia for the period 2007-2015 mechanical-biological treatment of municipal solid waste has been anticipated at all future regional and county waste management centres. Therefore a number of MBT waste landfills are to be designed in the near future. The average values of MBT waste mechanical parameters, collected from the available literature, are presented in the paper. This co-

uld help in the determination of design parameters for future MBT waste landfills.

Key words: compressibility, deformability, MBT waste, stability, strength

1. UVOD

Zbrinjavanje komunalnog otpada danas je jedan od vodećih problema u zaštiti okoliša. Veliki broj neuređenih odlagališta-smetlišta i nemaran odnos prema njima pokazatelji su niskih ekoloških standarda u Hrvatskoj. Tek u zadnje vrijeme, počelo je u Hrvatskoj intenzivnije ulaganje u projektiranje i izgradnju suvremenih pogona za obradu i odlaganje otpada, a snažan poticaj toj »probuđenoj ekološkoj svijesti« dali su, za naše prilike, strogi zahtjevi u procesu približavanja standardima Europske unije.

Opći koncept održivog razvoja nalaže obradu otpada koja mora prethoditi njegovom konačnom odlaganju na odlagalište. Osnovni cilj ove obrade je smanjenje količine otpada koji se odlaže na odlagalište i smanjenje generiranih količina plina i filtrata. Plan gospodarenja otpadom u Republici Hrvatskoj za razdoblje od 2007.-2015. godine [1] predviđa uporabu nekoliko različitih tehnoloških postupaka obrade komunalnog otpada prije njegovog konačnog zbrinjavanja. Jedan od tih postupaka je mehaničko-biološka obrada (MBO) komunalnog otpada čiji je krajnji cilj reduciranje količine biorazgradivog otpada, koji se odlaže na odlagalištima, te povrat korisnih sirovina iz otpada sustavom automatske separacije.

Osim smanjenja količine otpada i generiranih količina plina i filtrata, mehaničko-biološka obrada otpada ima povoljan utjecaj na geotehničke aspekte odlagališta otpada. Naime, istraživanja granulometrijskog sastava MBO otpada pokazuju da je MBO otpad svojim granulometrijskim sastavom i vizualnim izgledom vrlo nalik tlu pa je uobičajeno da se mehanička svojstva MBO otpada ispituju u laboratorijima za mehaniku tla. Međutim, treba voditi računa o činjenici da mehanička svojstva MBO otpada uglavnom odgovaraju mehaničkim svojstvima onih tala koja se u standardnoj geotehničkoj praksi smatraju toliko lošima da ih se najčešće zamjenjuje boljim materijalima. Ova činjenica ukazuje da ni u mehanici tla, kao disciplini iz koje se razvila mehanika otpada, nema dovoljno iskustva u ispitivanju materijala koji imaju mehanička svojstva slična onima MBO otpada.

S druge strane, prema suvremenom konceptu, zatvoreno odlagalište predstavlja nasutu građevinu a dovezen i zbijen otpad obložen je s donje i gornje strane nepropusnim barijerama. Visina nasutih odlagališta doseže i nekoliko desetaka metara, a njihovi se obujmi izražavaju u stotinama tisuća ili milijunima prostornih metara. Zbog toga problemi mehaničke otpornosti i stabil-

nosti odlagališta zahtijevaju primjerenu pozornost i obradu prilikom projektiranja i izvedbe u području geotehničkog inženjerstva. Budući da otpad, kao građevinski materijal, ima nepovoljna mehanička svojstva (veliku stišljivost i razmjerno malu čvrstoću) i da, u slučaju neobrađenog otpada, mijenja sastav s vremenom, širom svijeta, u odlagalištima komunalnog otpada dolazi do nestabilnosti, oštećenja, pa i havarija, a sanacije nastalih šteta su dugotrajne i skupe [2]. Sve ovo ukazuje na potrebu što boljeg poznavanja fizikalno-mehaničkih karakteristika otpada.

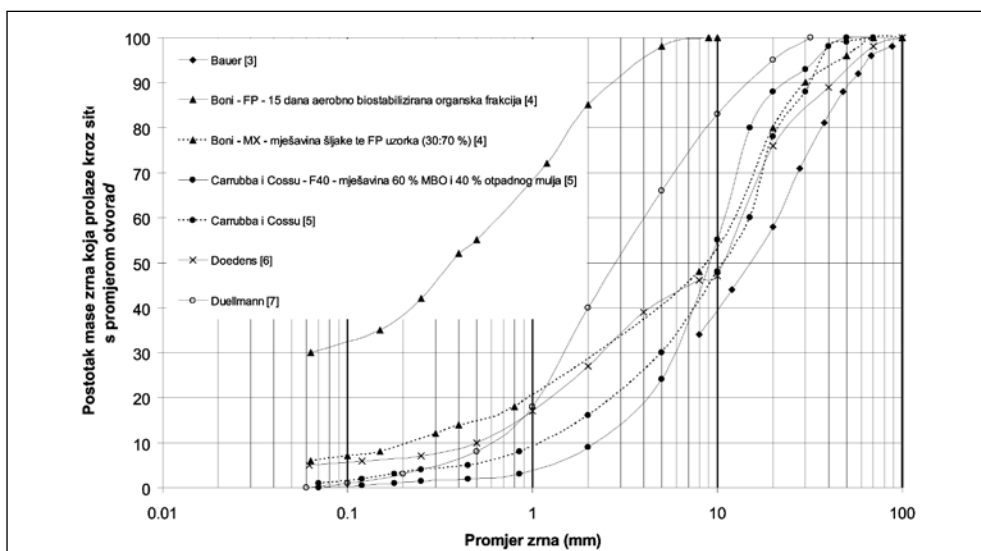
U ovom članku prikazan je sažeti pregled objavljenih rezultata ispitivanja mehaničkih parametara MBO otpada raznih istraživača.

2. REZULTATI

2.1 Osnovne geotehničke karakteristike ispitivanog MBO otpada

2.1.1 Granulometrijski sastav

Utjecaj biološke obrade na granulometrijski sastav otpada ispitali su Doedens i dr. (2000) na uzorcima MBO otpada s odlagališta Lueneburg. Osim spomenutog autora, granulometrijski sastav MBO otpada istraživali su i drugi autori (Boni, 2006; Bauer i dr., 2007; Carrubba i Cossu, 2003 i Duellmann, 2002). Iz njihovih istraživanja može se zaključiti da se MBO otpad, na temelju granulometrijskog sastava, može klasificirati kao krupnozrnati materijal koji se, zbog dobre građuiranosti, može dobro zbijati. Rezultati istraživanja spomenutih autora prikazani su na slici 1.



Slika 1.: Granulometrijski sastav MBO otpada prema raznim autorima.

2.1.2 Gustoća čestica MBO otpada

Entenmann i Wendt (2007) objavili su gustoće uzoraka suhih čestica MBO otpada uzetih s velikih probnih polja lociranih u Lueneburgu, kao i s nekoliko manjih probnih polja. O određivanju gustoće suhih čestica pisali su i Heiss-Ziegler i Fehrer (2003) i Kuehle–Weidemeier (2007). Rezultati njihovih istraživanja prikazani su u tablici 1. Iz prikazanih rezultata proizlazi da srednja vrijednost gustoće čestica MBO otpada iznosi $1,8 \text{ g/cm}^3$. Treba uočiti da je, u odnosu na prosječnu vrijednost, moguće dobiti znatno manju, ali i znatno veću, gustoću čestica što ovisi o sastavu ispitivanog otpada.

Tablica 1.: Gustoće čestica MBO otpada drugih autora

Lit.	Gustoća čestica otpada ρ_s [g/cm^3]	Veličina zrna [mm]	Lokacija
[8]	1,62	0-50	probna polja u Lueneburgu
	1,58	0-25	probno polje Groebern (Dresden)
	1,84	0-50	probno polje Pohlsche Heide (Minden)
	1,71	0-100	probna polja Wilsum (sjeverozapadna Njemačka)
	1,69	0-100	probna polja Wilsum (sjeverozapadna Njemačka)
	1,86	-	probna polja Brake (sjeverozapadna Njemačka)
	1,98	-	probna polja Brake (sjeverozapadna Njemačka)
	1,61	-	probna polja Mansie (sjeverozapadna Njemačka)
[9]	2,214	≤ 25	Oberpullendorf
[10]	1,59	0-30	Lahe

2.2 Gustoće uzoraka suhog MBO otpada ρ_a

Gustoće suhog otpada ρ_a , prilikom ugradnje MBO uzoraka u razne laboratorijske uređaje, objavili su: Carrubba i Cossu (2003), Heiss-Ziegler i Fehrer (2003), Kuehle-Weidemeier (2004 i 2007), Bidlingmaier i dr. (1999), Friedrich i Weichgrebe (2007) i Langer (2001). Njihovi rezultati prikazani su u tablici 2. Iz tablice 2 može se uočiti da se gustoće suhih uzoraka postignute u laboratorijskim uvjetima kreću od 0,7 do $1,2 \text{ g/cm}^3$. Valja naglasiti da se u laboratorijskim pokusima većinom postiže gustoća suhog uzorka do maksimalno $0,9 \text{ g/cm}^3$ dok se gustoće iznad $0,9 \text{ g/cm}^3$ mogu uglavnom postići samo in-situ.

Tablica 2.: Gustoće suhog otpada prilikom ugradnje uzoraka u razne uređaje drugih autora

Lit.	Gustoća suhog uzorka ρ_d [g/cm ³]	Veličina zrna [mm]	Ugrađeno u uređaj za mjerenje	Odlagalište	Vrsta materijala
[5]	0,59 0,76 0,86 0,93 0,78 0,76	- - - - - -	stišljivosti	Legnago (I)	100 % MBO 90 % MBO + 10 % šljake 80 % MBO + 20 % šljake 60 % MBO + 40 % šljake 90 % MBO + 10 % otp. mulja 60 % MBO + 40 % otp. mulja
[9]	0,71 0,54 0,44	< 25 < 12 < 30	stišljivosti	Oberpullendorf (D) Allerheiligen (D) Allerheiligen (D)	MBO
[10]	0,90 0,90 0,90 0,90 0,90 0,80	0-20 0-20 0-40 0-40 0-60 0-60	posmične čvrstoće	okrug Schaumburg (D)	MBO
	0,80 0,80 0,80 0,70 0,70 0,90 0,80 0,60 0,90	0-20 0-20 0-20 0-40 0-40 0-40 0-60 0-60 0-60	propusnosti	okrug Schaumburg (D)	
[11]	0,82 0,63	< 60 < 100	stišljivosti	Meisenheim (D) Lueneburg (D)	MBO
[12]	0,70 0,60 0,70 0,90	< 60 < 60 < 35 < 60	propusnosti	-	potpuna digestija* djelomična digestija* djelomična digestija* 1:1 MBO + šljaka
[13]	0,62	≤ 30	propusnosti	Lahe (D)	MBO
[14]	1,10 1,10 1,20	0-20 0-40 0-60	stišljivosti	okrug Schaumburg (D)	MBO

* Digestija je anaerobna obrada otpada pri čemu nastaje metan; potpunom se digestijom obrađuje cijeli otpad dok djelomična digestija uključuje samo frakciju otpada veličine < 40 mm [15]

2.3 Stišljivost

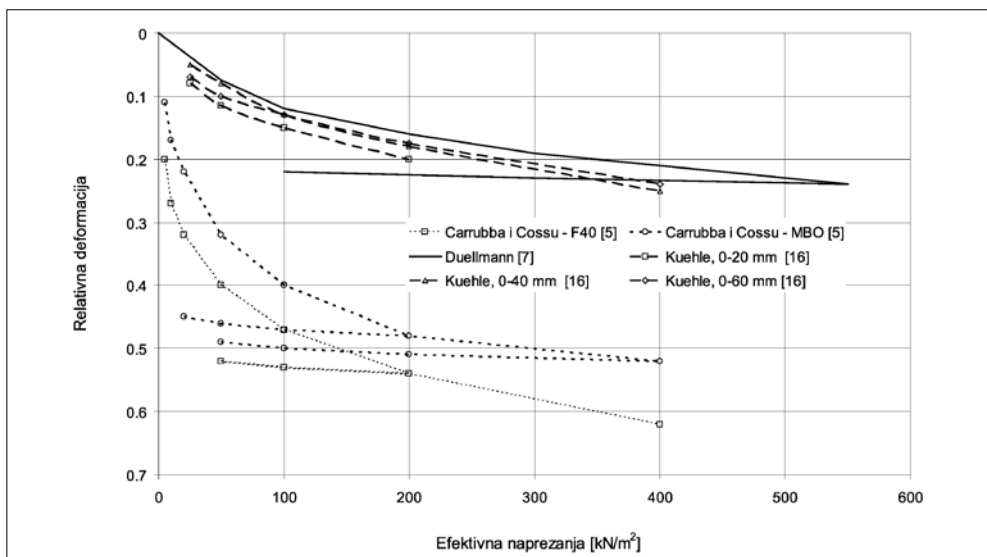
Ziehmann (1999) je istraživao stišljivost MBO otpada nakon biološke obrade. Bidlingmaier i dr. (1999) istraživali su stišljivost MBO otpada frakcije manje od 60 mm s odlagališta Meisenheim i frakcije manje od 100 mm s odlagališta Lueneburg. Duellmann (2002) je proveo ispitivanje modula stišljivosti na

uzorcima MBO otpada frakcije od 0 do 30 mm s odlagališta Lahe u Njemačkoj. Kuehle-Weidemeier (2003) je ispitivao stišljivost uzoraka MBO otpada s dva MBO probna polja u okrugu Schaumburg. Ispitivana je stišljivost uzoraka frakcija od 0 do 20 mm, 0 do 40 mm te 0 do 60 mm. Carrubba i Cossu (2003) su u sklopu istraživanja stišljivosti MBO otpada i šljake objavili krivulju odnosa naprežanja i deformacija ispitivanih materijala. Sumarni prikaz rezultata istraživanja ovih spomenutih autora prikazan je u tablici 3 i na slici 2.

Iz prikazanih rezultata može se uočiti da je, u usporedbi s tlom, MBO otpad još uvijek vrlo stišljiv materijal, no u odnosu na neobrađeni komunalni otpad MBO otpad pokazuje znatno manju deformabilnost.

Tablica 3.: Moduli stišljivosti MBO otpada

Lit. / Opt.	(0) 25-50 [kN/m ²]	50-100 [kN/m ²]	100-200 [kN/m ²]	200-400 [kN/m ²]	400-600 [kN/m ²]	280-420 [kN/m ²]	Frakcija [mm]/ Lokacija
[7]	730	1480	2460	4920			0 - 30 / Lahe
[11]	355 239	1670 905	1947 1570	2904 2973	4514 4977	- -	< 60 / Meisenheim < 100 / Lueneburg
[16]	840 800 1070 500 940 600	1990 1000 1590 1100 1490 1300	1870 1800 1680 1600 2440 2000	3290 - 2880 2800 3030 2800	- - - - - -	- - - - - -	0 - 20 / Schaumburg 0 - 20 / Schaumburg 0 - 40 / Schaumburg 0 - 40 / Schaumburg 0 - 60 / Schaumburg 0 - 60 / Schaumburg
[17]	-	-	-	-	-	5100 7900	- < 60 / -



Slika 2.: Krivulje naprežanja i relativne deformacije MBO otpada raznih autora

2.4 Čvrstoća

Posmičnu čvrstoću MBO otpada istraživali su Ziehmann (1999), Fehrer (2002), i Kuehle-Weidemeier (2004). Rezultati njihovih istraživanja prikazani su u tablici 4. Iz prikazanih rezultata može se uočiti da parametri čvrstoće MBO otpada, u prosjeku, poprimaju relativno visoke vrijednosti što sugerira da MBO otpad ima dobra svojstva nosivosti.

Tablica 4.: Kohezija i kut unutrašnjeg trenja MBO otpada

Lit.	Veličina zrna [mm]	Kohezija [kN/m ²]	Kut unutrašnjeg trenja [°]	Lokacija
[13]	0-20	38	33	Schaumburg
	0-20	21	33	
	0-20	-	-	
	0-20	16	34	
	0-40	43	34	
	0-40	21	34	
	0-40	23	36	
	0-40	11	36	
	0-60	35	35	
	0-60	20	35	
	0-60	49	35	
	0-60	62	27	
[17]	-	15	35-38	-
	< 60	15	35-38	
[18]	≤ 25	6,0	32,6	Oberpullendorf
	≤ 12	9,5	31,5	Allerheiligen
	≤ 40	6,7	36,2	Allerheiligen
	≤ 80	4,2	39,5	Allerheiligen

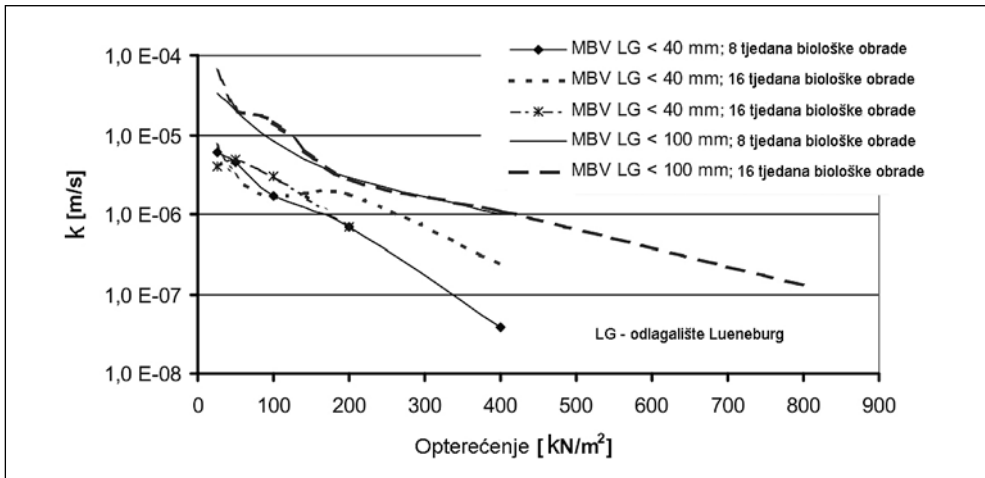
2.5 Propusnost

Ispitivanja propusnosti MBO otpada izvodili su Kuehle-Weidemeier i dr. (2000), Heiss-Ziegler i Fehrer (2003) i Kuehle-Weidemeier (2003). Rezultati njihovih istraživanja prikazani su u tablici 5. Doedens i dr. (2000) istraživali su promjenu koeficijenta propusnosti MBO otpada (najveće zrno u otpadu bilo je 40 mm), s porastom opterećenja od 25 kN/m² do 400 kN/m². Rezultati ovih istraživanja prikazani su na slici 3. Iz ovih rezultata istraživanja vidljivo je da je MBO otpad, u odnosu na neobrađeni otpad, manje propustan materijal što može uzorkovati porast razine filtrata u tijelu odlagališta.

Tablica 5.: Koeficijenti propusnosti MBO otpada prikupljeni iz literature

Lit.	Koeficijent propusnosti [m/s]	Frakcija [mm]	Gustoća pri ugradnji ρ_d [g/cm ³]	Vlažnost pri ugradnji [%]	Lokacija
[9]	$7,8 \times 10^{-11}$	< 25	Relativni $\rho_{d,Pr}$ [%] 93,7	-	Oberpullendorf
	$1,8 \times 10^{-10}$	< 25	94,3	-	Oberpullendorf
	$8,2 \times 10^{-11}$	< 25	97,1	-	Oberpullendorf
	$7,0 \times 10^{-11}$	< 25	97,6	-	Oberpullendorf
	$6,3 \times 10^{-11}$	< 25	98,9	-	Oberpullendorf
	$6,2 \times 10^{-11}$	< 25	99,5	-	Oberpullendorf
	$3,4 \times 10^{-11}$	< 12	88,3	-	Allerheiligen
	$5,9 \times 10^{-11}$	< 12	89,9	-	Allerheiligen
	$3,9 \times 10^{-11}$	< 12	92,3	-	Allerheiligen
	$3,0 \times 10^{-11}$	< 12	92,5	-	Allerheiligen
	$1,7 \times 10^{-11}$	< 12	93,2	-	Allerheiligen
	$1,5 \times 10^{-11}$	< 12	94,9	-	Allerheiligen
	$1,1 \times 10^{-07}$	< 40	87,4	-	Allerheiligen
	$3,1 \times 10^{-08}$	< 40	92,2	-	Allerheiligen
	$2,4 \times 10^{-10}$	< 40	94,4	-	Allerheiligen
[16]	$7,8 \times 10^{-08}$	0-20	0,80	56	Schaumburg
	$3,7 \times 10^{-09}$	0-20	0,80	70	Schaumburg
	$2,3 \times 10^{-10}$	0-20	0,80	72	Schaumburg*
	$6,5 \times 10^{-06}$	0-40	0,70	58	Schaumburg
	$3,6 \times 10^{-06}$	0-40	0,70	64	Schaumburg
	$7,0 \times 10^{-10}$	0-40	0,90	67	Schaumburg*
	$6,2 \times 10^{-06}$	0-60	0,80	57	Schaumburg
	$5,2 \times 10^{-05}$	0-60	0,60	70	Schaumburg
	$1,8 \times 10^{-08}$	0-60	0,90	73	Schaumburg*
[19]	$1,5 \times 10^{-09}$	< 40	Gustoća po Proctoru $\rho_{d,Pr}$ [g/cm ³] 1,004	Optimalna vlažnost w_{Pr} [%] 29,8	Schaumburg
	$1,4 \times 10^{-09}$	< 100	0,859	35,1	Schaumburg
	$2,0 \times 10^{-10}$	< 40	0,839	62,8	Neuwied
	$1,9 \times 10^{-09}$	-	-	-	Neuwied
	$5,7 \times 10^{-10}$	< 120	0,700	65,3	Wiefels
	$1,3 \times 10^{-10}$	-	-	-	Wiefels
	$6,5 \times 10^{-10}$	< 80	0,758	60,7	Bassum
	$2,0 \times 10^{-10}$	< 40	0,828	59,7	Bassum
	$2,9 \times 10^{-10}$	-	-	-	Bassum

* - drugi laboratorij



Slika 3.: Ovisnost koeficijenta propusnosti o efektivnim naprezanjima [6].

3. ZAKLJUČAK

Na temelju prikazanih rezultata o mehaničkim parametrima MBO otpada, objavljenima od strane različitih autora, može se zaključiti slijedeće:

- MBO otpad je krupnozrnai materijal koji se može dobro zbijati
- gustoća suhog uzorka MBO otpada kreće se u granicama od 700 do 1200 kg/m³
- prosječna gustoća čestica MBO otpada iznosi 1800 kg/m³ no moguće je dobiti i značajno manui ali i veću vrijednost
- MBO otpad je, u odnosu na neobrađeni otpad, krući materijal ali još uvijek se mogu, za uobičajene iznose opterećenja, očekivati relativne deformacije i do 20 %
- MBO otpad ima dobru nosivost
- MBO otpad ima mali koeficijent propusnosti te stoga treba očekivati povišenu razinu filtrata u tijelu odlagališta

VIRI IN LITERATURA

- [1] „Plan gospodarenja otpadom u Republici Hrvatskoj za razdoblje od 2007.-2015. godine”, Narodne novine 85/2007.
- [2] Koerner, R.M., Soong, T. (1999), “Assessment of Ten Landfill Failures Usind 2-D and 3-D Stability Analysis Procedures”, 2. Österreichische geotechniktagung, Februar 1999.

- [3] Bauer, J., Münnich, K., Fricke, K. (2007), »Influence of Hydraulic Properties on the Stability of Landfills«, Proceedings Sardinia 2007, Eleventh International Waste Management and Landfill Symposium, S. Margherita di Pula, Cagliari, Italy, 1-5 October 2007.
- [4] Boni, M.R., Chiavola, A., Sbaffoni, S. (2006), »Pretreated waste landfilling: Relation between leachate characteristics and mechanical behaviour«, Waste Management, 26 (2006) 1156-1165.
- [5] Carrubba, P., Cossu, R. (2003), »Investigation on Compressibility and Permeability of Pre-treated Waste Mixture«, Proceedings Sardinia 2003, Ninth International Waste Management and Landfill Symposium, S. Margherita di Pula, Cagliari, Italy, 6-10 October 2003.
- [6] Doedens, H., von Felde, D., Cuhls, C., Ketelsen, K., Broeker, E., Fehre, E., Giebel, B. (2000), „Wissenschaftliche Begleitung der drei großtechnischen Demonstrationsanlagen zur mechanisch-biologischen Vorbehandlung von Restabfaellen in Niedersachsen“. Endbericht. Institut fuer Siedlungswasserwirtschaft u. Abfalltechnik der Universitaet Hannover, Hannover und Ingenieurbuero fuer Abfallwirtschaft und Entsorgung, Hannover, 2000.
- [7] Duellmann, H. (2002), „Untersuchungen zum Einbau von MBA-Abfaellen auf der Zentraldeponie Hannover“, Laboruntersuchungen zum Verdichtungs-, Durchlaessigkeits-, Last-Setzungs- und Scherverhalten. Februar 2002. Im Auftrag des Abfallwirtschaftsbetriebes Hannover, 2002.
- [8] Entenmann, W., Wendt, P. (2007), «Placement and Compaction of Treated Municipal Solid Waste in Modern Landfills – Results of Geotechnical and Hydraulic Tests and Monitoring», Proceedings Sardinia 2007, Eleventh International Waste Management and Landfill Symposium, S. Margherita di Pula, Cagliari, Italy, 1-5 October 2007.
- [9] Heiss-Ziegler, C., Fehrer, K. (2003), »Geotechnical Behaviour of Mechanically-Biologically Pretreated Municipal Solid Waste (MSW) », Proceedings Sardinia 2003, Ninth International Waste Management and Landfill Symposium, S. Margherita di Pula, Cagliari, Italy, 6-10 October 2003.
- [10] Kuehle-Weidemeier, M. (2007), “Geomechanical properties of mechanically and biologically treated municipal solid waste – Review of literature in German language and own investigations”, Wasteconsult International, Langenhagen, Germany, 2007.
- [11] Bidlingmaier, W., Scheelhaase, T., Maile, A. (1999), „Langzeitverhalten von mechanisch-biologisch vorbehandeltem Restmuell auf der Depo-

- nie“, Abschlußbericht zum Teilvorhaben 3.1 des BMBF-Verbundvorhabens „Mechanisch-biologische Behandlung von zu deponierenden Abfaellen“, Universitaet Gesamthochschule Essen, Fachbereich 10 – Bauwesen, Fachgebiet Abfallwirtschaft, 1999.
- [12] Friedrich, K., Weichgrebe, D. (2007), »Determination of Parameters for Description of Water Balance in Landfills With Stabilised Municipal Solid Wastes«, Proceedings Sardinia 2007, Eleventh International Waste Management and Landfill Symposium, S. Margherita di Pula, Cagliari, Italy, 1-5 October 2007.
- [13] Kuehle-Weidemeier, M. (2004), „Bedarf, Konstruktionsgrundlagen und Betrieb von Deponien fuer mechanisch – biologisch behandelte Siedlungsabfaelle“, Veroeffentlichungen des Institutes fuer Siedlungswasserwirtschaft und Abfalltechnik der Universitaet Hannover, Band 127. ISBN 3-921421-57-8, 2004.
- [14] Langer, U. (2001), „Untersuchung der Scherfestigkeit, Kompressibilität und Durchlaessigkeit von mechanisch-biologisch vorbehandeltem Abfall“, Studienarbeit, IGBE, Universitaet Hannover, 2001.
- [15] Kuehle – Weidemeier, M. (2004), „Mehaničko-biološka obrada (MBO) komunalnog krutog otpada kao učinkovit način smanjenja unosa organske tvari na odlagališta“, VIII. međunarodni simpozij Gospodarenje otpadom, Zagreb, 17-19 studeni 2004.
- [16] Kuehle-Weidemeier, M. (2003), »Landfilling and properties of MBP waste«, Proceedings Sardinia 2003, Ninth International Waste Management and Landfill Symposium, S. Margherita di Pula, Cagliari, Italy, 6-10 October 2003.
- [17] Ziehmann, G. (1999), „Veraenderung des mechanischen Verhaltens durch die mechanische und biologische Vorbehandlung“, Deponierung von vorbehandelten Siedlungsabfaellen. Veroeffentlichungen des Zentrums fuer Abfallforschung der Technischen Universitaet Braunschweig, Heft 14, S. 1 – 9, 1999.
- [18] Fehrer, K. (2002), Geotechnisches Verhalten von mechanisch-biologisch behandelten Abfaellen. Diplomarbeit, Universitaet fuer Bodenkultur, Wien, 2002.
- [19] Kuehle-Weidemeier, M., Doedens, H., von Felde, D. (2000), „Die mechanisch-biologische Restabfallbehandlung und die Ablagerung der biologischen Fraktion“, Oberflaechenabdichtung von Deponien und Altlasten, Erich-Schmidt Verlag, 2000.



ID 06

Čistilna naprava za izcedne vode odlagališča nenevarnih odpadkov Barje - Ljubljana

mag. Andrej IVANC¹, mag. Grega VERK¹

¹ RIKO d.o.o., Bizjanova 2, SI-1000 LJUBLJANA
andrej.ivanc@riko.si

Povzetek

V sklopu projekta Nadgradnja regijskega centra za ravnanje z odpadki Ljubljana, ki je sofinanciran s strani EU, je tudi izgradnja čistilne naprave za izcedne vode iz odlagališča nenevarnih odpadkov Barje. V prispevku avtorja najprej podajata sestavo in karakteristike izcednih vod, ki jih je potrebno očistiti. Na osnovi relevantne zakonodaje in zahtev naročnika utemeljujeta izbor tehnologije čiščenja. Ključni tehnološki procesi tretiranja izcednih vod temeljijo na biološkem čiščenju, ultrafiltraciji, adsorpciji z aktivnim ogljem in ionski izmenjavi. Izvajalec projekta, podjetje RIKO d.o.o. iz Ljubljane je pričel s projektiranjem jeseni 2008, naprava je bila zgrajena do konca leta 2009, od marca 2010 pa se nahaja v poskusnem obratovanju. Preliminarni rezultati meritev učinkovitosti čiščenja kot tudi podatki o dejanskih obratovnih stroških dokazujejo, da čistilna naprava za izcedne vode na odlagališču nenevarnih odpadkov Barje izpolnjuje oziroma presega vse s projektom določene parametre in zahteve naročnika.

Ključne besede: odlagališče nenevarnih odpadkov, izcedne vode, čistilna naprava, ultrafiltracija, adsorpcija z aktivnim ogljem.

Leachate treatment plant for the leachate water from the landfill of non-hazardous waste Barje - Ljubljana

Abstract

Within the scope of the project Upgrading of the regional waste treatment center in Ljubljana co-financed by the EU is also a leachate treatment plant for the leachate water from the landfill of non-hazardous waste Barje. In Article, the structure and characteristics of the leachate water is presented. Based on relevant legislation and client demands the selection of used technology is grounded. Key technological processes include biological treatment by membrane bioreactor (MBR), with subsequent adsorption on activated

carbon and selective boron ion exchange. The contractor, company RIKO d.o.o. from Ljubljana, started with the project design in autumn 2008, plant has been built by the end of 2009 and since march 2010 the plant has been in trial operation. Preliminary results of treatment efficiency as well as of actual operating costs prove that the leachate water treatment plant on the landfill Barje fulfills all parameters and demands of the client.

Key words: landfill of non-hazardous waste, leachate water, water treatment plant, ultrafiltration, adsorption on activated carbon.

1. UVOD

V sklopu projekta Nadgradnja regijskega centra za ravnanje z odpadki Ljubljana, ki je sofinanciran s strani EU, je tudi izgradnja čistilne naprave za izcedne vode iz odlagališča nenevarnih odpadkov Barje.

Namen izgradnje čistilne naprave za izcedne vode odlagališča nenevarnih odpadkov Barje je uskladiti emisije škodljivih snovi z odvajanjem izcednih vod v skladu z Uredbo o emisiji snovi in toplote pri odvajanju odpadnih vod iz virov onesnaževanja (Ur. l. RS, št. 35/96) in Uredbo o emisiji snovi pri odvajanju izcedne vode iz odlagališč odpadkov Ur. l. RS 7/2000).

Nova čistilna naprava omogoča čiščenje izcedne vode do zakonsko predpisanih vrednosti in uskladitev emisij z zahtevami IPPC direktive, kar je osnovni pogoj za pridobitev okoljevarstvenega dovoljenja.

Z realizacijo zadnje faze projekta Nadgradnja regijskega centra za ravnanje z odpadki Ljubljana, ki predstavlja izgradnjo objektov za predelavo odpadkov. Zgrajena čistilne naprave za izcedne vode bo s predvideno razširitvijo omogočala tudi čiščenje vseh ostalih tehnoloških odpadnih vod, ki bodo nastajale na odlagališču nenevarnih odpadkov Barje v procesih predelave odpadkov, do primernosti za iztok v kanalizacijo.

2. SESTAVA IN KARAKTERISTIKE IZCEDNIH VOD NA ODLAGALIŠČU NENEVARNIH ODPADKOV BARJE

Izcedne vode iz odlagališča Barje se iztekajo v javno kanalizacijo mesta Ljubljane. Na osnovi večletnih rezultatov monitoringa v skladu z Uredbo o emisiji snovi in toplote pri odvajanju odpadnih vod v vode in v javno kanalizacijo (Ur. l. RS, št. 47/05) in Uredbo o emisiji snovi pri odvajanju izcedne vode iz odlagališč odpadkov Ur. l. RS 7/2000), je bilo ugotovljeno, da presegajo mejne vrednosti za iztok v kanalizacijo parametri: amonijev dušik, adsor-

bljivi organski halogeni – AOX, biološka razgradljivost in bor ter občasno še sulfat in sulfid.

2.1. Količine izcednih vod in kapaciteta naprave

Iz podatkov o količinah padavin in količini izcednih vod, ki jih je naročnik spremljal v obdobju od leta 1998 do 2005 izhaja, da je letna količina izcednih vod neposredno povezana z letno količino padavin. Občasno enkrat do dvakrat na leto se pojavijo konice, ko doseže dnevna količina izcednih vod do 2000 m³/dan. V času brez padavin pa so dnevne količine izcednih voda med 200 in 300 m³/dan, v poletnih sušnih mesecih pa celo okoli 100 m³/dan.

Glede na podatke o dinamiki polnjenja in prekrivanja posameznih odlagalnih polj ter o zbranih podatkih o količinah izcednih vod je predvidena kapaciteta čistilne naprave maksimalno 520 m³/dan oziroma povprečno 400 m³/dan. Hkrati pa je potrebno zagotovi zadostne kapacitete izravnalnih bazenov, ki bodo omogočale čiščenje izcednih vod v primeru maksimalnih količin, ki dosežejo tudi do 2000 m³ na dan. Čistilna naprava mora biti tako zasnovana, da bo možno učinkovito čiščenje izcednih vod tudi, ko se bo količina izcednih vod po letu 2015 zmanjšala za cca. 50% zaradi prenehanja odlaganja in prekritja odlagalnih površin.

2.2 Obremenitev izcednih vod

V tabeli 1 so podane obremenitve odpadnih vod. Povprečne koncentracije so izračunane na predvidene maksimalne obremenitve in povprečni pretok 400 m³/dan.

Tabela 1.: Obremenitev odpadnih vod na vtoku na ČN Barje.

parameter	Količina (m ³ /dan oz. kg/dan)	Povprečne koncentracije* (mg/l)	MDK za iztok v kanalizacijo (mg/l)
povprečna dnevna količina izcednih vod	400		
pH vrednost		7,7	6,5 do 9,5
KPK	800	2000	-(300)*
BPK ₅	240	700	-
NH ₄ -N	480	1200	200
Bor	9,2	23	10
AOX	0,4	1	0,5
sulfid	2	5	2,0
sulfat	120	300	300

3. IZBOR TEHNOLOGIJE ČIŠČENJA IZCEDNIH VOD

Ker s samo enim tehnološkim postopkom ni možno očistiti izcedne vode, so bile za izvedbo čistilne naprave izcednih vod predlagane variantne rešitve s kombinacijo več različnih tehnoloških postopkov, ki omogočajo čiščenje izcednih vod do zahtevanih vrednosti. Zato je predvidena nadgradnja biološkega čiščenja s fizikalno kemijskim čiščenjem, adsorpcijo z aktivnim ogljem in selektivno ionsko izmenjavo bora. Na osnovi pilotnih poskusov je predvideni učinek čiščenja s SBR na KPK cca 30 % in s fizikalno-kemijskim čiščenjem še dodatnih 30 %.

Po evropskih državah je zelo razširjen in uveljavljen način čiščenja izcednih vod z MBR (membranskim bioreaktorjem) biološkim čiščenjem, ki se ustrezno še nadgradi z dodatno stopnjo za odstranjevanje nerazgrajenega KPK kar ponavadi poteka z adsorpcijo na aktivno oglje. Predvideni učinek odstranjevanja KPK je po podatkih ponudnikov MBR tehnologije cca 60 %.

Edini tehnološki postopek, ki omogoča učinkovito odstranjevanje vseh polutantov v izcedni vodi je dvostopenjska reverzna osmoza. Vendar pri reverzni osmozi nastanejo velike količine koncentrata in sicer cca. 20 % glede na količino izcednih vod. Samostojna dvostopenjska reverzna osmoza bi bila primerna samo v primeru, če je možno vračati koncentrat nazaj na odlagališče. Ker so količine koncentrata relativno velike, je smiselno zmanjšati količino koncentrata s pomočjo uparevanja ali sušenja.

Zato so bili v analizi primerjani naslednji tehnološki postopki čiščenja izcednih vod:

- A SBR z fizikalno-kemijskim predčiščenjem, naknadno adsorpcijo na aktivno oglje in selektivno ionsko izmenjavo bora,
- B MBR z naknadno adsorpcijo na aktivno oglje in selektivno ionsko izmenjavo bora,
- C reverzna osmoza z uparevanjem koncentrata.

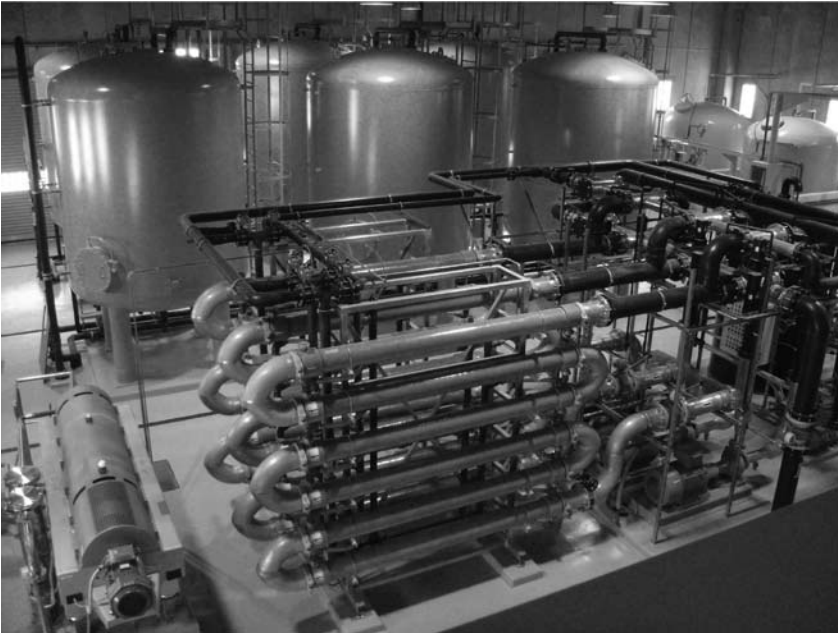
Za primerjavo in izbor najustreznejše tehnološke rešitve so bila izbrana naslednja merila:

- investicijski stroški,
- obratovalni stroški,
- tehnološki kriteriji – učinkovitost čiščenja,
- vplivi na okolje.

Na osnovi predlaganih meril za izbor optimalne variante sta glede na tehnološke kriterije in vplivov na okolje najbolj primerni varianti B in C. Varianta C ima visoke investicijske stroške, prav tako tudi visoke obratovalne stroške. Glede na merila obratovanja ČN in vplivov na okolje pa je varianta B boljša od variante A.

4. OPIS IZBRANE TEHNOLOGIJE ČIŠČENJA IZCEDNIH VOD

Za čiščenje izcednih vod je uporabljena tehnologija biološkega čiščenja z MBR – membranskim bioreaktorjem in nato z adsorbicijo na aktivno oglje. Po adsorbiciji poteka še selektivna ionska izmenjava bora. Koncentrat iz ionske izmenjave se vodi na uparevanje zato, da se njegova količina zmanjša. Del opreme v tehnološki stavbi je prikazan na sliki 1.



Slika 1.: Membrane za ultrafiltracijo, adsorberji za aktivno oglje in centrifuga za dehidracijo blata v tehnološki stavbi.

4.1 Egalizacija

Izcedne vode z odlagališča Ljubljana se zbirajo v egalizacijskem bazenu, za katerega je uporabljeno obstoječe črpališče ČJ5, ki ima delovni volumen 1534 m³. Z egalizacijo dosežemo izravnavo količin in kvalitete odpadne vode, kar omogoča enakomerno obremenjevanje in delovanje postopkov predčiščenja. Izcedna voda se delno izravna po količini in kvaliteti že v ostalih obstoječih črpališčih in bazenih na odlagališču. Obstoječe črpališče ČJ5, je razdeljeno na tri dele. V vsakem je vgrajeno potopno mešalo, ki izravna kvaliteto izcedne vode.

Odpadno vodo iz ČJ5 se prečrpava v MBR reaktor na biološko čiščenje s pomočjo dveh potopnih črpalk. Na iztoku iz ČJ5 in dotoku v biološko čiščenje so vgrajeni merilniki prevodnosti, temperature in pH vrednosti, ki spremljajo kvaliteto izcedne vode.

4.2 Biološko čiščenje

Pri določitvi volumna vseh bazenov za MBR je upoštevana minimalna starost blata 25 dni.

4.3 Denitrifikacija

Izcedna voda najprej doteka v denitrifikacijski bazen MBR reaktorja, ki ima delovni volumen cca 200 m³. Tukaj poteka denitrifikacija nitratnega dušika do plinskega dušika. Ker je za denitrifikacijo potreben biološko razgradljiv organski ogljik, ki ga je v izcedni vodi malo, se v denitrifikacijsko cono po potrebi dozira metanol. Metanol se shranjuje v posebnem 30 m³ rezervoarju. Nitratni dušik se v denitrifikacijo vrača iz nitrifikacije z reciklom iz ultrafiltracije. V denitrifikacijski coni je vgrajeno eno mešalo, ki meša vsebino in vzdržuje aktivno blato v suspenziji. Odpadna voda se iz denitrifikacijske cone preliva v prvi nitrifikacijski bazen.

V denitrifikacijski bazen se po potrebi dozira tudi fosfor, ki je nujno potreben za rast mikroorganizmov v procesu biološkega čiščenja. Za preprečevanje nastanka pen se v nitrifikacijski ali denitrifikacijski dozira antipenilec.

4.4 Nitrifikacija

Nitrifikacija poteka v enem nitrifikacijskem bazenu z volumnom 400 m³. V nitrifikacijski coni MBR poteka nitrifikacija amonijevega dušika do nitrata in razgradnja organskega substrata, ki je biološko razgradljiv. Za oba procesa je potreben kisik, ki se ga uvaja v izcedno vodo s pomočjo puhal in ejektorjem, ki zagotavlja istočasno prezračevanje in mešanje. Ejektor, ki deluje na principu vakumske črpalke, potrebuje jet črpalke, ki so nameščene v strojnici, neposredno poleg bazena. Vgrajeni sta dve delovni puhal, ki obratujeta izmenično, po potrebi pa tudi sočasno. Delovanje puhal se regulira glede na izmerjeno koncentracijo kisika z merilnikom kisika v bazenu. Puhala so izvedena s protihrupno komoro in so vgrajena v posebnem prostoru, ki je zvočno izoliran.

4.5 Ultrafiltracija

Iz nitrifikacijskega bazena se črpa suspenzija aktivnega blata in biološko očiščene odpadne vode na ultrafiltracijo. Črpanje poteka z dvema suho montažnima centrifugalnima črpalcama, od katerih je ena delovna druga pa za rezervo. Delovanje črpalke se zvezno regulira glede na pretok odpadne vode. Ti dve črpalci sta nameščeni v strojnici, neposredno poleg bazena, skupaj z dvema »jet« črpalcama.

Za ločevanje aktivnega blata od očiščene izcedne vode se uporabi ultrafiltracija. Ultrafiltracija deluje na obtočnem principu, kjer odpadna voda teče vzporedno z membrano, skozi katero pravokotno prehaja permeat očiščene vode. Odpadna voda se tako, ko prehaja mimo membran, skoncentrira. Ultrafiltracija poteka v treh vzporedno delujočih enotah, od katerih je vsaka sestavljena iz po 5 zaporednih modulov. Moduli so tlačne posode premera 200 mm, v katerih so filterni elementi.

Vsaka enota posebej je opremljena z obtočno črpalko, ki črpa velike količine izcedne vode skozi module. To je potrebno zaradi zagotavljanja visokih hitrosti pretoka skozi filterne elemente, kar preprečuje nabiranje oblog na filternih elementih. Manjši del očiščene izcedne vode prehaja skozi filterne elemente kot permeat in se zbira v rezervoarju permeata, od koder se vodi na naslednje stopnje čiščenja. Dobljeni koncentrat pri ultrafiltraciji pa se vodi nazaj v biološko čiščenje in sicer kot recikel v denitrifikacijski bazen. Delovanje ultrafiltracije se spremlja in kontrolira preko merilnikov pretoka in tlaka.

Da se zagotovi ustrezen pretok skozi filterne elemente ultrafiltracije, je potrebno občasno pranje posameznih enot (približno na dva meseca). Pranje se izvaja s pomočjo ustreznega pralnega sredstva, ki se obtočno prečrpava skozi posamezno enoto. Pralno sredstvo se najprej razredči v posebnem rezervoarju, iz katerega se ga prečrpa s pomočjo črpalke v obtok za pranje.

Vse enote ultrafiltracije so zasnovane tako, da jih je možno nadgraditi do skupno max. 6 modulov in s tem po potrebi povečati hidravlično kapaciteto celotne čistilne naprave z zamenjavo neaktivnih enot (dummyjev) z moduli. Zraven predvidenih treh enot ultrafiltracije je predviden prostor še za morebitno dodatno 4. enoto ultrafiltracije. V primeru, da je potrebno posamezno enoto za daljši čas izklopiti, se membrane v modulih konzervirajo.

ČN deluje tako, da je ves čas enakomeren pretok odpadne vode skozi membrane za ultrafiltracijo, pri čemer je vedno potrebno zagotoviti vsaj minimalni pretok skozi membrane zato, da ne pride do zamašitev membran. Enakomeren in zadosti velik pretok skozi membrane zagotavljajo obtočne črpalke. Prefiltrirana voda se zbira v vmesnem črpališču, iz katere se del lahko črpa nazaj v biološko čiščenje kot recikel. Pretežni del prefiltrirane vode pa se črpa na nadaljne čiščenje z adsorbcijo z aktivnim ogljem.

4.6 Adsorbcija z aktivnim ogljem

S pomočjo adsorbcije se iz izcedne vode odstrani biološko nerazgradljive ali težko razgradljive organske snovi. Predvidena je adsorbcija z granuliranim aktivnim ogljem, ki poteka v zaprtih tlačnih posodah s strnjenim slojem ak-

tivnega oglja. Adsorbcija na aktivno oglje poteka v dveh vzporednih linijah. Na vsako linijo se izcedne vode črpajo s svojo črpalko iz vmesnega črpališča. Vse tri črpalke so regulirane s frekvenčnimi pretvorniki v odvisnosti od nivoja v vmesnem črpališču za kar najbolj enakomerno delovanje aktivnega oglja. V vsaki liniji so trije zaporedno vezani filtri z aktivnim ogljem. Vsak filter ima cca. 20 m³ aktivnega oglja.

Ko se aktivno oglje v posameznem filtru nasiti, se ga zamenja ali pelje na reaktivacijo. Pretok izcedne vode se nato tako spremeni, da se najprej vodi na filtre, ki so bili prvi zamenjani in nazadnje na filtre, ki so bili zadnji zamenjani. Ker je predvidena možnost, da se mešajo iztoki dveh adsorberjev z namenom varčevanja z aktivnim ogljem, so potrebni posebni ventili, ki omogočajo regulacijo vsakega iztoka oziroma zaprtje iztoka.

Ker je izcedna voda predhodno prefiltrirana na ultrafiltraciji in ne vsebuje neraztopljenih snovi, med rednim obratovanjem ni potrebno posebno pranje filtrov z aktivnim ogljem. Na adsorberje se nikakor ne smejo voditi izcedne vode, ki niso bile predhodno filtrirane na ultrafiltraciji ali vsaj s pomočjo peščenega filtra, ker se v nasprotnem primeru lahko pričakuje blokiranje delovanja aktivnega oglja zaradi oblog trdnih delcev.

4.7 Selektivna ionska izmenjava bora

Za čiščenje raztopljenega bora iz izcedne vode je uporabljena selektivna ionska izmenjava, ki omogoča odstranjevanje bora do predpisane mejne vrednosti pod 10 mg/l. Raztopljen bor se iz izcedne vode reverzibilno veže na maso selektivnega ionskega izmenjevalca. Sčasoma se selektivni ionski izmenjevalec nasiti z vezanim borom in ni več sposoben vezati bora iz odpadne vode. V postopku regeneracije se vezani bor z ionskega izmenjevalca sprosti in preide v raztopino – koncentrat, hkrati pa je ionski izmenjevalec spet pripravljen za čiščenje odpadne vode. Ionski izmenjevalec je v obliki makroporoznih zrnec, ki sestavljajo strnjen sloj.

Selektivna ionska izmenjava bora bo potekala v dveh tlačnih posodah s strnjenim slojem ionskega izmenjevalca. Regeneracija ionskega izmenjevalca poteka protitočno najprej z 5 % raztopino tehnične H₂SO₄ ali raztopino tehnične HCl ter nato še aktivacija z 2,5 % raztopino tehničnega NaOH. Vmes poteka spiranje s čisto vodo in rahljanje sloja ionskega izmenjevalca s komprimiranim zrakom. Spiranje, regeneracija ter aktivacija potekata protitočno.

4.8 Uporevanje koncentrata iz ionske izmenjave

Pri regeneraciji ionskega izmenjevalca dobimo regenerate in koncentrate, ki niso primerni za izpust v kanalizacijo, ampak se morajo odstraniti kot

tekoči odpadki. Da se zmanjša količina koncentrata iz ionske izmenjave, se bo koncentrat uparjal na vakuumskem uparjalniku. Pri tem dobimo dokaj čisti destilat, ki se odvaja v interno kanalizacijo ter skoncentriran preostanek, ki se preda pooblaščenemu podjetju za zbiranje nevarnih odpadkov.

Vakuumsko uparjanje poteka pri nižjem tlaku, tako da raztopine zavrejo že pri temperaturah od 30 do 40 stopinj. Glede na nivo vode v vrelni komori se s pomočjo vakuuma sesa koncentrat v vrelni komoro. Z recirkulacijsko črpalko se del vode črpa iz vrelni komore skozi primarni toplotni izmenjevalec, kjer se segreje in se tako zagotavlja potrebna toplota za uparvanje.

4.9 Dehidracija blata

V MBR reaktorju nastaja pri biološkem čiščenju odvišno biološko blato, ki ga je potrebno redno odstranjevati. Odvišno biološko blato se iz MBR reaktorja odvaja v zalogovnik za blato. V zalogovniku se blato še dodatno zgosti. Iz zalogovnika se odvišno biološko blato občasno prečrpava na napravo za dehidracijo odvišnega biološkega blata. Dehidracija blata poteka s pomočjo centrifuge. Pred dotokom v centrifugo se blatu dodaja raztopina praškastega polielektrolita – flokulanta, ki izboljša dehidracijo blata. Dehidrirano blato iz centrifuge pada na spiralni transporter, ki ga odlaga v kontejner. Blato se bo s centrifugo dehidriralo na cca. 20 % suhe snovi.

Na čistilni napravi se nahajajo še nekateri drugi tehnološki sklopi in objekti; Sistem za hlajenje oziroma ogrevanje izcednih vod

- Interno črpališče
- Pretakališče za kemikalije
- Filter zraka iz bazenov nitrifikacije in denitrifikacije
- Bazeni očiščene vode
- Rezervoar za metanol z dozirnimi sistemom
- Drugi tehnološki sklopi
- Zalogovnik za odvišno blato

5. PRELIMINARNI REZULTATI ČIŠČENJA V POSKUSNEM OBRA-TOVANJU

Za ČN je predvideno poskusno obratovanje v trajanju najmanj 275 dni. Začetek poskusnega obratovanja je bil v marcu 2010. V nekaj tednih so se vzpostavile stabilne razmere v biološkem delu tehnološkega procesa, tako da je bil do poletja omogočen zagon vseh ostalih tehnoloških sklopov.

Tabela 2.: Rezultati meritev nekaterih parametrov ČN.

izcedna voda			permeat ultrafiltracije			adsorbcija na aktivno oglje			iztok s ČN	
KPK	NH ₄ -N amonij	bor	KPK	NO ₃ -N nitrat	NO ₂ -N nitrit	KPK na iztoku iz adsorberja 1	KPK v skupni količini vode po adsorbciji	NH ₄ -N amonij	bor	KPK
mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l
Izmerjene povprečne vrednosti										
1.122,29	541,14	20,00	351,29	401,29	0,00	77,06	267,71	1,05	1,07	148,72
Mejne vrednosti za iztok v kanalizacijo										
								200,00	10,00	300,00

Spremljanje delovanja in meritve posameznih parametrov, ki so pomembni za delovanje ČN, se izvaja že od začetka poskusnega obratovanja. Meritve, ki so bile opravljene po zagonu celotnega tehnološkega procesa dokazujejo, da ČN uspešno opravlja funkcijo, za katero je bila projektirana in grajena. Tabela 2 prikazuje le nekaj najpomembnejših parametrov.

V času poskusnega obratovanja se beležijo stroški obratovanja čistilne naprave, ki so bili določeni z razpisno dokumentacijo. V te stroške so vključeni predvsem stroški raznih kemikalij, aktivnega oglja, odlaganja presežnega blata ter koncentrata ionske izmenjave ter poraba električne energije. Stroški delovanja čistilne naprave, ki jih izvajalec del garantira, so bili v fazi ponudbe ocenjeni na 7,96 EUR/m³ očiščene izcedne vode, vendar bodo glede na dosežanje stroške med poskusnim obratovanjem nižji za vsaj 20%.

6. GRADNJA ČISTILNE NAPRAVE

Med gradnjo čistilne naprave je izvajalec naletel na številne specifične zahteve, ki so stalnica pri izvajanju gradbenih del na deponijah.

Celotno območje na katerem se nahaja ČN je bilo pred začetkom gradnje prekrito s pred-obremenilnim nasipom, ki je prikazan na sliki 2, da se je dosegla konsolidacija tal in zmanjšala možnost diferencialnih posedkov.

Na cevovodih za izcedno vodo so vgrajeni številni čistilni kosi, ki omogočajo čiščenje oblog. Te se v ceveh naberejo zaradi bazičnosti izcednih vod na deponiji Barje, ki je posledica velikih količin odloženega elektrofilskega papirja.



Slika 2.: Predobremenilni nasip za konsolidacijo terena pred začetkom gradnje.



Slika 3.: Čistilni kosi na cevovodih za izcedno vodo.



Slika 4.: Tehnološka stavba čistilne naprave Barje.

7. ZAKLJUČEK

Rezultati meritev učinkovitosti čiščenja kot tudi podatki o dejanskih obratovalnih stroških, ki so prikazani v prispevku, dokazujejo, da čistilna naprava za izcedne vode na odlagališču nenevarnih odpadkov Barje izpolnjuje oziroma presega vse s projektom določene parametre in zahteve naročnika. Z uporabljenom membransko tehnologijo čiščenja izcednih vod je čistilna naprava Barje ne le prva tovrstna čistilna naprava v Sloveniji temveč se lahko uvršča tudi med najsodobnejše in tehnološko najnaprednejše čistilne naprave za čiščenje izcednih vod v regiji.

VIRI IN LITERATURA

- [1] <http://www.sigov.si/mop/>.
- [2] Cornelia Timm, Grega Verk, (2009). Načrt tehnologije, PZI št. načrta R12-404/08 mapa 7/1, str. 1-20, Interno gradivo RIKO d.o.o.
- [3] Pipuš Goran, (2005). Tehnološki načrt, IDZ št. načrta 60-697-00-2005 mapa 7/1, str. 4-41., Interno gradivo Hidroinženiring.



ID 02

Field tests of using industrial by-products in landfill cover

Nanna RONKAINEN¹, dr. Kauko KUJALA¹, dr. Jouko SAARELA²

¹ *Department of Process and Environmental Engineering, Water Resources and Environmental Laboratory, University of Oulu, P.O. Box 4300, FI-90014 University of OULU, FINLAND*

nannaron@mail.student.oulu.fi, kauko.kujala@oulu.fi

² *Finnish Environment Institute (SYKE), P.O. Box 140, FI-00251 HELSINKI, FINLAND*

jouko.saarela@ymparisto.fi

Abstract

The use of industrial by-products in landfill cover is becoming more and more common. Materials as paper sludge and different kinds of ashes have been used widely to replace the traditional natural soils in landfill cover. In addition, the suitability of several new by-product materials has been tested in many countries. One of the new materials is the dregs of water treatment in the metallurgical industry. It has been chosen to be used as material of barrier layer in field tests carried out at the Rusko landfill in Oulu, in Northern Finland. The purpose of the field tests is to investigate particularly a by-product that is not commonly used in landfill cover. Above the barrier layer is a geosynthetic drainage layer. The protective layer of the cover consists of two layers. The upper layer is a mixture of compost and mineral soil. The functionality of the layer of the dregs of water treatment is being monitored for three years with wireless monitoring system. This paper presents the monitoring results from the first half year of monitoring.

Key words: landfill cover, industrial by-products, barrier layer, wireless monitoring system, landfill.

In-situ raziskave z uporabo industrijskih odpadnih materialov za prekrivanje odlagališč

Povzetek

Uporaba različnih industrijskih odpadnih materialov za prekrivanje odlagališč odpadkov je danes vse bolj razširjena. Materiali, kot so papirniški mulj

in različne vrste pepelov vse pogosteje nadomeščajo tradicionalne naravne zemljine za prekrivanje odpadkov na odlagališčih. Primernost uporabe različnih novih odpadnih materialov raziskujejo v številnih državah. Eden od takšnih odpadnih materialov je preostanek po čiščenju metalurških tehnoloških vod. V raziskavi se je ta material uporabil v zgornjih prekrivnih slojih na odlagališču Rusko v mestu Oulu na severu Finske. Namen terenske raziskave je v pridobivanju podatkov o primernosti industrijskega odpadnega materiala, ki doslej še ni bil pogosto uporabljen za prekrivanje odlagališč. Nad tesnilnim slojem pokrova odlagališča se običajno nahaja drenažni sloj. Zaščitni sloj pokrova odlagališča sestavljata dve plasti. Zgornjo plast običajno predstavlja mešanica komposta in zemljine. Primernost plasti je bila spremljana tri leta s pomočjo brezžičnega kontrolnega sistema. V članku so predstavljeni rezultati prvega leta spremljave.

Ključne besede: prekrivka za odlagališča, industrijske odpadne snovi, pregradna plast, brezžični kontrolni sistem, odlagališče.

1. INTRODUCTION

The use of industrial by-products in landfill constructions reduces the material costs and environmental impacts. The use of by-products has become more and more common during last two decades. Many by-product materials are technically and environmentally suitable to be used as the material for landfill cover. Paper sludge and different kinds of fly and bottom ashes have already been used widely as materials of landfill cover constructions. Many other by-product materials have also been utilized and new materials are being investigated for the use in several countries. Though the investigation and utilization of some new by-product material may not have a significant global impact, locally it can make a huge difference. (Ronkainen 2009)

In Rusko landfill in Oulu in Northern Finland the dregs of water treatment in the metallurgical industry has been chosen to be used in landfill cover in barrier layer. The purpose of this particular field test is to investigate a by-product that has not been commonly used in landfill cover. The field test in Rusko was the first time to choose to use it in Finland in landfill cover. This paper describes the field test in Rusko and introduces the monitoring results of the first half year of monitoring the cover constructions. The results show how the cover constructions functioned during the Finnish winter with frost and snow.

2. LANDFILL COVER CONSTRUCTIONS IN RUSKO

In autumn 2008 landfill cover of about one hectare was constructed in Rusko landfill in Oulu in Finland. The purpose was to investigate the suitability of new by-product material in landfill cover and the field test was also part of the Finnish KAAPINTA-project. The non-hazardous waste landfill cover consists of four different layers: foundation layer, barrier layer, drainage layer and protective layer. (Soilmetric Ky 2009)

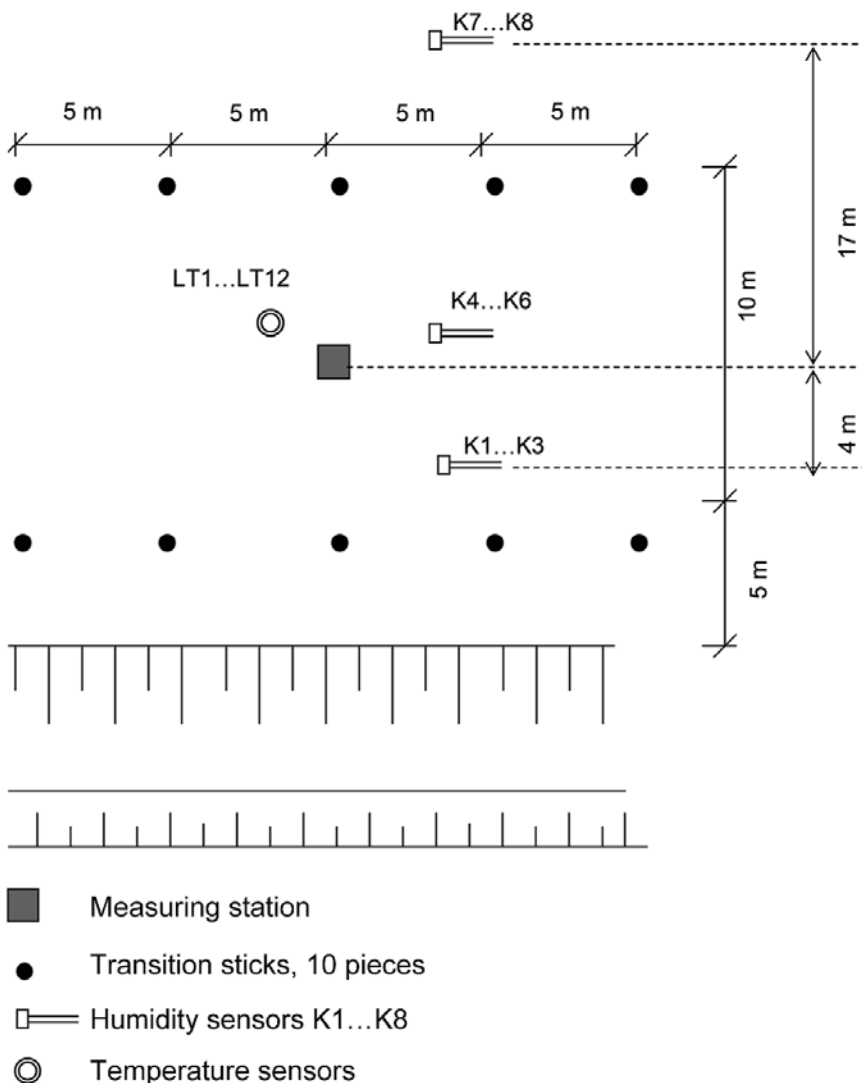


Figure 1.: Diagram of locations of humidity and temperature sensors in the landfill cover construction.

The protective layer of the cover consists of two layers. The upper of them is a mixture of compost and mineral soil. The drainage layer has been carried out as geosynthetic drainage layer. The 500 mm thick barrier layer is made from the dregs of water treatment in the metallurgical industry. The hydraulic conductivity of the material according to laboratory tests is less than 2×10^{-9} m/s.

The functionality of the landfill cover, particularly the barrier layer material, is been monitored with wireless monitoring system for the first three years. For this purpose humidity and temperature measure sensors were installed to cover constructions in November 2008 to observe the water content and the temperature of the cover. In addition, ten pieces of vertical sticks were installed to measure the horizontal movement.

3. MEASURE SENSORS

The water content and temperature of the cover is measured by sensors which have been connected to a data collection station with an underground cable. The humidity and temperature measurements are been automatically performed once in a hour. The data is trasmitted from the data collection station wirelessly by means of a GSM-modem in every 24 hours. The locations of the sensors, data collection station are presented in figure 1. The figure shows also the positions of the vertical sticks which measure the possible horizontal movement of the cover. The sticks, diameter 18 mm, are made of steel.

The humidity measurement constists of eight humidity sensors K1...K8 which are situated in different depths in the cover. Sensor K1 is situated in the foundation layer, sensors K2 and K3 are situated in the barrier layer and sensors K4...K8 measure the water content of the protection layer. The locations of the humidity sensors are presented in figure 2. The dark layer in pictures is the geosynthetic drainage layer.

The temperature in the landfill cover constructions is measured by temperature sensor stick. The eleven measure resistors are situated on the outer surface of the stick in every 20 cm. The top of the stick is situated right in the top of the protective layer. A cross-section of the stick is shown in figure 3. The thickness of the landfill cover can also be seen in figure 3.

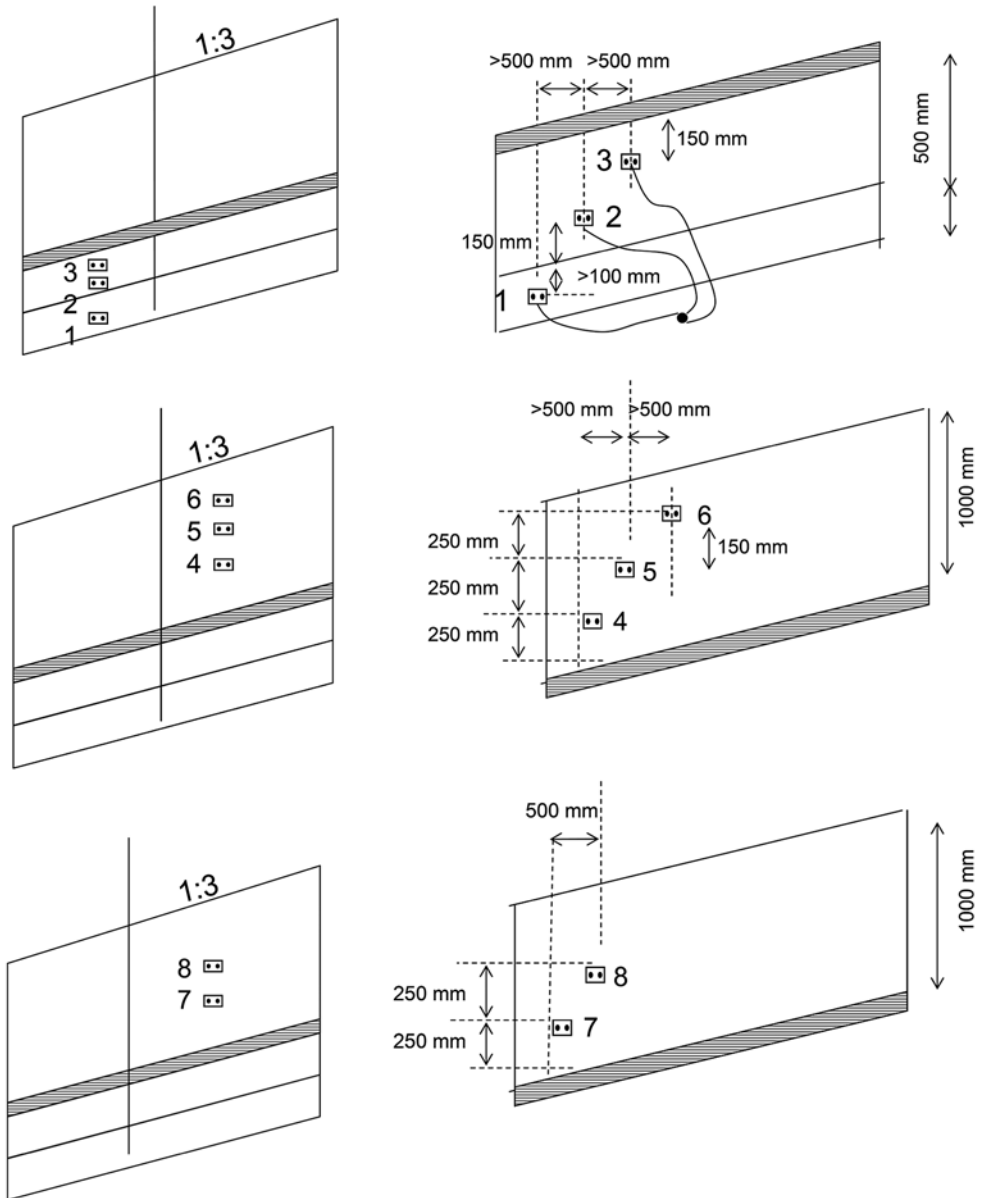


Figure 2.: The locations of the humidity sensors K1...K8.

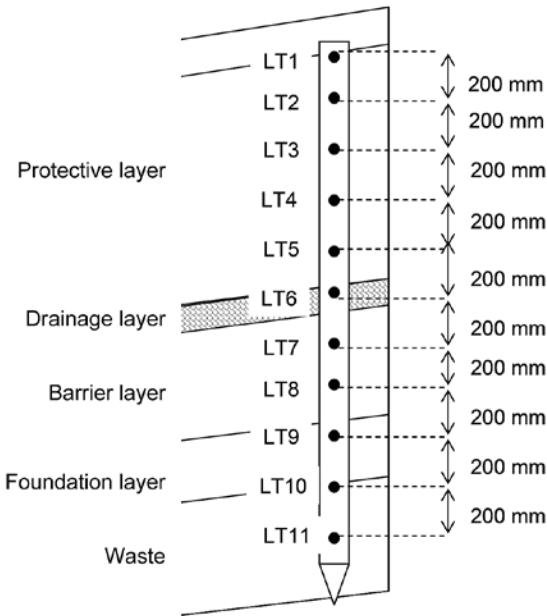


Figure 3.: Temperature sensor stick and the depths of the 11 measure resistors LT1...LT11 on the outer surface of the stick.

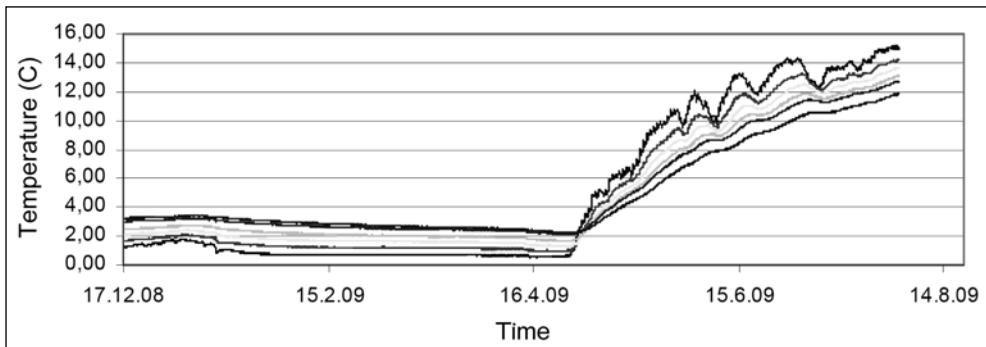


Figure 4.: Temperature of the cover in the sensors L1 (biggest value in the end), L2, L3, L4, L5 and L6 (lowest value in the end) between 17.12.2008-31.7.2009.

4. RESULTS OF THE MEASUREMENTS

The measurements will continue to autumn 2011. Here, the results of the first half year of the monitoring are presented. The whole protective layer has stayed unfrozen during winter 2008-2009. Figure 4 presents the results of the temperature measurement from six of the upper measurement points L1...L6. In the beginning of the monitoring the temperature was lowest in the highest measuring point L1 in depth 20 cm from the top of the protective layer. From that the temperature increased gradually when moving downwards in the cover. In the end of April the temperature suddenly began to

rise, most strongly near the surface. The rest of the temperature measurements are shown in figure 5.

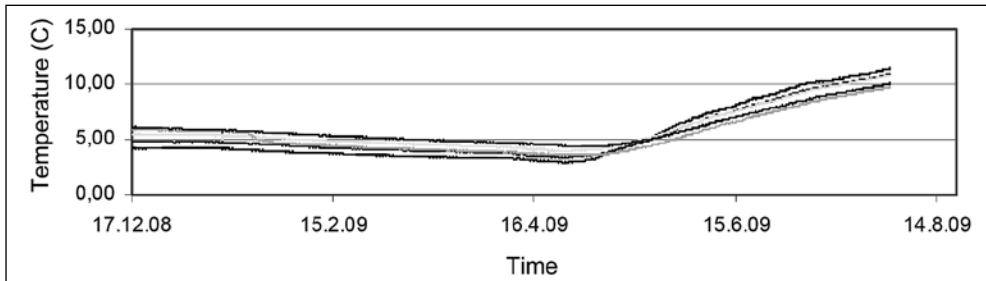


Figure 5.: Temperature of the cover in the sensors L7 (highest value in the end), L8, L9, L10 and L11 (lowest value in the end) between 17.12.2008-31.7.2009.

The water content of the cover is shown in figures 6, 7 and 8. In the barrier layer the water content changes between 46,7...51,6 %. In the protective layer the water content is strongly affected by snow melting in April when the water content has risen suddenly about 10 % to 20 %. In the humidity sensor K4 situated near the drainage layer the decrease of the water content after the snow melting has been significantly slower than in sensors K5 and K6 situated above it.

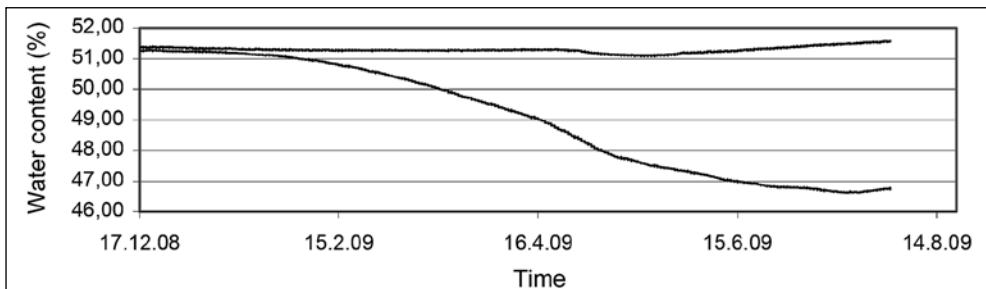


Figure 6.: Water content in the barrier layer in sensors K2 (higher value) and K3 (lower value) between 17.12.2008-31.7.2009.

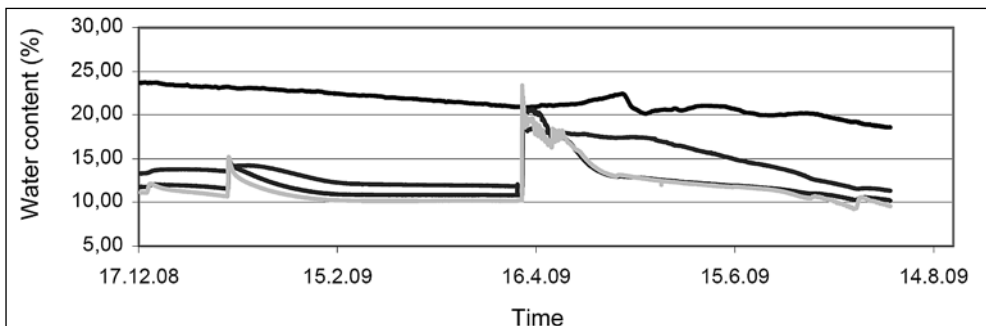


Figure 7.: Water content in the foundation layer in sensor K1 (the highest value) and in the protective layer in sensors K4, K5 and K6.

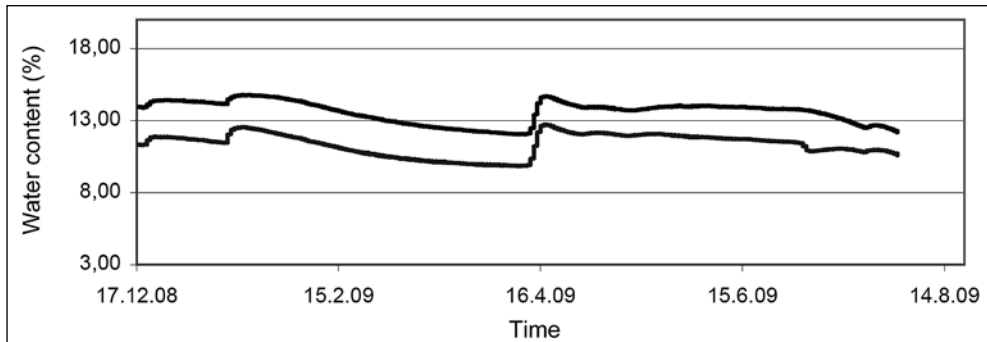


Figure 8.: Water content of the protective layer in sensors K7 (higher value) and K8 (lower value).

5. CONCLUSION

The purpose of the landfill cover field test in Rusko landfill is to investigate a new material to be used in landfill cover. According to the monitoring results of the first half year it can be concluded that the field test landfill cover has been working well. The cover constructions have not frozen during the winter 2008-2009 but stayed unfrozen up to the top of the protective layer. The water content of the cover has increased strongly during the snowmelt. After the snow melting the water content has decreased. However, the decrease of the water content is slower close to the drainage layer. During summer 2009 the water content of the protective layer have been decreasing.

LITERATURE

- [1] RONKAINEN, Nanna, (2009), Teollisuuden sivutuotteiden hyötykäyttö kaatopaikkarakenteissa – kansainvälinen vertailu. Master Thesis, University of Oulu.
- [2] SOILMETRIC Ky (2009), Kaapinta-hankkeen koerakenteen instrumentointi, Oulun Jätehuollon Ruskon jätteenkäsittelyalue, Mittaustulokset 17.12.2008 - 31.7.2009, Väiliraportti.



ID 01

Vitek nevtralizacijski reaktor – izbor in presoja mešanja

Andrej BOMBAČ¹, Jože LENARČIČ²

¹ UNIVERZA V LJUBLJANI, Fakulteta za strojništvo, Aškerčeva 6,
SI-1000 LJUBLJANA

andrej.bombac@fs.uni-lj.si

² Larting, Bevke 173, SI-1360 VRHNIKA

Povzetek

Članek obravnava izvedbi nevtralizacijskega reaktorju z vodilno cevjo pri dveh različnih načinih mešanja ter celotne stroške v pričakovani življenjski dobi, ki pri tem nastanejo. V prvem primeru je mešanje kapljevine izvedeno s propellerskim mešalom, v drugem je mešanje izvedeno z vpihavanjem zraka. Pri obeh izvedbah je uporabljena vodilna cev. Rezultati primerjave kažejo na ekonomsko upravičenost izvedbe mešanja z vpihovanjem zraka. Ta način je primernejši v konkretnem primeru tudi zaradi prezračitve nevtralizirane odpadne vode, ki se steka v kanalizacijo. Izvedba z vpihovanjem zraka namreč že nekaj let obratuje v živilski proizvodnji v sklopu nevtralizacije odpadne vode.

Ključne besede: mešanje, mešalo, nevtralizacija, reaktor, vodilna cev, življenjska doba.

Tall Neutralisation reactor – option and estimation of mixing

Abstract

In this article, we present the design and economic evaluation based on life cycle costs (LCC) of a draft-tube reactor in waste-water neutralization using two different mixing principles. The first one is based on forced mixing using axial impeller, while the second one is based on air-lift pumping in a draft tube. Both the process design procedure and the LCC evaluation of an individual mixing principle are presented. The results of comparison show that mixing achieved by air-lift pumping is suitable from the economic point of view. Beside that aerated neutralized wastewater is suitable to release into cloacae. The air-lift neutralization reactor was manufactured and has been

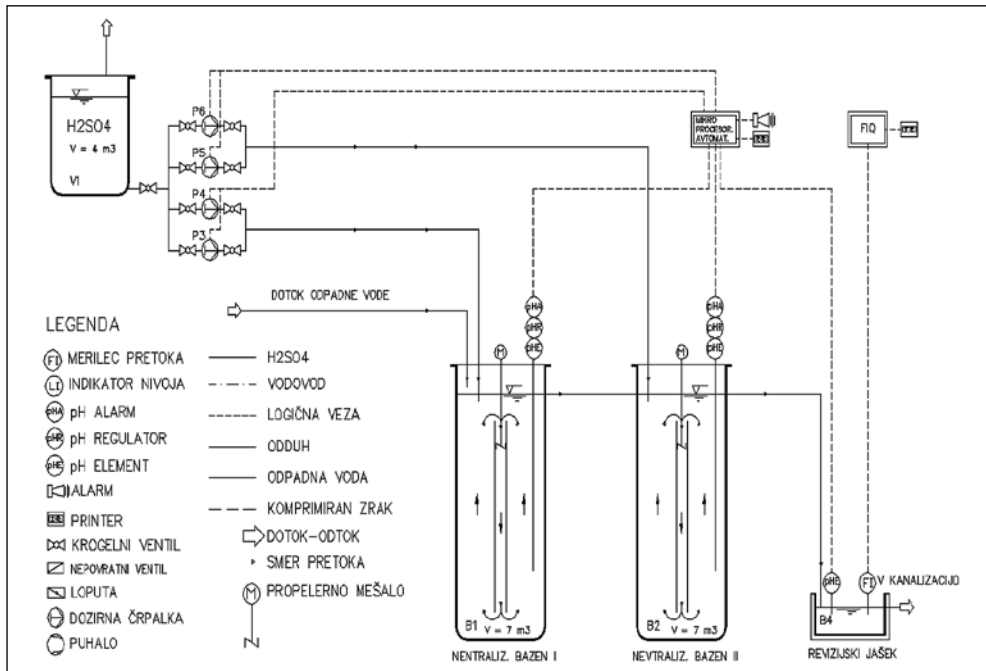
successfully operating for the past few years in the waste-water treatment of a food production plant.

Keywords: mixing, impeller, neutralization, reactor, draft-tube, life cycle costs.

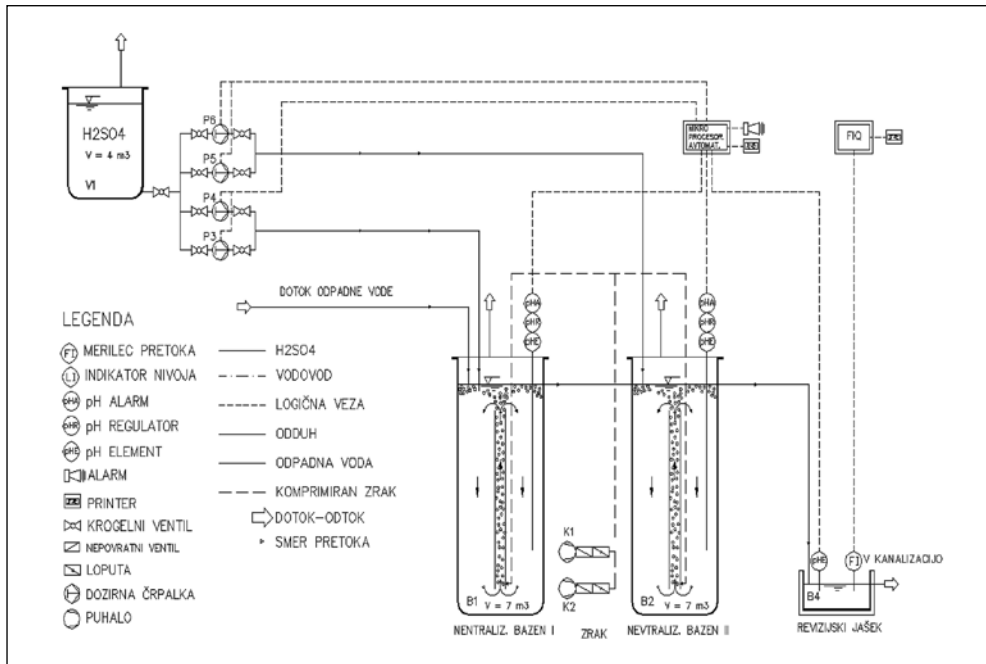
1. UVOD

Za čiščenje odpadne vode se pogosto uporablja postopke biološkega, fizikalnega in kemičnega razstrupljanja^{1,2}. Vrednost pH odpadne vode, je poleg fizioloških lastnosti eden osnovnih pokazateljev onesnaženosti, tehnološki postopek nevtralizacije pa je poleg dekantacijskih postopkov pogosto uporabljen postopek kondicioniranja odpadnih voda.

Članek obravnava primerjavo stroškov dveh različnih načinov izvedbe nevtralizacije odpadne vode v konkretnem primeru v živilski proizvodnji. Pri prvem načinu je mešanje tekočine izvedeno s propellerskim mešalom (Mix), pri drugem pa je vsebina reaktorja mešana z vpihovanjem zraka v vodilno cev (Air). Ker je z obema načinoma zadoščeno zahtevi po mešanju, sta oba sistema tehnološko ustrezna in sta analizirana dodatno še z vidika ekonomske upravičenosti.



Slika 1.: Shema postrojenja za nevtralizacijo odpadne vode; *Mix* izvedba mešanja s propellerskim mešalom.

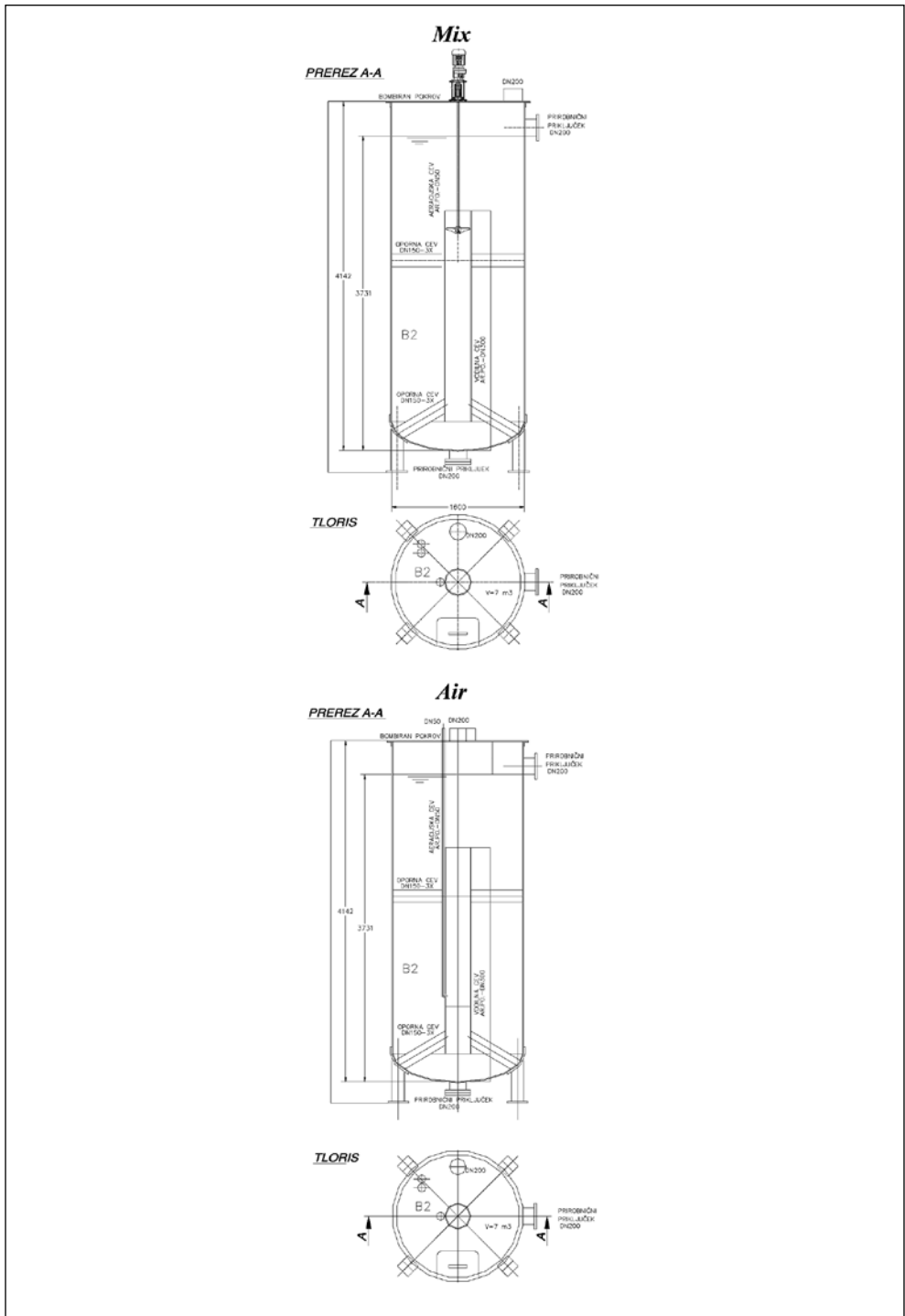


Slika 2.: Shema postrojenja nevtralizacije odpadne vode; Air izvedba mešanja z vnosom zraka v vodilno cev.

2. KONSTRUKCIJSKA IZVEDBA SISTEMOV

Obliko nevtralizacijskih posod je narekoval razpoložljiv prostor, ki je bil na voljo. To je bil kletni prostor z veliko medetažno višino in majhno tlorisno površino. Navkljub različnim priporočilom po virih iz literature^{1,2,5,6} se razmeroma neugodni obliki nevtralizacijske posode pri rekonstrukciji ni bilo moč izogniti. Zato je bila v posodo vpeljana vodilna cev¹⁰, s katero lahko dosegamo povsem zadovoljivo cirkulacijo tekočine v posodi ter s tem ustrezno pomešanje v taki vitki posodi^{3,4,7-9}.

Nevtralizacijska linija za čiščenje alkalnih odpadnih voda je v osnovi sestavljena iz dveh zaporedno vezanih reaktorjev, povezovalnih cevovodov, merilno regulacijskih sklopov za doziranje kemikalij ter končnih merilno kontrolnih elementov za doseganje zahtevane čistosti odpadne vode na izstopu. Medtem, ko v prvem reaktorju poteka nevtralizacija, se v drugem reaktorju izvaja proces umirjanja in izenačevanja lastnosti odpadne vode⁸, običajno brez dodajanja reagentov. Le v primeru, ko ni bila dosežena zahtevana čistost izstopajoče odpadne vode iz različnih razlogov (alarmantno stanje), pa služi drugi reaktor kot varnostni element z možnostjo izvajanja nevtralizacije.



Slika 3.: Izvedbi reaktorja: *Mix* s propellerskim mešalom in *Air* z vpihavanjem zraka.

V obeh reaktorjih je potrebno izvajati mešanje tekočine s katerim se proces nevtralizacije intenzivira in preprečuje lokalne zastoje zone⁵⁻⁷. Na slikah 1 in 2 sta prikazani ustrezni shemi postrojenja za nevtralizacijo odpadne vode pri čemer je mešanje tekočine v obeh nevtralizacijskih posodah izvedeno na različna načina. V prvem primeru poteka mešanje z aksialnim mešalom (slika 3, sistem *Mix*), kjer je pogonski sklop mešala (sestavljen iz elektromotorja, reduktorja z vodili in gredi z mešalom) nameščen na oporah na posodi.

V drugem primeru je mešanje tekočine izvedeno z vnosom zraka v vodilno cev (slika 3, sistem *Air*), kjer se z vnosom zraka (vzpenjajočimi mehurčki zraka proti gladini) inducira cirkulacijo kapljevine v posodi. V tem primeru je za zagotovitev zadostnih količin zraka še dodatno nameščeno puhalo z ustrezno cevno instalacijo¹⁰. Razlika v opreми med sistemom *Mix* in *Air* nastopa le zaradi različne izvedbe mešanja v posodah.

Nevtralizacijsko linijo, kot je shematsko prikazano na slikah 1 in 2 tvorijo še dotočni, povezovalni in odtočni cevovod, merilno regulacijska enota za ohranjanje vrednosti pH oziroma doziranje reagenta ter merilnik vrednosti pH.

3. EKONOMSKA UPRAVIČENOST

Poleg začetnih investicijskih stroškov nastajajo pri delovanju nevtralizacijskega reaktorja še drugi stroški, kot npr. stroški za porabljeno energijo, stroški vzdrževanja ter druge ekonomske kategorije. Za primerjavo celotnih stroškov nevtralizacije v pričakovani življenjski dobi je v tem delu uporabljen kriterij stroškov življenjskega cikla *LCC* (iz ang. Life Cycle Cost), ki je sicer bolj znan kot kriterij za ocenjevanje izdelkov¹¹. S tem kriterijem so ocenjeni vsi stroški, ki so predvideni v življenjski dobi nevtralizacijske naprave. Celotni strošek življenjskega cikla je:

$$LCC = C_i + C_e \cdot n + C_v \cdot n + C_k + C_d \quad (1)$$

kjer pomenijo: C_i – investicijski stroški [€], C_e – strošek energije na leto [€/leto], C_v – strošek vzdrževanja na leto [€/leto], n – trajanje življenjskega cikla [leto], C_k – stroški servisiranja kapitala [€] in C_d – stroški demontaže in razgradnje [€].

4. ANALIZA IN PRIMERJAVA OBEH IZVEDB MEŠANJA KAPLJEVINE

4.1 Izvedba nevtralizacijske linije

Razlika med izvedbami *Mix* in *Air* je, poleg v osnovi različnega izvora (načina) mešanja kapljevine, tudi v smeri cirkulacije kapljevine v reaktorju. Pri

izvedbi *Mix* poteka gibanje kapljevine v vodilni cevi navzdol, izstopajoč tok iz vodilne cevi tako zagotavlja čiščenje dna reaktorja in sprotno odnašanje usedlin proti iztoku.

Pri izvedbi *Air* je kapljevina zaradi vzgona mehurčkov v vodilni cevi gnana navzgor; po izstopu iz vodilne cevi mehurčki zraka izstopajo na gladini, kapljevina pa se giblje koaksialno ob steni posode navzdol. Čiščenje dna je zagotovljeno z zaokroženim robom dna posode ter ustreznim cirkulacijskim tokom, ki preprečuje usedanje primesi na dnu.

V obeh primerih je cirkulacijski čas gibanja kapljevine dovolj velik oziroma večji od časa reakcije – nevtralizacije.

4.2. Primerjava stroškov

Zaradi različne strojne opreme med sistemoma *Mix* in *Air*, vezane na različne izvedbe mešanja v posodah, so stroški različni in so obravnavani z vidika investicije, obratovanja in vzdrževanja ter pričakovane življenjske dobe naprave¹¹.

4.2.1 Investicijski stroški

Sistem *Mix* je sestavljen iz sledečih komponent:

nevtralizacijski reaktor z vodilno cevjo	5.000,00 €
nosilna jeklena konstrukcija	2.500,00 €
propelersko mešala z podporno konstrukcijo	7.500,00 €
dotočni, povezovalni in odtočni cevovod	1.100,00 €
dozirna posoda za H ₂ SO ₄	1.250,00 €
dozirne črpalke z instalacijskimi vodi	4.550,00 €
mikroprocesorska avtomatiko za pH - doziranje reagenta	5.540,00 €
merilnik pretoka in končna kontrola pH	2.100,00 €

Skupaj sistem *Mix* 29.540,00 €

Cena investicije za sistem *Mix* znaša $C_i = 29.540,00$ € in zajema dobavo, montažo in zagon opreme.

Sistem *Air* je sestavljen iz sledečih komponent:

nevtralizacijski reaktor z vodilno cevjo	5.000,00 €
nosilna jeklena konstrukcija	2.500,00 €
puhalo za dovajanje zraka	4.500,00 €
cevovod komprimiranega zraka	1.300,00 €
dotočni, povezovalni in odtočni cevovod	1.100,00 €
dozirna posoda za H ₂ SO ₄	1.250,00 €
dozirne črpalke z instalacijskimi vodi	4.550,00 €
mikroprocesorsko avtomatiko za pH - doziranje reagenta	5.540,00 €
merilnik pretoka in končna kontrola pH	2.100,00 €

Skupaj sistem *Air* 27.840,00 €

Cena investicije za sistem *Air* znaša $C_i = 27.840,00$ € in zajema dobavo, montažo in zagon opreme.

4.2.2 Stroški energije in vzdrževanja

Za delovanje obeh sistemov se porablja zgolj električna energija, katere letni strošek izračunamo po:

$$C_{el} = A \cdot c = P_{ef} \cdot n_{hw} \cdot c = P_{inst} \cdot f_{ist} \cdot n_{hw} \cdot c \quad (2)$$

pri čemer pomenijo: c - cena električne energije [€/kWh], n_{hw} - predvideno letno število obratovalnih ur, A - letna porabljena energija [kWh], P_{ef} - efektivna moč potrošnikov [kW], P_{inst} - instalirana moč potrošnikov [kW] in f_{ist} - faktor istočasnosti [/].

Mix: Strošek za porabljeno električno *energijo*, ki je pri trenutni ceni 0,08 €/kWh (cene električne energije industrijskih odjemalcev po viru¹²), 4.992 planiranih urah obratovanja, instalirani moči 3,68 kW in faktorjem istočasnosti 0,9 znaša 1322 €/leto.

Air: Strošek za porabljeno električno *energijo*, pri instalirani moči potrošnikov 5,88 kW, (ostale vrednosti enake kot pri *Mix*) znaša 2113 €/leto.

4.2.3 Stroški vzdrževanja

Stroške vzdrževanja sistema *Mix* tvorijo:

letni stroški nabave in menjave potrošnega materiala na *pH* merilnem sistemu, kar je ocenjeno na:

1.250 €

vsakih 5 let obratovanja (cca. 25.000 obratovalnih ur) je predvidena zamenjava tesnil in ležajev v mešalih in njihovih pogonih, kar znese letno:

4.500 €/5let
= 900 €

na polovici življenjske dobe sistema (10 let) je predvidena zamenjava dozirnih črpalk, kar predstavlja letno:

4.500 €/10let
= 450 €

ter razna nepredvidena vzdrževalna dela, ki so ocenjena na 25% predvidenih stroškov:

2.600 € x 0,25
= 650 €

Skupni letni stroški vzdrževanja sistema *Mix* znašajo:

$C_{vi} = 3.250$ €

Stroške vzdrževanja sistema *Air* tvorijo:

letni stroški nabave in menjave potrošnega materiala na *pH* merilnem sistemu, kar je ocenjeno na:

1.250 €

vsakih 5 let obratovanja je predvidena zamenjava tesnil in ležajev v turbinskih puhalih kar znaša letno:

800 €/5 let
= 160 €

na polovici življenjske dobe sistema je predvidena zamenjavo turbinskih puhal, kar predstavlja letni strošek:	4.500/10 let = 450 €
zamenjava dozirnih črpalk, kar znaša letno:	4.500/10 let = 450 €
ter razna nepredvidena vzdrževalna dela, ki so ocenjena na 25% predvidenih stroškov:	2.310 € x 0,25 = 577 €
Skupni letni stroški vzdrževanja sistema Air znašajo:	$C_{vi} = 2.437$ €

4.2.4 Stroški kapitala glede na življenjsko dobo sistema

Pri izračunu stroškov kapitala je upoštevana razlika (C_k) med obrestovano vrednostjo (a_n) in investicijsko vrednostjo posameznega sistema (a) iste osnove za življenjsko dobo:

$$C_k = a_n - a \quad (3)$$

$$a_n = a \cdot k^n \quad (4)$$

$$k = 1 + \left(\frac{p}{100} \right) \quad (5)$$

kjer pomenijo: p – letna obrestna mera v [%], k – obrestni faktor [/] in n – obdobje [leto].

Vrednost investiranega kapitala po 20 letih za sistem *Mix* pri 6% letni obrestni meri znaša 108.144 €, medtem ko vrednost investiranega kapitala za sistem *Air* znaša 101.921 €.

4.2.5 Celotni stroški v pričakovani življenjski dobi

V času življenjske dobe delovanja nevtralizacijske naprave, to je 20 let, so upoštevani vsi stroški, ki so povezani z obratovanjem nevtralizacijskega sistema, enačba (1). Tako znašajo stroški sistema *Mix* 231.824 € sistema *Air* pa 223.453 €. Razlika stroškov med sistemoma *Mix* in *Air* je relativno majhna (8371 €, oziroma manjša od 3,6 % celotnih stroškov pri *Mix*), zato še primerjava po posameznih postavkah, ki so predstavljene v naslednji tabeli.

Tabela 1.: Primerjava kategorij stroškov obeh sistemov.

Št.	Opis kriterija	Kriterij <i>Mix</i>	Kriterij <i>Air</i>	Cenejši
01	Investicijska vrednost sistema	29.540 €	27.840 €	<i>Air</i>
02	Stroški kapitala za 20 let	108.144 €	101.921 €	<i>Air</i>
04	Stroški energije za 20 let	26.440 €	42.252 €	<i>Mix</i>
06	Stroški vzdrževanja za 20 let	65.000 €	48.740 €	<i>Air</i>
07	Stroški demontaže in razgradnje	2.700 €	2.700 €	-
08	Stroški življenjske dobe	231.824 €	223.453 €	<i>Air</i>

Glede na celotne stroške, prikazane v zgornji tabeli, se izkaže, da so skupni stroški sistema *Air* nižji kot pri sistemu *Mix*.

Celotna primerjava je izdelana za konkreten primer v živilski proizvodnji pri dvostopenjski nevtralizaciji odpadne vode, kjer je mešanje v nevtralizacijskem reaktorju izvedeno z vpihovanjem zraka v vodilno cev.

Izbira sistema z vpihovanjem zraka se je poleg ekonomske presoje izkazala za upravičeno tudi zaradi pozitivnega vpliva vpihanega zraka na odpadno vodo. Prezračevanje odpadne vode je v naravi predpogoj za biološko samo-čiščenje odpadne vode. Prezračenosť vode s pribitkom O_2 po izstopu iz procesa nevtralizacije ob vstopu v tovarniško kanalizacijo preprečuje anaerobni razkroj drugih substanc odpadne vode. To so razni neželeni produkti anaerobnih procesov v kanalizaciji, kot so kanalske obloge ter bio-plini, ki so smrdljivi in kot taki povsod (še posebej pa v živilski industriji) še posebno nezaželeni ter eksplozijsko nevarni.

ZAKLJUČEK

Obravnavano je delovanje vitkega nevtralizacijskega pretočnega reaktorja, ki je zaradi specifičnih zahtev vgradnje v ozek in visok prostor opremljen z vodilno cevjo. Za učinkovitejšo nevtralizacijo je bila izvedena prisilna cirkulacija kapljevine, ki je bila zagotovljena v primeru *Mix* z mešalom, pri sistemu *Air* pa z vpihovanjem zraka v vodilno cev.

Iz prikazane analize stroškov je razvidno, da sta sistema po posameznih kriterijih dokaj enakovredna. Gledano v celoti pa sistem mešanja z vpihovanjem zraka v vodilno cev izkazuje nižje stroške, saj je predvsem strojna oprema pri tem sistemu cenejša. Tudi primerjava stroškov iz vidika življenjske dobe se kaže razliko v korist sistema z vpihovanjem zraka. S tehnološkega in izvedbenega vidika sta oba načina primerna. Za dodatno presojo je bil podan tudi kriterij določitve stroškov delovanja nevtralizacijskega reaktorja v pričakovani življenjski dobi. Tudi s tega vidika sta obe izvedbi, tako z mešalom kot z vpihovanjem zraka, primerljivi in do velike mere enakovredni.

Za končno presojo je bilo odločilnega pomena pozitiven vpliv vpihanega zraka na izstopajočo odpadno vodo. Takšna voda ima presežek raztopljenega kisika v odpadni vodi, ki preprečuje nadaljnje razkrajanje in tvorbo neželenih produktov anaerobnih procesov (kanalske obloge, razne bio-pline, itn.).

Obravnavana izvedba z vpihovanjem zraka v vodilno cev namreč že nekaj let obratuje v živilski proizvodnji v sklopu dvostopenjske nevtralizacije odpadne vode. Navzlic učinkoviti, preprosti in cenejši izvedbi ni zaslediti podobne izvedbe nevtralizacijskega reaktorja ne v praksi ne v literaturi.

VIRI IN LITERATURA

- [1] APPLEYARD C.J. (1995), Industrial wastewater management I&II, IHE, Delft.
- [2] Spellman, F.R. (2003), Handbook of Water and Wastewater Treatment Plant Operations, Boca Raton, Lewis Publisher.
- [3] BOMBAČ, A., ZNOJ, B. (2002), Kriterij moči mešanja na industrijski napravi. Zbornik referatov Slovenski kemijski dnevi 2002, Maribor.
- [4] BOMBAČ A. (1990), Poraba energije pri dispergiranju zraka v vodi s turbinskim mešalom, magistrska naloga, FS, Ljubljana.
- [5] MORE, L.R. (1978), Neutralization of Waste Water by pH Control, Pittsburg.
- [6] McCabe, W.L., Smith, J.C., Harriott, P. (2001), Unit operations of chemical engineering, 6th ed., Boston, McGraw Hill.
- [7] SHAW, J.A. (1982), The design of draft tube circulators, Proc. Australas. Inst. Min. Metall. No. 283: 47-58, September 1982.
- [8] LIGHTNIN MIXERS LTD, brochure E520/8, Poynton.
- [9] KHANG, S.J., LEVENSPIEL, O. (1976), The mixing-rate number for agitator-stirred tanks, Chemical engineering.
- [10] CHERKASSKY, V. M. (1980), Pumps fans compressors, Mir Publishers, Moscow.
- [11] A Guide to LCC Analysis for Pumping Systems Hydraulic Institute, Europump, and the US Department of Energy's Office of Industrial Technologies (OIT), DOE/GO-102001-1190, December 2000.
- [12] http://kazalci.arso.gov.si/?&ind_id=121&data=indicator (junij 2010).



ID o8

Izkušnje in težave pri zbiranju in uničevanju medicinskih odpadkov v podjetju Ekologija d.o.o.

Dora ILIĆ¹, Lidija NEVEDA¹

¹ Ekologija d.o.o., Laze 22, KRANJ
dora.ilic@ekologija.si, lidija.neveda@ekologija.si

Povzetek

Medicinski odpadki so odpadki, ki nastajajo pri opravljanju zdravstvene dejavnosti. Pravilno ravnanje z medicinskimi odpadki, ki nastajajo v zdravstvenih domovih, bolnišnicah in Univerzitetnem Kliničnem centru Ljubljana obsega evidentiranje, zbiranje, embaliranje, notranji transport, začasno skladiščenje in odstranjevanje. Pri opravljanju naše dejavnosti, v podjetju Ekologija d.o.o. skrbimo za pravilno in varno odstranjevanje medicinskih odpadkov.

Zdravstvene inštitucije, kot naši redni naročniki, pošiljajo nam na uničevanje različne vrste medicinskih odpadkov, kot so recimo: infektivni odpadki, zdravila, citostatiki, odpadne kemikalije (fotokemikalije, alkohol, formalin, skilen, druge kemikalije, amalgam, RTG filmi,).

Kot zbiralci tovrstnih odpadkov se srečujemo z različnimi težavami, kot so neustrezno označevanje odpadkov (nevarnost okužbe zaradi neustreznega označevanja), nezanesljivost podatkov, ki so na nalepkah za označevanje odpadkov, mešanje komunalnih in drugih odpadkov (zdravila, citostatiki) z infektivnimi odpadki idp. Določene vrste odpadkov presortiramo, kar se da, uničimo, ostalo pa pošljemo v sežig, kot je to urejeno s predpisi.

Za možno rešitev težav v ravnanju z medicinskimi odpadki predlagamo krepitev sodelovanja z odgovornimi osebami v zdravstvenih ustanovah in izobraževanje oseb, ki so odgovorne za zbiranje in sortiranje odpadkov v zdravstvenih domovih, bolnišnicah, kliničnih centrih. Predlagamo tudi krepitev inšpekcijskega nadzora, ker smo opazili veliko nepravilnosti pri evidentiranju, zbiranju in sortiranju odpadkov iz privatnih zobozdravstvenih in veterinarskih ambulantah.

Le s poznavanjem in zavedanjem potencialnih nevarnosti posebnih odpadkov, nastalih v zdravstvu in s pravilnim in doslednim ravnanjem z njimi

lahko zmanjšamo rizike za poškodbe ter zagotovimo ustrezno raven varnosti, zdravja pri delu in, seveda, varstva okolja.

Ključne besede: medicinski odpadki, infektivni odpadki, citostatiki, odpadne kemikalije, ravnanje z odpadki.

1. UVOD

1. Bolnišnični odpadki – definicije, vrste, pravilno ravnanje

Bolnišnični odpadki so odpadki, ki nastanejo v bolnišnicah in vsebujejo tudi odpadke, ki se lahko reciklirajo (komponenta komunalnih odpadkov), razen medicinskih odpadkov (to so odpadki, ki so nevarni za človeško zdravje in zahtevajo posebno ravnanje (Chih-San in Fu Tien, 1993). Največji proizvajalci bolnišničnih odpadkov so univerzitetne klinike, splošne bolnišnice, specializirane bolnišnice, centri za diagnostiko in raziskovanje, mrtvašnice, centri za avtopsijsko, transfuzijsko in dializo. Manjši proizvajalci bolnišničnih odpadkov so manjše zdravstvene enote, kot so zdravstveni domovi, privatne zobozdravstvene in veterinarske ambulante ter pogrebni servisi (Chih-San in Fu Tien, 1993).

Svetovna zdravstvena organizacija (1985) definira nevarne odpadke kot odpadke, ki vsebujejo naslednje lastnosti: škodljivost, toksičnost, kancerogenost, teratogenost in infektivnost.

Opadke, ki nastanejo v bolnišnicah, lahko razvrstimo v naslednje kategorije (Pavlič, Ravnanje s posebnimi odpadki v Kliničnem centru Ljubljana, 1998):

1. Splošni odpadki:

- komunalni/gospodinjski, pretežno trdni (različna drobna embalaža, plastične rokavice, zaščitne maske za usta, za lasišče, plastični kozarci, mavec, tamponi, obvezilni material, papirnate brisače, ...),
- komunalne odpadne vode,
- kosovni odpadki (stara oprema, inštrumenti in aparati, ...),
- gradbeni (odpadki pri adaptacijah, ...),
- vzdrževalni (filtri prezračevalnih naprav, fluorescenčne cevi, ...),
- posteljni vložki (vzmetnice).

2. Splošni odpadki, primerni za ponovno uporabo ali pridobitev sekundarnih surovin:

- administrativni odpadki (papir, karton),

- steklo (belo, barvno, infuzijske steklenice),
 - plastika, stiropor, umetne mase (PVC embalaža, brizge,..),
 - kovine (pločevinke, aluminijaste folije, odpadno železo,..),
 - les (stare mize, omare, police, obrobe,..),
 - vrtni odpadki, sobne rože,
 - guma,
 - kuhinjski odpadki (ostanki hrane),
 - rentgenski filmi,
 - tekstil (posteljnina, oblačila, brisače, ...).
3. Odpadki, ki zahtevajo posebne ukrepe in ravnanja:
- vsa tkiva in organi, deli teles in živali, zarodki,
 - kri, telesne tekočine,
 - trupla in ostanki laboratorijskih živali,
 - materiali in predmeti, ki so prišli v stik z okuženimi osebami ali živalmi,
 - izločki,
 - odpadki, ki so onesnaženi s krvjo ali izločki (vata, vezilni material, brizge,...),
 - transfuzijske vrečke s priborom,
 - deli opreme, oblačila, rokavice, brisače, ter pribor uporabljen pri dializi,
 - odpadki bolnikov v izolacijskih oddelkih,
 - ostri predmeti (injekcijske igle, lancete, igle za šivanje, rezila, žage, skalpeli, steklene ampule, mikroskopska stekelca, razbita steklena embalaža, epruvete),
 - zdravila (poškodovana ali s pretečenim rokom uporabe),
 - farmacevtski preparati (citostatiki, formaldehid, ...),
 - kemijski odpadki (dezinfekcijska sredstva, fotografske kemikalije, topila, kisline in baze, živo srebro, vnetljive tekočine, odpadne barve, ...),
 - odpadki mikrobioloških laboratorijev,
 - baterije (suhi galvanski členi, akumulatorji),
 - doze pod tlakom,
 - radioaktivni odpadki.

2. Nevarnost nepravilnega odlaganja bolnišničnih odpadkov

V Tabeli 4. (Pruss at al, 1999) so naštetih primeri okužb, ki jih lahko povzročijo izpostavljenost medicinskim odpadkom.

Tabela 1.: Primeri okužb organizmov in poti prenosa pri ljudeh (Pruss et al. 1999).

Vrsta okužbe	Primeri organizmov, ki jih lahko povzročijo	Poti prenosa
Gastroenterološke okužbe	Enterobacteriae – Salmonella, Shigella spp., Vibrio cholerae; helminti	Feces in/ali izbljuvek
Respiratorne okužbe	Mycobacterium tuberculosis; virusi Rubeola, Streptococcus pneumoniae	Inhalirani sekreti; slina
Očesne okužbe	Herpesvirusi	Sekret iz očes
Genitalne okužbe	Neisseria gonorrhoeae; herpesvirus	Genitalni sekreti
Kožne okužbe	Streptococcus spp.	Gnoj
Antraks	Bacillus anthracis	Sekret iz kože
Meningitis	Neisseria meningitidis	Cerebrospinalna tekočina
Sindrom akutne imunodeficiencije (AIDS)	HIV	Kri, spolni sekreti
Hemoragične mrzlice	Junin, Lassa, Ebola in Marburg virusi	Vsi krvni produkti in sekreti
Septikemija	Staphylococcus spp.	Kri
Bakteriemije	Koagulaza-negativni Staphylococcus spp.; Staphylococcus aureus; Enterobacter, Enterococcus, Klebsiella in Streptococcus spp.	
Kandidemija	Candida albicans	Kri
Virusni hepatitis A	Virus hepatitisa A	Feces
Virusni hepatitis B in C	Virus hepatitisa B i C	Kri in telesne tekočine

2.1 Nevarnost ostrih predmetov

Ostri predmeti, ki so nevarni zaradi morebitnih poškodb, so: igle, igle za šivanje, skalpeli, lancete, steklene ampule, steklenice, epruvete, stekla za mikroskopiranje. Za prenos okužbe so nevarni tisti, ki so okuženi z snovjo, ki povzroča bolezen. Razen mehanskih poškodb, nastajajo tudi najrazličnejše okužbe, ponavadi na kraju vboda, npr. stafilokokne, streptokokne, herpesne, mikrobakterijske ali glivične okužbe (Dragaš in Škerl, 1992).

2.2 Nevarnost farmacevtskih in nevarnih kemijskih odpadkov

Največjo nevarnost farmacevtskih in nevarnih kemijskih odpadkov predstavlja toksičnost. Znanstveno je ugotovljeno, da v določenih količinah z vdihavanjem, konzumiranjem ali predorom v telo preko kože lahko povzročijo smrt ali poškodbe človeškega organizma.

V farmacevtske odpadke lahko spadajo: zdravila, cepiva, serumi in drugi farmacevtski preparati, ki so razliti, raztreseni ali na kakšen drug način poškodovani, ki jim je potekel rok uporabe, ki so kontaminirani ali neuporabni iz drugih razlogov. V nevarne kemijske odpadke štejemo neuporabljene ali odvržene trdne, tekoče ali plinaste kemikalije, ki se uporabljajo v medicinskih ali laboratorijskih postopkih, pri eksperimentalnem delu ter čiščenju in dezinfekciji.

2.3 Nevarnost infektivnih odpadkov

Infektivni odpadki vsebujejo patogene (bakterije, viruse, parazite ali glive) v takšnih koncentracijah, da lahko sprožijo bolezen. Ta kategorija vključuje:

- kulture in seve infektivnih agensov iz laboratorijev;
- odpadki, ki nastajajo pri kirurških intervencijah in avtopsijah pacientov z infektivnimi boleznimi (npr. tkiva in materiali ali oprema, ki je bila v stiku s krvjo ali drugimi telesnimi tekočinami);
- odpadki, ki nastajajo na izoliranih oddelkih (npr. ekskreti, izcedki iz inficiranih kirurških ran, obleke, ki so zelo umazane s človeško krvjo ali drugimi telesnimi tekočinami);
- odpadki, ki so bili v kontaktu z inficiranimi pacienti pri dializi (npr. oprema za dializo, kot so cevi in filtri, brisače, ogrinjala, predpasniki, rokavice in laboratorijske halje);
- okužene laboratorijske živali;
- vsi ostali instrumenti in materiali, ki so bili v stiku z okuženimi osebami ali živalmi.

3. GENOTOKSIČNI ODPADKI

Genotoksični odpadki so zelo nevarni in lahko vsebujejo mutagene, teratogene ali kancerogene lastnosti. Genotoksični odpadki lahko vsebujejo določena citostatična zdravila, urin ali feces pacientov, ki so zdravljeni s citostatičnimi zdravili, kemikalijami ali radioaktivnim materialom.

Kot kancerogene so klasificirane naslednje kemikalije :

- Kemijske – benzen;

- Citotoksična in druga zdravila – azatioprin, hlorambucil, hlornafazin, ciklosporin, ciklofosamid, melfalan, semustin, tamoksifen, tiotepa, treosulfan;
- Radioaktivne snovi.

Kot potencialno ali verjetno kancerogene so klasificirane naslednje kemikalije:

- Citotoksična in druga zdravila – azacitidin, bleomicin, karmustin, kloramfenikol, klorozotocin, cisplatin, dakarbazin, daunorubicin, dihidroksimetilfuratrizin, doksorubicin, lomustin, metiltiouราซิล, metronidazol, mitomicin, nafetopin, niridazol, oksazepam, fenacetin, fenobarbital, fenitoin, prokarbazin hidroklorid, progesteron, sarkolizin, streptozocin, trihlormetin.

Citotoksični odpadki nastajajo iz različnih virov in lahko vsebujejo naslednje (Chih- Shan in Fu Tien, 1993):

- kontaminirani material, ki nastaja v procesu priprave in jemanja zdravil, kot so: brizgalke, igle, merilniki, fiole, embalaža;
- zdravila s pretečenim rokom uporabe, odvečne količine raztopin; zdravila, ki so vrnjena iz oddelkov;
- urin, feces, ki lahko vsebujeta potencialno nevarno količino citostatika ali njihovih metabolitov in ki bodo verjetno postali genotoksični v naslednjih 48 h, nekateri pa tudi 1 teden po apliciranju.

Na specializiranih oddelkih onkoloških bolnišnic nastanejo odpadki, ki vsebujejo tudi do 1% genotoksičnih snovi (skupaj s citotoksičnimi in radioaktivnimi snovmi) v skupnih medicinskih odpadkih (Interna literatura Klinike za nuklearno medicino, 1997).

4. REZULTATI

4.1 Pravilno ravnanje z medicinskimi odpadki v podjetju Ekologija d.o.o.:

Za uspešno opravljanje dejavnosti naše podjetje potrebuje ustrezno evidentirane, pravilno označene, embalirane in pravilno začasno skladiščene odpadke. To pomeni, da morajo biti odpadki opisani po vrsti, količini, kraju in času nastanka, opisane morajo biti njihove lastnosti, interni transport in specifične zahteve procesiranja. Embaliranje odpadkov pomeni, da se morajo odpadki obvezno shranjevati v embalažo, ki je razpoznavna in nedvomno označuje vrsto odpadkov, ki so v njej.

Embalaža mora biti prilagojena fizikalno-kemijskim, biološkim in drugim lastnostim odpadkov.

Embalaža, kot so zabojniki, vreče in posode je izdelana tako, da njihova odprtina omogoča neovirano odlaganje odpadkov, hkrati pa preprečuje njihovo izpadanje pri pakiranju, shranjevanju, prevozu in ostalih postopkih ravnanja. Materiali, iz katerih je izdelana embalaža za odpadke, morajo biti nepropustni za ostre predmete, tekočine, kemijsko agresivne snovi in podobno. Materiali ne smejo vsebovati snovi, ki bi pri procesiranju odpadkov obremenjevali okolje.

V embalažo za enkratno uporabo spadajo zabojniki za ostre odpadke, ki so neprodorni in neprepustni za ostre predmete pri normalnih pogojih uporabe, in narejeni tako, da se nepropustno zapirajo in je onemogočeno iztresanje njihove vsebine pri prenašanju in prevozu. Opremljeni so z napisi ali znaki o njihovi vsebini in tehnologiji procesiranja. Vreče iz plastičnih materialov za enkratno uporabo morajo biti dovolj močne, da so odporne proti poškodbam. Volumen je prilagojen količini nastajanja odpadkov. Vreče iz plastičnih materialov za zbiranje morajo biti kompatibilne po obliki in velikosti s stolalom ali nosilno posodo.

Odpadek, ki pride v naše podjetje, mora imeti naslednje podatke:

- kdo ga je proizvedel, (UKC, Bolnica Novo Mesto, Bolnišnica Golnik, Bolnica Jesenice, ...)
- klasifikacijsko številko odpadka,
- ime odpadka po klasifikacijski številki (18 01 03* (infektivni odpadki), 18 01 06* (laboratorijske kemikalije), 18 01 04 (plenice), 18 01 01 (ostri predmeti), 18 01 08* (citostatiki), 09 01 07 (RTG filmi), ...)
- R in S stavke (to so opozorilni in obvestilni stavki),

Prevoz nevarnih odpadkov po UN številki, nalepko nevarnosti, embalažno skupino, ime in opis.

Tabela 2. Vrsta in klasifikacijska številka odpadka, ki ga dobimo v naše podjetje za obdelavo in predelavo

Zap. Št.	Ime odpadka	Klasifikacijska številka
1.	Infektivni odpadki ¹	18 01 03*
2.	Ostri predmeti	18 01 01
3.	Laboratorijske kemikalije (alkohol, ksilen, formalin, barvilo, organska topila, halogenirana topila, fiksir, razvijalec, ...)	18 01 06*
4.	Odpadni papir (zaupna dokumentacija)	19 12 01
5.	Citotoksična in citostatična zdravila ²	18 01 08*
6.	RTG filmi	09 01 07
7.	Opadki, ki ne zahtevajo posebnega ravnanja pri zbiranju in odstranjevanju (povoji, plenice, mavčne obloge, ...)	18 01 04

8.	Embalaža (čista plastika)	15 01 02
9.	Onesnažena embalaža (onesnažena plastika)	15 01 10*
10.	Elektronska oprema	16 02 14

- 1 Ekologija d.o.o. ima dovoljenje za prevoz infektivnih odpadkov do predelovalca nevarnih kemikalij, ki ima dovoljenje za zbiranje in predelavo odpadkov
- 2 Ekologija d.o.o. ima dovoljenje za prevoz citotoksičnih in citostatičnih zdravil do predelovalca nevarnih kemikalij, ki ima dovoljenje za zbiranje in predelavo odpadkov

Pri delu z bolnišničnimi odpadki uporabljamo ustrezno zaščitno opremo, in sicer:

- zaščitne rokavice,
- zaščitna očala,
- ustrezne delovne obleke,
- predpasniki,
- ustrezno obutev,
- zaščitne maske.

4.1.1 Ravnanje z infektivnimi odpadki

Infektivne odpadke, ki jih dobimo iz zdravstvenih ustanov, pošljamo v sežig.

4.1.2 Ravnanje z ostrimi predmeti

Ostre predmete, poškodovane in dotrajane instrumente z rezili ali konicami, ki niso kontaminirani s telesnimi tekočinami ali izločki, tudi pošljemo v sežig.

4.1.3 Ravnanje z nevarnimi kemikalijami

Ekipa podjetja Ekologija d.o.o. na osnovi imena, sinonima in formule, nevarnih komponent te zmesi, podatkih o fizikalnih in kemijskih lastnostih ter nevarnosti za zdravje, razvrsti in določi način uničevanja kemičnih odpadkov (sortiranje glede na vrsto kemikalije, skladiščenje na ustreznih označenih mestih in predelava (nevtralizacija, anaerobna predelava, elektroliza, ...)).

4.1.4 Ravnanje s farmacevtskimi odpadki

Ekologija d.o.o. ima dovoljenje za prevoz citotoksičnih in citostatičnih zdravil do predelovalca nevarnih kemikalij (Saubermacher d.o.o.), ki ima dovoljenje za zbiranje in obdelavo odpadkov. Delamo tudi na raziskavah, ki bodo omogočile alternativne načine uničevanja in recikliranja tovrstnih odpadkov.

4.1.5 Ravnanje z zaupno dokumentacijo

Ekologija d.o.o. ima zaposlene, ki so usposobljeni za ravnanje z zaupno dokumentacijo, ki vsebuje zaupne podatke. Ob prejemu tovrstnih odpadkov najprej ločimo papir od plastificiranih ovitkov in fasciklov. Nato gredo vsi tajni podatki na razrez po DIN2 varnostne stopnje (dokumenti se razrežejo na dolge trakove s širino do 6 mm). Razrezani papir oddamo pooblaščenemu zbiralcu odpadnega papirja.

4.1.6 Ravnanje z rentgenskimi filmi

Podjetje Ekologija d.o.o. ima dovoljenje za zbiranje RTG filmov. Zbiramo jih in prehodno skladiščimo na ustreznih mestih, potem pa izvažamo v tujino na nadaljnjo obdelavo.

4.1.7 Ravnanje z odpadki, ki ne zahtevajo posebnega ravnanja pri zbiranju in odstranjevanju (povoji, plenice, mavčne obloge, ...)

odpadke, ki ne zahtevajo posebnega ravnanja pri zbiranju in odstranjevanju (povoji, plenice, mavčne obloge, ...), odlagamo na ustreznih odlagališčih.

4.1.8 Ravnanje z odpadno plastiko

Odpadno plastiko najprej sortiramo, ločimo na čisto in onesnaženo embalažo, nato skladiščimo in pošljemo v nadaljnjo obdelavo.

4.1.9 Ravnanje z odpadno elektronsko opremo

Odpadno elektronsko opremo ob prevzemu razstavimo, ločimo plastične in kovinske dele in pošljemo na nadaljnjo obdelavo.

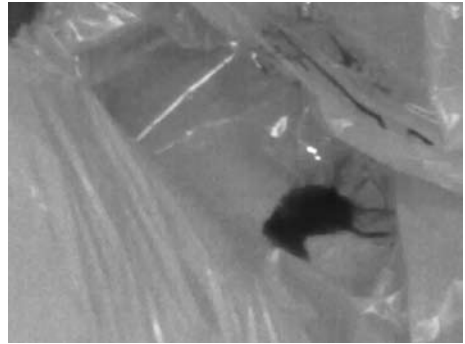
4.2 Težave, s katerimi se srečujemo pri delu:

Težave, s katerimi se srečujemo pri zbiranju odpadkov so naslednje:

- neustrezno in nepravilno označevanje odpadkov,
- neustrezna embalaža,
- nepopolni podatki o odpadku,
- mešanje odpadkov po agregatnem stanju in kemijski sestavi,
- mešanje zaupne dokumentacije z ostalimi vrstami odpadkov,



Slika 1.: Neustrezno pakiranje in označevanje infektivnih odpadkov.



Slika 2.: Neustrezno pakiranje in označevanje infektivnih odpadkov.



Slika 3.: Mešanje zaupne dokumentacije z ostalimi odpadki.



Slika 4.: Mešanje zaupne dokumentacije z ostalimi odpadki.

4.3 Priporočila nasveti in možne rešitve

- boljše sodelovanje med proizvajalci in prejemniki odpadkov,
- permanentno strokovno izobraževanje oseb, ki so v stiku z odpadki (celotna hierarhija oseb v procesu ravnanja z medicinskimi odpadki),
- poostren inšpekcijski nadzor (privatne zobozdravstvene in veterinarske ambulante),
- nadzor nad sortiranjem odpadkov,

ustrezna priprava odpadkov za odvoz (označevanje – etiketa z podatki, evidenčni listi, opozorila o nevarnosti odpadka).

5. ZAKLJUČEK:

V našem podjetju se zavedamo pomena tesnega sodelovanja med proizvajalci in podjetji, ki se ukvarjajo z odstranjevanjem in predelavo odpadkov, ne samo v zdravstvenih institucijah, ampak tudi v celotnem sistemu ravnanja

z odpadki. Po možnosti naj bi se sodelovanje vzpostavilo že v razvojni fazi razvijanja izdelka.

Le s poznavanjem in zavedanjem potencialnih nevarnosti posebnih odpadkov, nastalih v zdravstvu in s pravilnim ter doslednim ravnanjem z njimi lahko zmanjšamo rizike za poškodbe in zagotovimo ustrezno raven varnosti, zdravja pri delu in seveda varstva okolja.

VIRI IN LITERATURA

- [1] Chih-Shan L, Fu-Tien J. (1993), *Physical and chemical composition of hospital waste*. Infection control and hospital epidemiology, 14(3):145-150.
- [2] Dragaš, A. Z., Škerl, M. (1992), *Možnost infekcije s krujo, Uporaba medicinskih rokavic v zdravstvu*, Zbornik strokovnega srečanja, Odpadki v zdravstvenih ustanovah, Ljubljana.
- [3] *Interna literatura Klinike za nuklearno medicino* Ljubljana, 1997.
- [4] Pavlič, M. (1998), *Ravnanje s posebnimi odpadki v Kliničnem centru Ljubljana*, diplomska naloga, 1998.
- [5] Pruss, A., Giroult, E., Rushbrook, P. (1999), *Safe management of wastes from health-care activities*, World Health Organization, Geneva.
- [6] WHO (1985), *Management of waste from hospitals and other health care establishments*. Report on a WHO meeting, Bergen.



ID 09

Lokalna agenda 21 za Slovenijo za občine v letu 2008/2009

Karel LIPIČ¹

¹ Zveza ekoloških gibanj Slovenije- ZEG, Kardeljeva ploščad 1
SI-1000 LJUBLJANA
zeglj@volja.net

Povzetek

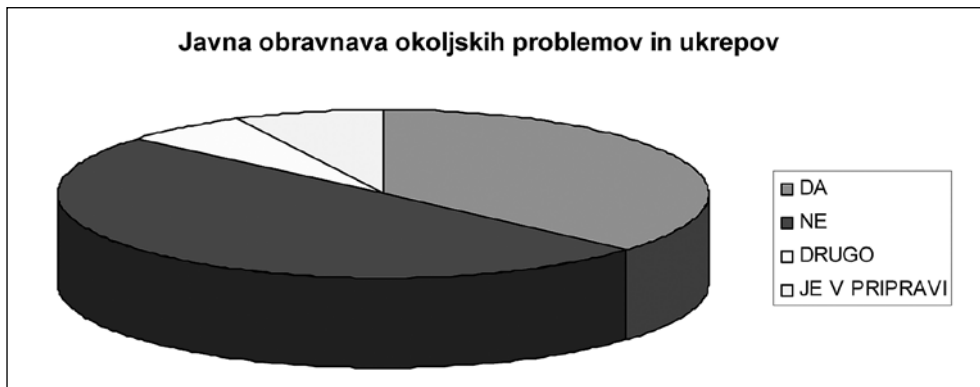
Anketirali ter opravili smo analizo ankete “Lokalna Agenda 21 za Slovenijo za občine v letu 2008/09”. Analizirali smo 20 vprašanj, katera smo anketirali decembra 2009. Število sodelujočih lokalnih skupnosti oziroma občin je bilo 185 ali 88,1%. Večina vprašanj je bila tipa “obkroži”, nekatera pa so bila za naštetih. Vprašalnikom smo dodali še priloge - Lokalna Agenda 21 v katerih so bili izseki iz odgovorov na vprašanja. Z anketnim vprašalnikom smo želeli izvedeti predvsem: Ali lokalne skupnosti obravnavajo okoljske probleme; Ali imajo sprejet program za uresničevanje trajnostnega razvoja ter za program varstva okolja; Ali občine pripravljajo letna poročila o stanju okolja; Koliko divjih odlagališč imajo občine ter koliko so jih že odstranili; Ali imajo izdelan prednosti red doseganja ciljev za ohranjanje rabe naravnih dobrin; Katere energetske ukrepe so v občinah realizirali za zmanjševanje porabe energije; Koliko kmetij imajo občine usmerjene v ekološko kmetijstvo; V kateri regijski CERO so vključeni ter ali dosegajo cilje na področju recikliranja odpadkov; Ali občine želijo sodelovati z Zvezo ekoloških gibanj Slovenije..

Ključne besede: Agenda 21, anketa.

Analiza podatkov ankete „Lokalna Agenda 21 za Slovenijo za občine v letu 2008/09”

1. Ali vaša lokalna skupnost javno obravnava okoljske probleme in sprejema ukrepe in sklepe za odpravo le-teh?

A2009-2	Št. odgovorov	Delež v %
DA	68	36,76
NE	92	49,73
DRUGO/pojasnite	11	5,95
JE V PRIPRAVI	14	7,56
Skupaj	185	100



Odgovor »drugo«

pomensko vsebuje predvsem OBČASNO INFORMIRANJE (v 32%): npr. v sklopu drugih dogodkov, predvsem v sklopu prostorskega načrtovanja, sprejemanja odlokov s področja urejanja komunalne infrastrukture, javne službe varstva okolja in v sklopu občinskega sveta.

Odgovor »da«

pa je v nekaj primerih tudi pojasnjen, predvsem kot občasno informiranje in sodelovanje, npr. ob sprejemanju prostorskih aktov, odvisno od pojavljanja problemov, »vedno pa pri sprejemanju dokumentov, za katere je po ZVO potrebno sodelovanje« (iz odgovora ene izmed anketirank).

2. Katere od navedenih načel Agende 21, ki jih vsebuje sprejeta resolucija nacionalnega programa varstva okolja, izvajate v vaši občini? Napišite oceno.

	A2009-5	%
1.	<p>Odvajanje in čiščenje komunalnih odpadnih voda Najpogosteje navajano: izgradnja kanalizacijskega sistema in čistilne naprave, izvajanje operativnega programa odvajanja in čiščenja odpadnih voda</p>	22,61
2.	<p>Ravnanje z odpadki Najpogosteje navajano: brezplačno odlaganje kosovnih odpadkov na deponiji vse leto, ločevanje komunalnih odpadkov, zbiranje in odvoz odpadkov, sofinanciranje in izgradnja CERO, ekološki otoki, organiziran odvoz kosovnih odpadkov, ravnanje z nevarnimi odpadki, ravnanje s komunalnimi odpadki, ločeno zbiranje odpadkov dopolnitev sistema ravnanja z odpadki</p>	17,39
3.	<p>Vodooskrba Najpogosteje navajano: zavarovana vodovarstvene območja in in oskrba s pitno vodo, sanacija dela salonitnega cevovoda, zagotavljanje zadostnih koločin zdravstveno ustrezne pitne vode, nadzor kakovosti pitne vode</p>	16,52

	<i>A2009-5</i>	%
4.	Vključevanje zahtev varstva okolja pri načrtovanju prostorskega razvoja, programa varstva okolja in v sektorskih politikah	16,52
5.	Okoljsko izobraževanje, ozaveščanje, informiranje	9,56
6.	Načrtovanje in izvajanje učinkovite rabe energije in vključevanje OVE Najpogosteje navajano: trajnostna raba nekaterih virov (izkoriščanje lesene biomase, sončne centrale), daljinsko ogrevanje, lokalni energetske koncepti, vzpostavitev svetovalne energetske pisarne	8,70
7.	Ohranjanje naravnih vrednot trajnostno gospodarjenje z gozdovi (sprejet odlok o razglasitvi gozdov s posebnimi pomenom v moč), skrb za Naturo 2000 ohranjanje vodnih virov	5,41
8.	Varstvo zraka	5,41
9.	Splošna skrb za trajnostni razvoj lokalne skupnosti Najpogosteje navajano: trajnostni razvoj občine, upoštevanje načel trajnostnega razvoja, vzpodbujanje trajnostne proizvodnje in potrošnje	6,96
10.	Vsa načela Agende 21 se izvajajo v okviru zmožnosti in pristojnosti občine	6,09
11.	Ljudem prijazno življenjsko okolje	3,48
12.	Dialog z vsemi zainteresiranimi ter sodelovanje javnosti (udeležba javnosti v postopkih odločanja o posegih v okolje in prostor)	3,48
13.	Sanacija divjih odlagališč	3,48
14.	Uvajanje okolju prijazne tehnologije Najpogosteje navajano: načrtovanje gradnjenj zmogljivejših čistilnih naprav, ogrevanje naselij, javna razsvetljava, novo obravnavanje habitatov	2,61
15.	Nadzor vzpostavitev in izboljšanje sistema spremljanja stanja okolja identifikacija okoljskih problemov	2,61
16.	Sprememba potrošniških navad (manjše trošenje virov in manjše onesnaževanje okolja), vzpostavitev svetovalne energetske pisarne	1,74
17.	Sodeloanje pri sprejemanju zakonodaje	0,87
18.	Umirjanje prometa (zlasti na območju Triglavskega narodnega parka)	0,87
19.	Spodbujamo trajnostne oblike turizma	0,87
20.	Zmanjševanje hrupa (protihrupne zaščite v proizvodnih obratih, monitoringi), sprejem ustreznih prostorskih aktov,	0,87
	Skupaj (n=263)	100

3. Koliko divjih odlagališč se nahaja v vaši občini? Napišite približno oceno.

A2009-6	Skupaj	x-min	x-max	x-povpr.
Št. občin	185	-	-	-
Št odlagališč	9703	0	4000	52,44
Ni podatka	10 občin	-	-	-

4. Koliko divjih odlagališč ste odstranili v zadnjih treh letih? (Ocena).

A2009-7	Skupaj	x-min	x-max	x-povpr.
Št. občin	175	-	-	-
Št odlagališč	1491	0	125	8,52
Ni podatka	10	-	-	-

5. Kako vaša lokalna skupnost udejanja skrb za okolje v praksi?

A2009-11
<i>Lestvica 10-ih najpogostejših področij ukrepov (področja pridobojena iz grupiranja posameznih odgovorov)</i>
1. dograjevanje ali nova gradnja infrastrukture (vodovodno in kanalizacijsko omrežje)
2. skrb za ravnanje z odpadki, vključno z gradnjo infrastrukture
3. čiščenje in saniranje divjih odlagališč
4. načrtovanje, sprejemanje in izvajanje ukrepov na ravni lokalne skupnosti
5. sodelovanje z javnimi zavodi (komunala, eko-šole, centri za ravnanje z odpadki...)
6. informiranje, ozaveščanje, izobraževanje (npr. odprte energetske svetovalne pisarne, internetne strani itd.)
7. organiziranje nadzora, redarske službe
8. skrb za tla, zaščita določenih predelov
9. monitoring (zraka, vode, industrijskih onesnaževalcev)
10. skrb za ekološko kmetovanje

(V Prilogi 1 je podan izsek iz ukrepov, ki se izvajajo v loklanih skupnostih. Podan je izsek iz dela odgovorov.)

6. V kateri regijski CERO ste vključeni oz. kam odvažate odpadke?

A2009-17	Seznam centrov, kamor občine odvažajo odpadke
1.	RCERO CELJE
2.	CERO GAJKE PTUJ
3.	CERO DOLENJSKA
4.	CERO STARA GORA PRI NOVI GORICI
5.	KOCEROD/KOROŠKI CERO

6.	CERO II. GLOBOKO
7.	CERO II. SLOVENSKA BISTRICA
8.	CERO SEŽANA
9.	CERO PUCONCI
10	CERO SLOVENSKA BISTRICA
11.	MARIBOR
12.	RCERO LJUBLJANA
13.	CERO ZASAVJE/HRASTNIK
14.	CERO ŠPAJA
15.	SAUBERMACHER SLOVENIJE
16.	Drugo/ni podatka

Po navedba občin so nekateri centri še v realizaciji, postavlja se ali je v načrtu 2. faza in postavitve MBO. Nekatere občine dvomijo o smiselnosti njihove vključitve v določene center, drugje pa bi takšen center radi imeli v svoji občini.

7. Ali dosegate okoljske cilje na področju recikliranja odpadkov?

<i>A2009-18</i>	<i>Št. odgovorov</i>	Delež
DA	103	55,68
NE	82	44,32
Skupaj	185	100



Pri odgovoru »DA«, so nekatere občine pojasnjevale:

»DA, vednar...«, »da, delno«.

Primeri:

- delno: skupna količina ločeno zbranih odpadkov (embalaže), se je glede na prejšnje leto povečala za nekaj več kot 50%, zaenkrat se biološki odpadki še ne ločujejo, v načrtu v prihodnje, prav tako je v načrtu regijska kompostarna

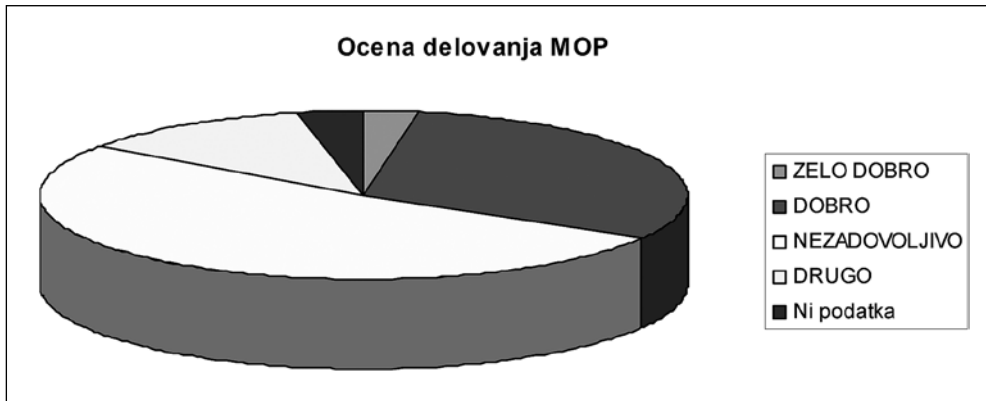
- da, razen MBO pred odlaganjem
- da, vendar ne v celoti
- v precejšnji meri
- ločujemo steklo, papir in plastiko
- sistem še ne deluje, problem so ljudje, ni dokončana investicija v MBO, ni še uvedeno ločeno zbiranje odpadkov.

Pojasnjevanje odgovora »NE«:

- ni izdelana strategija v širšem obsegu, pričakujemo pomoč pristojnega ministrstva
- pomanjkanje sredstev
- objekti še niso izgrajeni, z izgradnjo sortirnice in kompostarne v okviru CERO bodo cilji doseženi
- nimamo objekta sortirnice, niti objekta mehanske in biološke obdelave odpadkov
- projekt še ni do konca izdelan
- jih bomo v letu 2012
- v postopku sprejemanja so podzakonski predpisi
- premajhna ozaveščenost javnosti,
- uporabnik ni nagrajen, če reciklira, plača enako kot tisti, ki ne reciklira
- sistem ločenega zbiranja odpadkov še ni v celoti vzpostavljen
- premalo učinkovito ločeno zbiranje frakcij odpadkov - majhen delež ločeno zbranih frakcij komunalnih odpadkov
- koristimo še drugo odlagališče od predvidenega,
- ločevanje odpadkov še ni zaživel v praksi,
- ni zagotovljena ustrezna logistika,
- vprašanje je treba nasloviti na komunalno,
- ukrepi se ne izvajajo v celoti skladno z zakonodajo, a je premajhna ozaveščenost prebivalstva.

8. Kako ocenjujete strokovno podporo Ministrstva za okolje in prostor lokalnim skupnostim pri realizaciji okoljskih ciljev?

A2009-19	Št. odgovorov	Odstotek
ZELO DOBRO	5	2,70
DOBRO	57	30,81
NEZADOVOLJIVO	95	51,35
DRUGO	22	11,89
Ni podatka	6	3,24
Skupaj	185	100

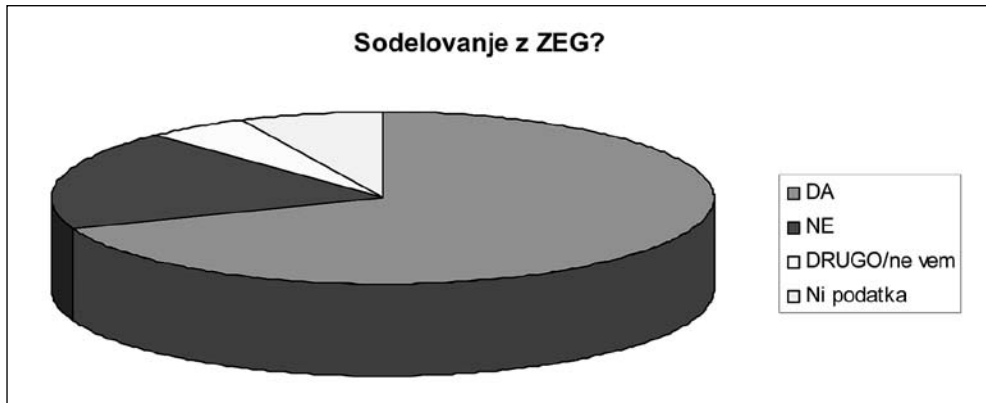


Pojasnjevanja odgovora »drugo«, ki so jih podale občine:

- največji delež v odgovoru »drugo«: »ne vem«, »nisem seznanjen«, »pre malo poznam«
- občina ima velike težave zaradi odpadne vode, ker ima ena izmed redkih v regiji čistilno napravo ter s tem velike stroške, višina okoljske dajatve je prenizka, zaradi tega si občine ne prizadevajo za izgradnjo čistilnih naprav
- odvisno od problematike
- kaj je mišljeno s strokovno podporo
- totalna ignoranca, nobenih uporabnih navodil, nobenega spodbujanja pri projektih za pridobitev sredstev iz EU in Slovenije,
- ni reda in stabilnosti pri predpisih
- neupoštevanje skladnega razvoja podeželja
- neupoštevanje možnosti finančnih vložkov male občine v varovanje okolja.
- slabo ocenjujemo delo republiškega inšpektorata za okolje
- nismo imeli tovrstnih stikov in nimamo izkušenj.

9. Ali želite sodelovati z Zvezo ekoloških gibanj Slovenije – ZEG na okoljskem področju?

A2009-20	Št. odgovorov	Delež
DA	128	69,19
NE	35	18,92
DRUGO/ne vem	9	4,86
Ni podatka	13	7,03
Skupaj	185	100



Najpogostejši razlogi oz. možna področja sodelovanja z ZEG, ki so jih navajale občine:

na področju pridobivanja informacij (odpadki, na vseh aktualnih področjih varstva okolja, področjih, informiranje o uporabi novih tehnologij za URE in varstvo okolja, o možnostih ekoloških projektov in pridobivanju sredstev za ekološke projekte)

- na področju okoljskega ozaveščanja
- medobčinsko, regionalno sodelovanje (širše, koordiniranje)
- pomoč pri pripravi programa varstva okolja
- svetovanje, izobraževanje
- z literaturo
- pomoč in izkušnje za ravnanje zbiranje odpadkov
- po potrebi
- na področju črnih odlagališč
- pri eko-kmetijah
- na pobudo ZEG-a po presoji
- pomoč pri razreševanju ekoloških problemov
- nadzor nad reševanjem ekoloških problemov
- le s konkretnimi projekti (vode, odpadki, zrak)
- strokovni nasveti in napotki, pomoč z izkušnjami
- predstavitev dejavnosti
- obisk ekološke patrulje ZEG
- sodelovanje pri eko-šoli
- organizacija ekološkega tabora.


UNIVERZA V LJUBLJANI
NARAVOSLOVNOTEHNIŠKA FAKULTETA
ODDELEK ZA GEOTEHNOLOGIJO IN RUDARSTVO

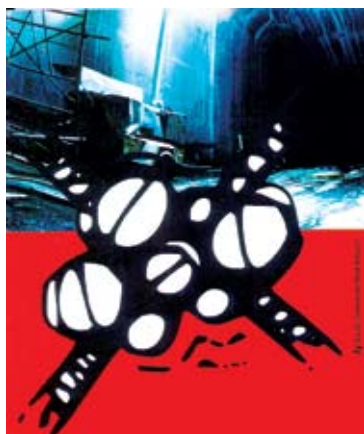
SMER ŠTUDIJA
GEOTEHNOLOGIJA
IN RUDARSTVO



VSE, KAR
SI MISLIŠ
O ŠTUDIJU...

...NE DRŽI!
Pridi in se prepričaj!

**PRIDRUŽI
SE NAM!**



Vse dodatne informacije najdete na:
www.ntf.uni-lj.si/ogr





IRGO
INŠTITUT ZA RUDARSTVO, GEOTEHNOLOGIJO IN OKOLJE



IRGO
CONSULTING d.o.o.

Ustanovljen leta 1954
Znanstveno raziskovalni zavod

Slovenčeva 93, SI 1000 Ljubljana
Telefon: +386 (0)1 560 36 00
Telefax: +386 (0)1 534 61 80
Internet: <http://www.i-rgo.si>
email: irgo@i-rgo.si

GLAVNE DEJAVNOSTI

GEOTEHNOLOGIJA

- Računalniško modeliranje podzemnih objektov
- Geotehnične analize
- Laboratorijske in "in-situ" preiskave hribin

RUDARSTVO

- Raziskave in razvoj metod za odpiranje ter izkoriščanje nahajališč mineralnih surovin
- Preizkušanje in razvoj rudarske opreme
- Zdravje in varnost v rudarstvu

TEHNOLOGIJE ZA OKOLJE

- Sanacija rudarskih škod zaradi posedanja površine
- Čiščenje odpadnih voda in drugih odpadkov v rudarstvu in predelavi mineralnih surovin
- Ponovna uporaba in recikliranje odpadkov
- Sanacija starih odlagališč rudniške jalovine
- Podzemno odlaganje odpadkov

ZEMELJSKI IN VODNI VIRI

- Izračun in ocena izkoristljivosti rezerv zemeljskih naravnih virov
- Vrednotenje in zaščita vodnih virov
- Modeliranje podzemnih vod
- Laboratorijske in "in-situ" preiskave

VARSTVO OKOLJA

- Ocena vplivov na okolje in izdelava celovitih poročil o vplivih na okolje
- Zaščita vodnih virov
- Določitev stopnje ogroženosti okolja zaradi hrupa in miniranja
- Raziskave s področja ravnanja z odpadki
- Izdelava študij onesnaženosti, ranljivosti in zaščite podzemnih vodnih virov

Ustanovljen leta 1998
Podjetje za projektiranje, svetovanje,
raziskave in razvoj

Slovenčeva 93, SI 1000 Ljubljana
Telefon: +386 (0)1 560 36 00
Telefax: +386 (0)1 534 61 80
Internet: <http://www.i-rgo.si>
email: irgo@i-rgo.si

GLAVNE DEJAVNOSTI

GEOTEHNOLOGIJA

- Projektiranje predorov in drugih podzemnih objektov
- Ukrepi za stabilizacijo zemeljskih plazov in podpiranje kamninskih mas
- Laboratorijske preiskave geomehanskih karakteristik materialov
- Analize stabilnosti objektov in izdelava ekspertnih mnenj
- Specializirane geotehnične meritve v predorogradnji in pri drugih podzemnih delih
- Računalniško modeliranje podzemnih objektov
- Geotehnične analize

RUDARSTVO

- Projektiranje površinskih kopov in podzemnih rudnikov

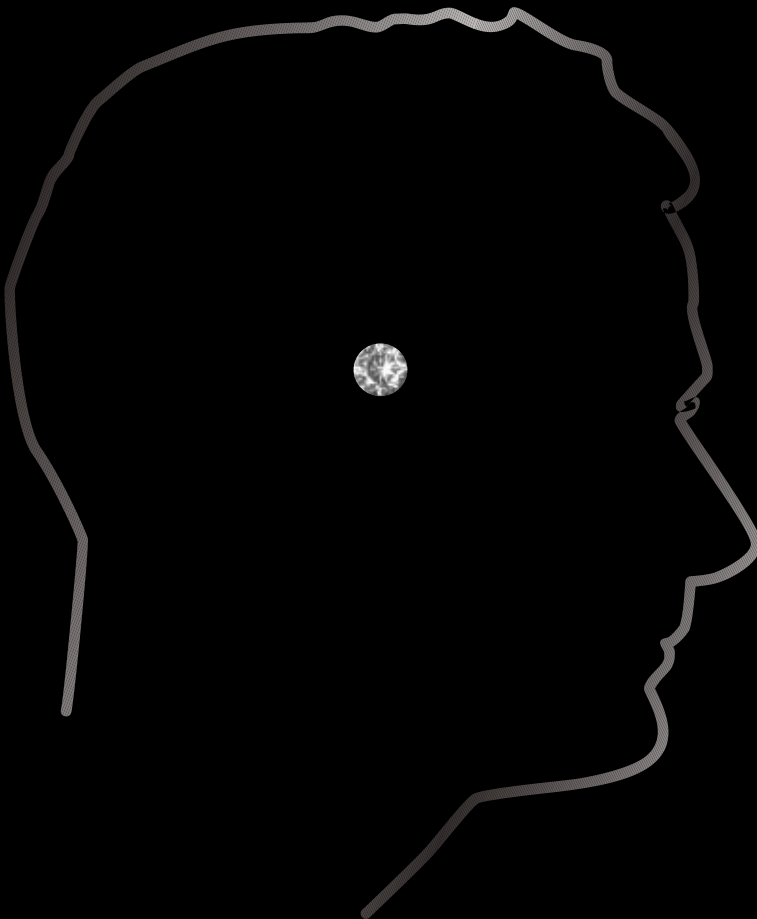
TEHNOLOGIJE ZA OKOLJE

- Svetovanje in izdelava konceptov integralnega reševanja problematike ravnanja z odpadki
- Načrtovanje površinskih in podzemnih odlagališč odpadkov
- Sanacija obstoječih odlagališč odpadkov
- Načrtovanje ločenega zbiranja, sortiranja in kompostiranja odpadkov
- Načrtovanje in izvedba predpisanih monitoringov
- Ocena vplivov na okolje in izdelava celovitih poročil o vplivih na okolje
- Izdelava študij onesnaženosti, ranljivosti in zaščite podzemnih vodnih virov

ZEMELJSKI IN VODNI VIRI

- Projektiranje vodnjakov, odvodnjevanja in vodooskrbe
- Vrednotenje in zaščita vodnih virov
- Modeliranje podzemnih vod

Odličnost v naših mislih



RIKO d.o.o., Bajzanova 2, 1000 Ljubljana, Slovenija, T: +386 1 5816 300, F: +386 1 5816 340, e-mail: riko@riko.si, www.rikogroup.com



Inženiring na področju
tehnoške opreme
Inženiring na področju
skladiščnih in transportnih sistemov
Inženiring na področju energetike
Inženiring na področju ekologije
Gradbeni inženiring



CELOVITO OBVLADOVANJE ODPADKOV
COMPREHENSIVE WASTE MANAGEMENT

Gorenje Surovina, d.o.o., Ulica Vita Kraigherja 5, SI-2000 Maribor

Poskrbimo za vse vaše odpadke:

- jekleni odpad
- odpad barvnih kovin
- odpadne nekovine
- odpadno embalažo
- odpadno elektronsko opremo



svetovanje
zbiranje



proizvodnja
alternativnih
goriv

predelava

sortiranje

www.surovina.si

Tel: 02 250 70 10

V sožitju z okoljem

Z inovativnim razmišljanjem, vlaganjem v znanje in razvoj lahko dosegamo strateške razvojne cilje.



Temeljno poslanstvo podjetja Kostak je skrb za ohranjanje okolja. Danes je bolj kot kadarkoli prej očitno, da moramo vsi spremeniti odnos do narave, če želimo, da bodo tudi naši potomci lahko občudovali njene lepote.

Pri tem smo naredili korak naprej v povezovanju strokovnega znanja z gospodarstvom.

Razvijamo projekte na področju varstva okolja in gradbeništva, svetujemo pri gradnji centrov za ravnanje z odpadki, od zbirnih centrov do kompostarn, nameravamo pa vključiti tudi vodooskrbo in kanalizacijo. Posebna pozornost je namenjena obnovljivim virom in učinkoviti rabi energije, še posebno po letu 2005, ko smo sodobno in inovativno zasnovali novo poslovno stavbo, ki temelji na izkoriščanju energije zemlje za ogrevanje in hlajenje. Naš pristop vključuje energetske pregled, predlog gradbene sanacije z izolacijo ter uporabo novih energetskih virov, ki so na dolgi rok okolju prijaznejši in gospodarejši.



Z vami že 50 let – in tudi v prihodnosti

Kostak, komunalno stavbno podjetje, d. d.
Leskovška cesta 2a, 8270 Krško
Tel.: 07 481 200
Faks: 07 481 250
E-pošta: kostak@kostak.si
Splet: www.kostak.si

ECONO

ECONO d.o.o.,
Dimičeva ulica 16,
1000 LJUBLJANA
tel: 01 280 27 60,
fax: 01 280 27 62
e-pošta: info@e-cono.si
www.e-cono.si

TEHNOLOGIJE ZA OKOLJE: Celostni koncepti ravnanja z odpadki • Projektna in investicijska dokumentacija s področja gospodarjenja z odpadki • Načrtovanje novih površinskih in podzemnih odlagališč • Sanacija, rekonstrukcija in zapiranje obstoječih odlagališč • Načrtovanje ločenega zbiranja, zbirnih centrov in sortirnic odpadkov • Projektiranje objektov in naprav za biološko in mehansko obdelavo odpadkov

GEOTEHNOLOGIJA, GEOLOGIJA, GRADBENIŠTVO: Izdelava dokumentacije za sanacijo zemeljskih plazov in podpiranja kamninskih mas • Stabilnostne analize objektov in izdelave stabilnostnih mnenj, geotehnične analize • Računalniško modeliranje in numerične analize • Projektiranje zaščit gradbenih jam • Izdelava geološko-geomehanskih poročil o zgradbi tal in pogojih temeljenja objektov • Projektiranje predorov in drugih podzemnih prostorov • Izvajanje geotehničnih meritev pri izgradnji predorov • Kartiranje in izdelava geoloških kart, geološka spremljava vrtnanja, inklinometriške meritve

RUDARSTVO: Projektiranje površinskih kopov in podzemnih rudnikov • Projektna, tehnična in investicijska dokumentacija na področju rudarstva • Projektiranje podzemnih prostorov na področju inženirskih gradenj, predorov • Izračun in ocena izkoristljivosti rezerv in zemeljskih naravnih virov

Več kot dvajset let izkušenj na področju varovanja okolja v energetiki, premogovništvu, rudarstvu, industriji, državi in njenih institucijah ter lokalnih skupnostih.

Pripravimo Vam celovite rešitve od osnovnih meritev do izbire in aplikacije finančno ter okoljsko optimalnih tehnologij.



Inštitut za ekološke raziskave

- **CELOVIT OKOLJSKI SERVIS ZA PODJETJA**
- **POROČILA O VPLIVIH NA OKOLJE**
- **MONITORINGI (VODE, TLA, PLINASTE EMISIJE)**
- **LABORATORIJSKE STORITVE**
- **OCENE ODPADKOV**
- **PROGRAMI RAVNANJA Z ODPADKI**
- **SVETOVANJE IPPC ZAVEZANCEM**
- **PROGRAMI VARSTVA OKOLJA**
- **OKOLJSKI SANACIJSKI PROGRAMI**
- **OKOLJSKO IZOBRAŽEVANJE**
- **OKOLJSKO KOMUNICIRANJE**
- **OBNOVLJIVI VIRI ENERGIJE**
- **RAZISKAVE FLORE IN FAVNE**
- **EKOREMEDIACIJE**

KOMUNIKACIJA MED NARAVO,

DRUŽBO

IN SODOBNO TEHNOLOGIJO

ERICo Velenje, Inštitut za ekološke raziskave d.o.o., Koroška cesta 58, 3320 Velenje,
tel.: +386 3 898 1930, fax: +386 3 898 1942, e-pošta: erico@erico.si, splet: <http://www.erico.si>



CeROD

Skupaj z vami skrbimo za čisto okolje.



Saubermacher
za življenja vredno okolje
Slovenija

Družba **Saubermacher Slovenija d.o.o.** vam skupaj s povezanimi družbami v Sloveniji nudi individualne rešitve gospodarnega ravnanja z odpadki - od ločenega zbiranja na izvoru, obdelave, predelave in izkoriščanja komunalnih ter industrijskih odpadkov, vse do deponiranja ostankov ali posredovanja v uničenje.

S sodobnimi in specializiranimi vozili ter napravami Saubermacher Slovenija d.o.o. omogoča ekološko in ekonomično ravnanje z nenevarnimi in nevarnimi odpadki ter ob tem zagotavlja dosledno izpolnjevanje predpisov.

S svojimi storitvami in celovitimi rešitvami ravnanja z odpadki smo prisotni na celotnem območju Slovenije ter imamo v okviru globalnega servisa dostop do preizkušenih in mednarodno priznanih sodobnih tehnologij. Po naročilu izdelamo programe ravnanja z odpadki in pripravimo optimizacijo gospodarjenja z odpadki za individualne stranke.



Saubermacher Slovenija d.o.o.

Ulica Matije Gubca 2
9000 Murska Sobota
Tel.: 02 / 620 23 50
Fax : 02 / 620 23 59

PE LENART
Sp. Porčič 4/a, 2230 Lenart
Tel.: 02 / 620 23 00
Fax : 02 / 620 23 09

E-pošta:
odpadki@saubermacher.si
www.saubermacher.si



Saubermacher
-Komunalna d.o.o.
Noršinska ulica 12
9000 Murska Sobota
Tel.: 02/526-84-50
Fax: 02/526-84-40
E-pošta:
info@saubermacher-komunalna.si
www.saubermacher-komunalna.si



PUP - Saubermacher d.o.o.
Koroška cesta 46
3320 Velenje
Tel.: 03/896-87-11
Fax: 03/896-87-19
E-pošta:
podjetje@pup-saubermacher.si
www.pup-saubermacher.si



Čisto mesto d.o.o.
Dornavska 26
2250 Ptuj
Tel.: 02/780-90-20
Fax: 02/780-90-30
E-pošta:
info@cistomesto.si
www.cistomesto.si



CRO Vrhniko d.o.o.
Pot na Toplice 40, 1360 Vrhniko
CRO Vrhniko d.o.o.
Pot na Toplice 40
1360 Vrhniko
Tel.: 01/750-58-00
Fax: 01/750-58-00
E-pošta:
info@crovrhnika.si
www.crovrhnika.si



Saubermacher Puconci d.o.o.
Puconci 80
9201 Puconci
Tel.: 02/545-91-06
Fax: 02/545-91-01
E-pošta:
geza.socic@puconci.si



Ekologija d.o.o.
Laze 22
4000 Kranj
Tel.: 04/231-91-00
Fax: 04/231-91-01
E-pošta:
ekologija@ekologija.si
www.ekologija.si



Reciklaža Saubermacher d.o.o.
Ulica Matije Gubca 2
9000 MURSKA SOBOTA
Tel.: 02/ 620-23-90
Faks: 02/ 620-23-99

Na naši spletni strani www.saubermacher.si prelistajte tudi naše prospekte, brošure in časopis Saubermacher Novice!